МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту

«____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИДЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 22 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ГРАБОВИЙ Владислав

Керівник: КРАВЧЕНКО Віталій, к. с.-г. н.,
доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ СОЇ ТА РОЗВИТОК НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ (*огляд літератури*) 6

1.1. Тенденції розвитку виробництва сої 6

1.2. Сидерація як шлях до покращення біологічного живлення рослин 8

1.3. Біологічна фіксації азоту бульбочковими бактеріями 11

РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 16

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень 16

2.2. Методика досліджень 25

2.3. Технологія вирощування сої на насіння на дослідних ділянках 29

РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОЇ 29

3.1. Вплив сидерального добрива на запаси вологи і щільність ґрунту 29

3.2. Площа листкової поверхні і маса сухої речовини сортів сої 35

РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ 44

4.1. Урожайність насіння сої 44

4.2. Вплив елементів технології вирощування на якість насіння сої 52

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ 48

5.1. Економічна ефективність застосування сидеральних добрив і мікробіологічних препаратів 48

5.2. Енергетична оцінка застосування біологічних заходів у технології вирощування сої 53

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ 55

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ 62

ВИСНОВКИ 60

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 62

ВСТУП

Соя є однією з найпоширеніших культур у світовому землеробстві. За посівними площами вона посідає четверте місце після рису, кукурудзи та пшениці, а її валове виробництво в останні роки перевищує 305,5 млн тонн. В Україні створено сприятливі умови для вирощування сої, і фахівці прогнозують подальше зростання обсягів її виробництва згідно з перспективними планами розвитку аграрного сектору. Водночас зміни кліматичних умов, що спостерігаються протягом останніх десятиліть, вимагають істотного удосконалення структури сільськогосподарського виробництва. Це передбачає впровадження нових високопродуктивних сортів, волого- та ресурсоощадних технологій, ефективних систем живлення, а також сучасних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб.

Актуальність дослідження полягає в тому, що одним із ключових завдань сучасного аграрного виробництва є підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур за умови збереження і відновлення родючості ґрунтів. Для максимально ефективного використання біологічного потенціалу сортів сої та природно-кліматичних умов Західного Лісостепу необхідно розробляти й упроваджувати адаптивні біологічні технології вирощування. Комплексне дослідження біоорганічних і агротехнічних прийомів дозволяє науково обґрунтувати способи підвищення врожайності та покращення якісних характеристик насіння. Особливої уваги потребує вдосконалення сучасних сортових технологій, створення нових вітчизняних сортів, добір ефективних штамів для інокуляції насіння, застосування регуляторів росту у поєднанні з використанням сидеральних добрив. Таке поєднання технологічних прийомів забезпечує підвищення конкурентоспроможності продукції сої як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Таким чином, **актуальність теми** зумовлена необхідністю формування високопродуктивних бобово-ризобіальних систем, які сприятимуть підвищенню урожайності через оптимізацію процесів росту, розвитку, фотосинтезу та азотфіксації. Це, у свою чергу, вимагає наукового обґрунтування і впровадження

адаптивної сортової технології вирощування сої в умовах Західного Лісостепу України.

Мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні та розробці нових біоорганічних і агротехнічних заходів адаптованої сортової технології вирощування сої в умовах Західного Лісостепу.

Основні завдання дослідження:

– з’ясувати вплив ґрунтово-кліматичних і метеорологічних чинників на ріст, розвиток та продуктивність рослин сої;

– визначити особливості проходження фенологічних фаз, динаміку накопичення біомаси, формування листкової поверхні та сухої речовини у сортів різних груп стиглості;

– дослідити вплив сидеральних добрив на активність симбіотичної азотфіксації, ріст, урожайність і якість насіння;

– оцінити вплив щільності складання ґрунту та рівня вологозапасів на розвиток і продуктивність сої;

– визначити фотосинтетичний потенціал, інтенсивність та чисту продуктивність фотосинтезу;

– проаналізувати формування бульбочок на кореневій системі та активність симбіотичного апарату;

– оцінити мікробіологічну й ферментативну активність ґрунту в зоні дії кореневої системи;

– встановити вплив досліджуваних чинників на біометричні показники, продуктивність, посівні якості та хімічний склад насіння;

– обґрунтувати екологічну, економічну й енергетичну доцільність використання біологічних препаратів у запропонованій технології вирощування.

Об’єкт дослідження — процеси росту і розвитку рослин сої різних груп стиглості, формування врожаю та його якості залежно від сидерального удобрення, інокуляції насіння та обприскування посівів мікробними препаратами.

Предмет дослідження — сорти сої, біоорганічні й агротехнічні елементи адаптивної технології у взаємодії з ґрунтово-кліматичними умовами Західного Лісостепу.

Методи досліджень включають: візуальний — для спостереження фенологічних змін; кількісний — для визначення біометричних показників; метод промірів — для оцінки висоти рослин; метод висічок — для обліку площі листкової поверхні; фізіологічний — для визначення фотосинтетичної активності; метод монолітів — для оцінки симбіотичного апарату; метод прямого снопа — для визначення продуктивності; біохімічний — для аналізу якості врожаю; статистичні — дисперсійний і регресійний; а також порівняльно-розрахунковий — для визначення економічної та енергетичної ефективності елементів технології.

Практичне значення результатів полягає в удосконаленні адаптивних біологічних і технологічних заходів вирощування сортів сої різних груп стиглості в умовах достатнього зволоження Лісостепу. Запропоновані технологічні рішення забезпечують підвищення продуктивності сої за мінімальних енергетичних витрат і сприяють збереженню екологічної рівноваги агроекосистем.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ СОЇ ТА РОЗВИТОК НОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ
(Огляд літератури)

1.1. Тенденції розвитку виробництва сої

У 2024 році у світі було зібрано значний урожай сої, зокрема в країнах Америки, які традиційно залишаються лідерами її виробництва. Загальний обсяг продажу олійних культур становив близько 133 млн тонн, серед яких 118 млн припадало на сою, 13 млн — на ріпак і близько 2 млн тонн — на соняшник. Загальна площа посівів олійних культур у світі досягала 230 млн га, з них 118 млн га займала соя, 33 млн га — ріпак і 26 млн га — соняшник [1].

Україна впевнено зміцнює свої позиції на світовому ринку олійних культур, щороку нарощуючи обсяги виробництва та експорту. Окрім традиційної соняшникової олії, все більшу частку в структурі експорту займають соя та ріпак. За даними асоціації «Укроліяпром», у 2015–2016 роках сумарне виробництво основних олійних культур в Україні оцінювалося у 22,5 млн тонн. Потужності переробних підприємств у 2014 році зросли до 14,5 млн тонн на рік, що перевищило показник 2013 року (13,3 млн тонн) [2].

Згідно з офіційними даними, у 2015 році в Україні було отримано рекордний урожай зернових культур — близько 60 млн тонн при середній урожайності 41,0 ц/га. Водночас Україна вийшла на перше місце в Європі за обсягами виробництва сої та посіла восьме місце у світі [1]. Площа посівів сої у 2015 році досягла 2,143 млн га, а валовий збір перевищив 3,779 млн тонн при урожайності 1,8 т/га. Основні посівні площі культури зосереджувалися у п’яти областях Лісостепової зони — Вінницькій, Київській, Полтавській, Черкаській, Хмельницькій, а також у степовій Кіровоградській області, де вирощувалося понад 60% загального обсягу сої.

Завдяки інтенсивному розвитку соєвого виробництва Україна значно скоротила відставання від провідних світових виробників, більш ніж удвічі

збільшивши темпи нарощування виробництва порівняно з країнами ЄС і Росією. Проте наявний потенціал галузі реалізується лише на 30–60%. За прогнозами експертів, до 2025 року обсяги виробництва сої в Україні можуть зрости удвічі — до 5,75 млн тонн [1, 3].

Відповідно до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік, нараховується 171 сорт сої культурної, з яких 56 сортів є результатом вітчизняної селекції, а 115 — іноземного походження. Аналіз динаміки реєстрації свідчить про п’ятикратне зростання кількості сортів починаючи з 2011 року, що підтверджує активний розвиток селекції та підвищення зацікавленості у вирощуванні сої. Завдяки ефективній роботі вітчизняних науково-дослідних установ створено нові високопродуктивні сорти, здатні забезпечувати урожайність на рівні 4,0–5,0 т/га. Серед них — ультраскоростиглі сорти з вегетаційним періодом до 85 днів, холодостійкі та жаростійкі форми з покращеними показниками якості насіння: вміст білка понад 43%, жиру — понад 24%, знижений вміст інгібіторів трипсину та низька уреазна активність [4, 216, 251].

Таким чином, інтенсифікація виробництва зернових культур, зокрема кормових і зернобобових, а також сої, має стати одним із стратегічних напрямів розвитку агропромислового комплексу України [147]. Реалізація цього завдання потребує концентрації зусиль на створенні високопродуктивних сортів різних груп стиглості з уточненням зон стабільного вирощування, оптимізації структури посівних площ основних культур [177], а також розробки й упровадження наукоємних, інноваційних технологій вирощування сої з урахуванням економічних та екологічних аспектів її виробництва і використання.

1.2. Сидерація як шлях до зменшення кислотності ґрунту і покращання біологічного живлення рослин

Надмірна кислотність ґрунтового середовища є однією з основних причин зниження продуктивності сільськогосподарських культур, що супроводжується

низкою негативних економічних та екологічних наслідків. Зокрема, на кислих ґрунтах ефективність використання мінеральних добрив зменшується на 30–40%, а нагромадження в рослинній продукції важких металів і радіонуклідів може зростати у 3–8 разів [9]. Важливим чинником, який визначає життєдіяльність бульбочкових бактерій і процес утворення бульбочок на кореневій системі сої, є реакція ґрунтового розчину. Формування бульбочок найінтенсивніше відбувається на окультурених ґрунтах із нейтральною або близькою до нейтральної реакцією середовища. За даними В. П. Патики (2003), оптимальні умови для росту, розвитку рослин сої та ефективної симбіотичної фіксації азоту спостерігаються за pH у межах 6,5–7,5 [5].

В Україні проблема кислотності ґрунтів є досить актуальною: близько 25% сільськогосподарських угідь мають підвищену кислотність, причому в зонах Лісостепу та Полісся цей показник сягає майже половини площ — 49,7–47,4%. Особливо високі частки кислих ґрунтів відзначено у Вінницькій, Черкаській, Тернопільській і Хмельницькій областях, де вони займають 52,1–65% територій. При цьому втрати енергії, що міститься в органічній речовині ґрунту та елементах живлення, у п’ять разів перевищують її відновлення шляхом внесення органічних і мінеральних добрив [12]. У Хмельницькій області площа ґрунтів із дуже низьким і низьким вмістом гумусу становить 183,3 тис. га (19,3%), із високим і дуже високим — 139,8 тис. га (14,7%), тоді як найбільшу частку займають ґрунти із середнім (2,1–3,0%) та підвищеним (3,1–4,0%) рівнями гумусованості — 289,0 та 344,8 тис. га відповідно [7].

Одним із дієвих агротехнічних заходів зниження кислотності ґрунту є вапнування, тобто внесення кальційвмісних матеріалів, зокрема $CaCO_3$. Вапно сприяє формуванню бульбочок і підвищенню активності азотфіксуючих процесів у бобових культур, зокрема сої. Для інтенсивного утворення бульбочок доцільно застосовувати нейтралізуючі агенти, які підвищують pH ґрунту вже в перші дні росту рослин, коли цей процес найбільш чутливий до кислотності. За результатами досліджень, позитивний вплив вапна на формування та розвиток бульбочок обумовлюється переважно нейтралізацією кислотності ґрунту (на 30%) і частково впливом кальцію як біогену (на 20%) [8].

У контексті підтримання родючості та екологічної безпеки ґрунтів важливого значення набуває використання екологічно чистих, доступних органічних добрив — передусім рослинних решток і сидератів, а також застосування біологічних препаратів. Сидерати виконують роль природного джерела вуглецю, який засвоюється рослинами в процесі фотосинтезу, фактично забезпечуючи безкоштовне надходження цього елемента у ґрунт (за винятком витрат на насіння та агротехнічні операції) [185]. Потрапляючи в ґрунт, зелені добрива стають джерелом енергії та вуглецю для розвитку ґрунтової мікрофлори, посилюючи біологічну активність орного шару. Висока швидкість мінералізації сидератів сприяє активному утворенню біогенних елементів і поліпшенню агрохімічних властивостей ґрунту [8, 201, 237, 249].

За даними [15], багаторічні дослідження (протягом 15 років) показали, що використання післяжнивних зелених добрив на легкосуглинкових ґрунтах сприяє збільшенню вмісту гумусу з 1,64 до 1,75%. Однак, на відміну від гною, зелені добрива стимулюють утворення переважно водорозчинних, так званих «молодих» форм гумусу, які слабше закріплюються у ґрунтовій структурі. Тому доцільним є вирощування сумішей бобових і злакових культур для сидерації, що забезпечує кращий баланс органічної речовини.

Використання сидеральних культур не лише покращує агрохімічні властивості ґрунту, а й сприяє зниженню забур’яненості посівів на 20–40%, а також зменшує ураження зернових культур кореневими гнилями у 2–3 рази [203]. Зокрема, ступінь ураження ярої пшениці цими хворобами зменшується на 35–48% [8, 166, 186, 195]. За спостереженнями О. Ф. Михалевича, на початку вегетації кількість бур’янів у посівах сидеральних культур була найменшою у варіантах із редькою олійною та гірчицею білою — відповідно 57 і 58 шт./м², при цьому маса бур’янів залишалася незначною і майже не різнилася між варіантами [16].

Коренева система сидератів, глибоко пронизуючи орний шар, сприяє рівномірному розподілу органічної речовини в ґрунті. У зоні коренів (ризосфері) активно розвивається ґрунтова мікробіота, яка трансформує зелену масу після заорювання. Під впливом мікроорганізмів відбуваються процеси деструкції та

синтезу органічних сполук. За сприятливих умов розкладання зеленої маси розпочинається вже у перші дні після її заробки, супроводжуючись інтенсивним виділенням CO_2, а через 4–11 днів у результаті діяльності амоніфікуючих бактерій виділяється аміак, який згодом окиснюється нітрифікуючими мікроорганізмами. Досліди показують, що чисельність авто- та гетеротрофних мікроорганізмів у ґрунті зростає протягом перших 90 діб після внесення сидеральних культур під пшеницю озиму на зрошуваних землях [8].

Коренева система культур-сидератів та їх надземна маса відіграють ключову роль у покращенні структури ґрунту, забезпечуючи його розпушення й аерацію на триваліший період, ніж це можливо за допомогою механічного обробітку. Як зазначав Г. Кант [17], ці процеси необхідно враховувати в сучасному землеробстві. На ділянках, де сидерати заорюють у ґрунт, він стає більш пухким, не затримує воду, швидше досягає фізичної стиглості, що дозволяє своєчасно проводити польові роботи. Оптимальне зволоження та аерація створюють сприятливі умови для набубнявіння насіння, розвитку кореневої системи, утворення бульбочок і активної біологічної фіксації азоту. Найкраща вологість ґрунту забезпечується при його об’ємній масі 1,20–1,25 г/см³, що сприяє формуванню високих урожаїв [178]. Водночас переущільнення орного шару до 1,35–1,45 г/см³ негативно впливає на розвиток сої, пригнічуючи ріст коренів, бульбочок і зменшуючи врожайність. Дослідження, проведені на чорноземі малогумусному середньосуглинковому Правобережного Лісостепу, показали, що під впливом сидератів кількість агрономічно цінних агрегатів (0,25–10,0 мм) збільшується на 5–13% [8].

Важливим джерелом поповнення органічної речовини у ґрунті є зелене добриво. За даними І.А. Шувара, 300–400 ц зеленої маси можуть забезпечити утворення 100–160 кг азоту, а також збагатити ґрунт фосфором, калієм та іншими елементами. Це сприяє зниженню кислотності, підвищенню біологічної активності ґрунту та покращенню його родючості. Зелені добрива особливо ефективні на полях, віддалених від тваринницьких ферм, де внесення гною економічно недоцільне. За ефективністю вони наближаються до органічних добрив тваринного походження. Наприклад, за даними Інституту землеробства

НААН, зелена маса ріпаку містить 0,43% азоту, 0,12% фосфору, 0,39% калію та 0,23% кальцію, жито – 0,47; 0,17; 0,29; 0,09%, люпин – 0,65; 0,11; 0,17; 0,25%, тоді як гній має відповідно 0,48; 0,22; 0,50% [18].

Як зазначає С.С. Рубін, використання проміжних сидеральних бобових культур між двома зерновими (наприклад, між пшеницею озимою та ячменем) зменшує ураження останнього кореневими гнилями у 1,5 раза [19]. За спостереженнями М.С. Чернілевського, зелене добриво підвищує капілярну шпаруватість ґрунту, покращує його агрегатну структуру та збільшує водотривкість, завдяки чому оптимізується будова орного шару та його щільність — основні показники органічного стану ґрунту [20].

Сидерати широко використовуються у більшості європейських країн, де для цих цілей застосовують понад 60 різних культур [21]. Вони одразу після появи сходів починають позитивно впливати на родючість ґрунту: запобігають пересиханню верхнього шару, підтримують активність мікробіоти, збагачують ґрунт азотом, що фіксується бульбочковими бактеріями на коренях бобових. Накопичений азот забезпечує не лише розвиток самих сидератів, а й живлення наступної культури. Ефект від сидерації зберігається протягом 3–4 років, а самі сидерати, подібно до гною, є важливим джерелом органічної речовини для ґрунту [22, 23].

Отже, сидерація є одним із ключових елементів ґрунтозахисної, екологічно безпечної та економічно доцільної системи землеробства, що відіграє важливу роль у збереженні й відновленні родючості ґрунтів, а також у забезпеченні екологічної рівноваги агроландшафтів. Вона сприяє поліпшенню структури ґрунту, збагаченню його органічною речовиною та поживними елементами, зменшенню ерозійних процесів і підвищенню біологічної активності. Проте широке застосування сидерації в аграрному виробництві стримується через відсутність достатнього наукового обґрунтування ефективності цього заходу, а також недостатню поінформованість і низький рівень популяризації таких технологій серед керівників та спеціалістів сільськогосподарських підприємств.

1.3. Біологічна фіксація азоту бульбочковими бактеріями

Здатність бульбочкових бактерій вступати в симбіотичні взаємовідносини з бобовими культурами визначається низкою їхніх біологічних властивостей, серед яких основними є специфічність, вірулентність, конкурентоспроможність та азотфіксувальна активність [30]. Специфічність розглядають як вибіркову здатність ризобій утворювати бульбочки на коренях певних видів або родів бобових рослин. За В. Шильниковою, основним критерієм специфічності є утворення хоча б однієї бульбочки на коренях бактеризованої рослини. Деякі бульбочкові бактерії мають вузьку специфічність і формують симбіоз лише з одним видом, наприклад, симбіонти сої (B. japonicum) [31, с. 32]. Водночас існують дані про те, що окремі штами бактерій сої можуть утворювати бульбочки також на вигні (B. japonicum 138) або люпині (B. japonicum 631) [32].

Дослідження свідчать, що крім конкурентоспроможності, інтродуковані штами повинні мати достатню рухливість, щоб ефективно колонізувати не лише головний, а й бічні корені рослин. Основна проблема для таких штамів у ґрунті полягає в тому, щоб дістатися до кореня до того, як він втратить здатність утворювати бульбочки, і встигнути активувати механізми симбіотичної взаємодії [33].

Особливу увагу приділяють дослідженню активності бульбочкових бактерій, адже саме процес фіксації атмосферного азоту ризобіями є ключовим у функціонуванні бобово-ризобіального симбіозу [34]. Активність азотфіксації тісно пов’язана з іншими властивостями ризобій: активні штами відзначаються вищими фізіологічними показниками як у вільному, так і в симбіотичному стані порівняно з неактивними або слабоактивними [35].

Популяції бульбочкових бактерій сої в ґрунтах мають локальний характер — навіть у межах одного господарства можна зустріти ділянки з різною щільністю популяцій, а іноді й повну їх відсутність. Поширення ризобій сої на нові території відбувається дуже повільно, навіть за тривалого вирощування цієї культури [36]. При цьому чисельність бульбочкових бактерій значною мірою залежить від наявності рослини-живителя: у ризосфері створюються сприятливі

умови для їхнього розвитку, і кількість специфічних ризобій тут значно більша, ніж у віддаленому від коренів ґрунті [37]. За спостереженнями В. Шильникової, зона стимулюючого впливу ризосфери простягається приблизно на 20 мм від поверхні кореня [79]. У деяких випадках у ризосфері може спостерігатися пригнічення неспецифічних ризобій, що пов’язано зі здатністю рослини вибірково взаємодіяти з певним мікросимбіонтом [37].

Дослідники одностайно підкреслюють доцільність нітрагінізації бобових культур, особливо у нових районах їхнього вирощування, де відсутні специфічні популяції ризобій. У Західному Лісостепу, де соя лише починає поширюватися, застосування біопрепаратів забезпечує приріст урожайності на 20,6–30,4%. Крім того, у таких умовах формується місцева популяція бульбочкових бактерій, здатна утворювати активний симбіоз із рослинами. Отже, для підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу необхідно враховувати закономірності розвитку бульбочкових бактерій у стані сапрофітного існування, оскільки вони істотно впливають на формування й стабільність симбіотичних взаємин.

Симбіоз бобових культур із бульбочковими бактеріями може забезпечити значне надходження атмосферного азоту в агроценоз: 40–70 кг/га у гороху та вики, 200–350 кг/га у люцерни та понад 70–218 кг/га у сої [30, 38]. Проте, за оцінками багатьох учених, фактична азотфіксувальна активність сучасних бобово-ризобіальних систем істотно нижча за їхній потенційний рівень, що підтверджується високим генетичним поліморфізмом дикорослих і сортових популяцій бобових за симбіотичною активністю [39, 230, 232].

Найвищий рівень мінливості за показниками симбіозу спостерігається у самозапильних видів бобових культур, тоді як у перехреснозапильних ці відмінності між сортами менш виражені [40]. Відомо, що бобові рослини здатні задовольняти свої потреби в азоті двома шляхами — завдяки симбіотрофному живленню (через фіксацію атмосферного азоту) та автотрофному (за рахунок засвоєння мінеральних і органічних сполук із ґрунту) [39]. Для кожного виду характерне власне співвідношення між цими типами живлення.

Установлено, що дикорослі форми бобових мають вищу здатність до симбіотичних відносин із бульбочковими бактеріями, ніж культурні сорти. У процесі селекції, коли не враховували здатність рослин до симбіозу, відбулося значне зниження їхнього природного симбіотичного потенціалу [30]. Саме тому вивчення ролі бобових культур у формуванні активного симбіозу має велике практичне значення. Висока мінливість за такими ознаками, як кількість і маса бульбочок, нітрогеназна активність, накопичення азоту та специфічність взаємодії з мікроорганізмами, активно використовується у селекційних програмах зі створення нових високопродуктивних сортів. Вважається, що за допомогою цілеспрямованої селекції можна підвищити інтенсивність симбіотичної азотфіксації до 300%, що відкриває перспективи для подальших досліджень у цьому напрямі [30].

Отже, однією з основних умов швидкого росту і розвитку рослин є достатнє забезпечення їх азотом, який стимулює синтез білків, необхідних для поділу й росту клітин. Азотне живлення суттєво впливає на інтенсивність фотосинтезу, тоді як сам процес фотосинтезу визначає ефективність засвоєння азоту в клітині. Отримані в результаті цих процесів органічні сполуки підтримують високий фізіологічний рівень функціонування рослин, що забезпечує їхню біологічну й господарську продуктивність.

Ідеальні для аграрного виробництва штами бульбочкових бактерій повинні забезпечувати стабільно високий рівень азотфіксації за різних ґрунтово-кліматичних умов і на всіх сортах певного виду бобових культур. Проте сучасний рівень розвитку біологічної науки поки не дозволяє створити універсальні мікроорганізми такого типу. Це свідчить про необхідність узгодженої селекції як штамів ризобій, так і сортів бобових культур [41].

Таким чином, на ефективність формування і функціонування симбіотичної системи «бобова рослина – бульбочкові бактерії» впливає комплекс чинників — як біологічних, так і екологічних. Знання механізмів їхнього впливу дозволяє розробляти заходи, спрямовані на створення оптимальних умов для ефективного функціонування симбіозу та максимального використання біологічного потенціалу рослин.

Огляд наукових джерел підтверджує, що за оптимального поєднання біологічних особливостей сортів сої, ґрунтово-кліматичних умов регіону та елементів технології вирощування можна досягти значного підвищення урожайності насіння і поліпшення його якісних показників.

Метою проведених досліджень було встановлення закономірностей комплексного впливу елементів технології вирощування на урожайність і якість насіння сортів сої різних груп стиглості в природно-кліматичних умовах Лісостепу.

РОЗДІЛ 2. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Грунтово-кліматичні умови проведення досліджень

У межах Лісостепу України ґрунтовий покрив відзначається значною різноманітністю. Близько 34% його площі займають легкосуглинкові та супіщані ґрунти, 39% — середньосуглинкові, а 27% припадає на важкосуглинисті й глинисті типи. Вміст гумусу в цих ґрунтах має чітко виражену зональну залежність. Найнижча його кількість спостерігається у дерново-підзолистих ґрунтах — від 0,5 до 2,0%. У ґрунтах Лісостепу показники вмісту гумусу змінюються залежно від типу ґрунтоутворення та механічного складу: у сірих опідзолених він становить 1,6–3,0%, у темно-сірих — 2,6–3,6%, у чорноземах опідзолених — 2,6–4,9%, а в типових чорноземах — від 3,0 до 6,5%.

У середньому по зоні Лісостепу вміст гумусу в ґрунтах сягає 3,8%, що трохи вище за середній показник по Україні — 3,5%. Запаси гумусу в орному шарі становлять близько 141 т/га, а в усьому гумусовому профілі — близько 285 т/га, що у перерахунку на площу ріллі відповідає 3680,7 млн т по Лісостепу і 8811,1 млн т по Україні [246].

Вміст азоту, фосфору й калію у ґрунті безпосередньо корелює з гумусним потенціалом. У шарі 0–30 см в українських ґрунтах міститься від 0,03 до 0,29% валового азоту, що відповідає 1,4–10,5 т/га. Найнижчі показники характерні для дерново-підзолистих ґрунтів, тоді як у типових середньогумусових чорноземах вони є найвищими. Частка рухомого азоту, що включає мінеральні та легкомінералізовані органічні сполуки, становить 3–8% від загальної кількості й значною мірою залежить від рівня агротехнічної культури, застосування добрив, структури посівних площ, погодних умов і типу ґрунтів. Для чорноземів вміст мінерального азоту у метровому шарі менше 120 кг/га вважається низьким, 120–160 — середнім, 160–200 — підвищеним, а понад 200 кг/га — високим [246].

Валовий вміст фосфору в ґрунтах визначається переважно властивостями материнських порід і рівнем гумусованості. Найбільш фосфоронасиченими є

леси та лесоподібні суглинки, які містять близько 0,1% P_2O_5. Запаси фосфору поступово зростають від дерново-підзолистих і світло-сірих опідзолених ґрунтів (2,32–3,57 т/га) до чорноземів типових і звичайних (4,42–6,05 т/га), дещо знижуючись у темнокаштанових і каштанових ґрунтах, а також у солонцях (3,70–3,86 т/га) [271].

Агрокліматичні умови підзони достатнього зволоження Лісостепу західного, де проводилися дослідження, є сприятливими для вирощування сої. Клімат території помірно континентальний і формується під впливом атлантичних повітряних мас.

Період із середньодобовою температурою повітря вище 0 °С триває близько 275 днів, вище +5 °С — 214 днів, а понад +10 °С — приблизно 153 дні. Середня багаторічна сума опадів (за 2010–2015 рр.) становить 904 мм, з яких під час вегетаційного періоду сої випадає близько 553 мм. Розподіл опадів нерівномірний за роками, проте основна їх частина (до 77,2%) припадає на теплий період року — з квітня по жовтень. Посушливі явища під час вегетації спостерігаються рідко. За багаторічними спостереженнями, найтеплішими місяцями є липень і серпень, а найхолоднішими — січень і лютий.

Таблиця 2.7

Гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період сої

Рік	Місяць						За вегетацію
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2010	**1,22**	**5,83**	**4,13**	**0,24**	**2,45**	**2,38**	**2,69**
2011	**1,92**	**0,82**	**3,93**	**4,31**	**0,21**	**0,11**	**2,02**
2012	**6,59**	**0,35**	**4,04**	**2,52**	**2,97**	**1,47**	**2,76**
2013	**0,96**	**0,72**	**2,65**	**0,49**	**0,83**	**4,12**	**1,59**
2014	**2,94**	**2,93**	**1,20**	**0,61**	**1,83**	**0,36**	**1,52**
2015	**2,11**	**2,26**	**1,32**	**1,28**	**0,13**	**0,84**	**1,19**

Середнє	**1,18**	**0,93**	**1,48**	**1,44**	**1,11**	**1,56**	**1,27**

В умовах достатнього зволоження Лісостепу протягом вегетаційного періоду сої, за гідротермічним коефіцієнтом (ГТК), до зволожених місяців належать червень–вересень. Посушливими ж в окремі роки були липень 2010 року, серпень і вересень 2011 року, травень 2012 року, вересень 2014-го та серпень 2015 року.

Така кліматична нестабільність потребує вдосконалення елементів технології вирощування сої, спрямованих на зменшення ризиків як від посухи у період «сівба — сходи», так і від перезволоження. До таких заходів належать правильне розміщення сої після кращих попередників, регулювання водного режиму, використання подрібнених рослинних решток, сидеральних добрив, біологічних препаратів, а також дотримання оптимальних строків і способів сівби.

За роки досліджень середня врожайність колекції становила 2,4 т/га. Водночас достовірно вищі показники врожайності відмічено у таких груп стиглості:

- **скоростиглі сорти** — *Легенда, Хвиля, Сіверка* — 2,68; 2,76 та 2,82 т/га відповідно;
- **ранньостиглі** — *Анжеліка, Ксеня, Княжна, Хуторяночка* — 2,79; 2,83; 2,85 і 2,88 т/га;
- **середньоранньостиглі** — *Подільська 416, Агат, Чернівецька 9* — 2,74; 2,81 і 2,94 т/га;
- **пізньостиглі** — *Подільська 1, Чернівецька 8, Георгіна* — 2,67; 2,78 та 2,80 т/га.

У межах Лісостепу західного тривалість вегетаційного періоду сої змінюється з 90 до 135 днів при переміщенні з північної до південної частини зони. Це створює сприятливі умови для вирощування сортів із тривалістю вегетації від 90–95 до 130–140 днів.

За умов використання адаптованих до регіону сортів сої та впровадження рекомендованих елементів технології вирощування насіннєва продуктивність культури становила 2,3–3,2 т/га. Підвищений температурний режим у 2014 році сприяв суттєвому збільшенню врожайності насіння, тоді як у 2015 році через

високу температуру повітря та дефіцит опадів під час вегетації врожайність сорту *Легенда* знизилася до 0,26 т/га.

2.2. Методика досліджень

Програмою наукових досліджень за темою кваліфікаційної роботи було передбачено комплексне вивчення біологічних особливостей нових сортів сої, дослідження їх фотосинтетичної активності, а також визначення впливу умов вирощування та окремих елементів технології, таких як використання сидеральних добрив, інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій і застосування біопрепаратів для обприскування посівів проти збудників грибкових захворювань кореневої системи.

Вивчення елементів технології вирощування сортів сої **Ксеня**, **Анжеліка**, **Легенда** та **Георгіна** у зоні Лісостепу проводилося шляхом закладання трифакторного польового досліду за наступною схемою:

1. **Фактор А — сидеральні добрива:**
2. контроль — без внесення добрив;
3. внесення сидерального добрива.
4. **Фактор Б — інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій:**
5. контроль — без інокуляції;
6. *Bradyrhizobium japonicum* 634б;
7. *Bradyrhizobium japonicum* 614А;
8. *Bradyrhizobium japonicum* М-8.
9. **Фактор В — обприскування посівів біопрепаратом на основі *Chaetomium cochliodes* 3250**, який характеризується високою антагоністичною активністю проти широкого спектра фітопатогенних грибів кореневої системи (розробка ННЦ «Інститут землеробства НААН» та Інституту сільськогосподарської мікробіології і агропромислового виробництва НААН) [28]:
10. контроль — без обприскування;

11. обприскування посівів препаратом **Хетомік** у дозі 100 мл/га.

12. Загальна площа елементарної ділянки становила 40 м² (4 × 10 м), облікової — 24 м² (3 × 8 м). Повторність досліду — триразова. Дослідні варіанти в межах повторень розміщували систематичним методом. Навколо ділянок була закладена захисна смуга шириною 10 м.

У межах дослідів проводилися такі обліки, спостереження та аналізи:

Агрохімічна характеристика ґрунту — визначення сольового pH потенціометричним методом; вмісту лужногідролізованого азоту — за Корнфілдом; рухомих форм фосфору і калію — за методом Чирікова.

Вологість ґрунту на глибині 0–100 см (через кожні 10 см) визначали термостатно-ваговим методом у фази сходів, першого справжнього листка, цвітіння та перед збиранням урожаю.

Щільність складання ґрунту визначали у шарах 0–5, 5–10, 10–20 і 20–30 см за допомогою приладу *Comrastion-tester*.

Кількість мікроорганізмів у ґрунті встановлювали за методикою В.В. Волкодава (2010).

Фенологічний розвиток рослин (фази сходів, галуження, бутонізації, цвітіння та достигання) фіксували відповідно до методичних рекомендацій державного сортовипробування сільськогосподарських культур (2000). Облік густоти стояння та висоти рослин проводили дворазово — після появи повних сходів та під час збору врожаю. Вимірювання виконували на одному погонному метрі у трьох ділянках кожного варіанта, використовуючи два повторення. Ступінь забур’яненості визначали кількісним та кількісно-ваговим методами до внесення гербіцидів та через 10 днів після їх застосування, згідно з методикою оцінювання пестицидів (Трибель, 2001).

Площу листкової поверхні рослин сої визначали аналітичним способом за однопараметровим рівнянням А.О. Бабича та О.В. Макарова (1993). Оцінювання фотосинтетичної діяльності посівів проводили на основі сформованої листкової площі. Накопичення сухої речовини визначали шляхом висушування рослинного матеріалу до постійної маси при температурі 105 °С.

У ході досліджень фотосинтетичний потенціал культури встановлювали як сумарну листкову площу за відповідний проміжок часу. Листковий індекс (Лі) — співвідношення площі листкової поверхні до площі дослідної ділянки — використовували для оцінки можливості рослин максимально ефективно засвоювати сонячну енергію. Розрахунок фотосинтетичного потенціалу (Фп) здійснювали за формулою, що враховує сумарну листкову площу в різні періоди та тривалість їх активної роботи. Інтенсивність фотосинтезу визначали за кількістю CO_2 (мг), поглинутого листковою поверхнею на світлі на 1 дм² за одиницю часу. Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) обчислювали за методом А.А. Ничипоровича та співавт. (1961) з використанням формули Кідда — Веста — Бріггса, що враховує масу сухої речовини на початку та наприкінці облікового періоду, листкову площу та тривалість цього періоду.

Кількість і масу бульбочок на кореневій системі сої визначали за методикою А.О. Бабича (1994) на ділянках трьох повторень. Урожайність насіння встановлювали поділянковим методом шляхом прямого комбайнування та зважування з кожної ділянки. Параметри структури врожаю та продуктивність побічної продукції оцінювали за методом пробного снопа у першому та третьому повтореннях відповідно до вимог Державної служби України з охорони прав на сорти рослин.

Якісні показники насіння визначали відповідно до чинних нормативів: ДСТУ 2240-96, ГОСТ 12038-84 та ДСТУ 4138:2002. Вміст протеїну визначали методом К’єльдаля, клітковини — за методом Гінсбурга, жиру — методом Сокслета, зольність — шляхом спалювання наважок. Статистичну обробку експериментальних даних виконували з використанням дисперсійного аналізу згідно з методикою Б.О. Доспєхова (1985).

2.3. Технологія вирощування сої на насіння на дослідних ділянках

Технологія вирощування сої відповідала загальноприйнятим вимогам для зони Західного Лісостепу. Як попередники використовували зернові колосові

культури, після збирання яких висівали післяжнивну редьку олійну на зелене добриво. Після збирання попередника проводили лущення стерні важкими дисковими боронами БДВП-4,2 в агрегаті з трактором МТЗ-82 на глибину 8–10 см у два сліди. Передпосівний обробіток здійснювали культиватором «Європак» у поєднанні з трактором Т-150К на глибину 3–4 см для створення оптимальних умов для проростання насіння.

Сівбу сої проводили сівалкою СН-16, агрегатованою з трактором ХТЗ-25-11, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння досягала 8–10°С. Насіння загортали на глибину 3–4 см із подальшим коткуванням посівів кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-2,8, агрегатованими з трактором ЮМЗ-6.

У фазі 1–3 справжніх листків для контролю бур’янів застосовували гербіцидну композицію: Пантера (1,0 л/га) + Базагран (2,0 л/га) + Хармоні (10 г/га), з витратою робочого розчину 200 л/га. Збирання врожаю здійснювали поділянково методом прямого комбайнування за допомогою комбайна Сампо-500, призначеного для дрібноділяночного збирання культур. Збирання проводили у фазі повної стиглості насіння при його вологості 14–16%.

Враховуючи кліматичну нестабільність у регіоні, особливо коливання вологості ґрунту, розробка ефективних елементів технології вирощування сої має важливе значення. Зокрема, необхідно впроваджувати заходи, які запобігають загибелі рослин як від посухи у період «сівба – сходи», так і від перезволоження. До таких заходів належать правильне розміщення культури після кращих попередників, регулювання водного режиму.

РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОЇ

Залежно від сорту, рослини сої відрізняються морфологічними особливостями, зокрема формою та висотою стебла, кількістю гілок, листків, квіток і суцвіть, а також характером формування бобів і насіння. Одним із ключових напрямів експериментальних досліджень у рослинництві є вивчення основних фаз росту та розвитку сої, а також визначення тривалості її вегетаційного періоду, що має важливе значення для оцінки адаптаційного потенціалу сортів і вдосконалення технології їх вирощування.

3.1. Вплив сидерального добрива на запаси вологи і щільність ґрунту

Дефіцит вологи по-різному позначається на стані рослин — від майже непомітних фізіологічних змін до в’янення та повної загибелі. Недостатнє зволоження ґрунту спричиняє зменшення кількості хлорофілу, уповільнює процес фотосинтезу та знижує ефективність засвоєння вуглецю [25]. За достатнього водозабезпечення найбільша кількість бульбочок, що беруть участь у фіксації азоту, утворюється у верхньому шарі ґрунту, тоді як на глибині понад 30 см їх формується значно менше [5]. Навіть нетривалий період водного стресу (3–13 днів) у фазі наливу насіння істотно зменшує інтенсивність вуглецевого обміну [26], пришвидшує дозрівання культури, зменшує розмір і масу насінин та знижує загальну продуктивність.

Використання сидеральних культур позитивно впливає на водний режим ґрунту, особливо в орному шарі (0–10 см), оскільки сприяє підвищенню його пористості. Завдяки внесенню зелених добрив ґрунт утримує більше вологи, що є критично важливим під час сівби та на ранніх етапах розвитку сої. Так, за даними досліджень 2024–2025 рр., у шарі 0–20 см перед сівбою на ділянках без сидератів запаси доступної води становили 28,2 мм, тоді як на варіанті з заробленою сидеральною масою — 31,5 мм, тобто на 3,3 мм більше. У фазі появи сходів різниця також зберігалася: відповідно 25,9 мм проти 31,9 мм. Крім того, при використанні сидеральних добрив водопроникність ґрунту залишалася

стабільною — а подекуди й дещо вищою — протягом усього періоду вегетації, що пов’язано з поліпшенням його структури та кращою аерацією орного шару.

Таблиця 3.1

Запаси вологи за шарами ґрунту в посівах сої залежно від фону живлення, мм

Фон живлення	*Шар ґрунту, см*	*Рік*			*Се-реднє*	*± до контролю*			
						фон I		*фон II*	
		2024	*2024*	*2025*		*мм*	*%*	*мм*	*%*
Перед сівбою									
I – чорний пар без добрив	0-20	28,8	31,7	27,4	28,2	0	0	-	-
	20-40	30,6	33,8	30,2	31,2	3,0	11,1	-	-
	0-40	60,2	68,4	65,5	63,4	35,2	22,5	-	-
	0-100	189,3	192,6	185,4	186,9	158,7	66,3	-	-
II – фон II + сидерати	0-20	28,8	35,2	29,6	31,5	3,3	11,2	0	0
	20-40	40,9	38,3	34,8	37,5	9,3	13,3	6,0	11,9
	0-40	68,8	71,5	70,9	70,4	42,2	25,0	38,9	22,3
	0-100	198,1	201,4	209,2	200,8	172,6	71,2	169,3	63,7
За повних сходів									
I – чорний пар без добрив	0-20	20,5	37,4	26,0	25,9	-2,3	-9,2	-	-
	20-40	30,8	56,0	46,5	41,4	13,2	14,7	-	-
	0-40	55,4	71,1	72,6	62,3	34,1	22,1	-	-
	0-100	179,3	185,8	210,4	186,2	158,0	66,0	-	-
II – фон I + сидерати	0-20	25,8	39,7	32,2	31,9	3,7	11,3	0	0
	20-40	38,4	40,9	42,1	38,0	9,8	13,5	6,1	11,9
	0-40	58,3	74,6	73,8	67,0	38,8	23,8	35,1	23,8
	0-100	188,1	203,4	202,5	194,6	166,4	69,5	162,7	61,0
У між фазний період цвітіння - утворення бобів									
I – чорний пар без добрив	0-20	19,3	18,7	17,2	20,5	-7,7	-13,8	-	-
	20-40	23,4	15,2	20,1	21,8	-6,4	12,9	-	-
	0-40	34,8	33,9	40,2	35,2	7,0	12,5	-	-
	0-100	125,4	116,4	109,6	120,0	91,8	42,5		
II – фон I + сидерати	0-20	28,5	20,2	19,7	24,9	-3,3	-11,3	0	0
	20-40	32,3	28,9	25,6	30,4	-2,2	-10,8	5,5	12,2
	0-40	46,5	58,2	45,8	47,2	19,0	16,7	22,3	19,0
	0-100	140,2	155,3	148,0	148,5	120,3	52,7	123,6	59,6
У між фазний період дозрівання - повна стиглість									
I – чорний пар без добрив	0-20	29,9	35,0	5,6	26,1	-2,1	-10,8	-	-
	20-40	36,4	29,9	8,1	28,4	-0,2	-0,07	-	-
	0-40	60,3	64,9	9,8	46,6	18,4	16,5	-	-
	0-100	160,1	158,5	50,6	137,7	109,5	48,8	-	-
II – фон I + сидерати	0-20	36,3	33,9	5,8	33,6	-5,4	-11,9	0	0
	20-40	41,3	38,1	9,5	40,9	12,7	14,5	7,3	12,2
	0-40	63,4	55,8	14,6	52,5	24,3	18,6	18,9	15,6

	0-100	174,2	164,5	63,4	148,6	120,4	52,7	115,0	44,2

За даними А.О. Бабича [24], соя найкраще росте на добре розпушених ґрунтах із об’ємною масою 0,9–1,2 г/см³. Коли ж щільність зростає до 1,27 г/см³ і більше, розвиток рослин помітно пригнічується: коренева система розташовується ближче до поверхні ґрунту, зменшується кількість бульбочок, послаблюється фотосинтетична активність, що зрештою призводить до зниження продуктивності та втрати врожаю на 5,1–7,5 ц/га і більше.

Як зазначають М.С. Чернілевський та ін. [69], коренева система сидеральних культур і їх надземна маса активно аерують орний і підорний шари ґрунту, створюючи сприятливі умови для розвитку дощових черв’яків та мікроорганізмів. Це сприяє структуризації, розпушуванню ґрунту, покращенню водообміну й водопроникності, зниженню кислотності, підвищенню буферності та поліпшенню агрофізичних властивостей [233]. Такі ґрунти швидше достигають, краще зберігають вологу й менше перегріваються, що дозволяє своєчасно проводити польові роботи.

Дослідження на чорноземі типовому малогумусному Лісостепу західного показали, що під впливом сидератів вміст агрономічно цінних агрегатів (0,25–10,0 мм) зріс на 5–13%. При цьому спостерігалося зниження об’ємної маси ґрунту в межах орного шару. Найкращі умови для розущільнення підорного шару створюються за використання редьки олійної як сидеральної культури [8]. Після розкладу її кореневих решток у ґрунті залишаються порожнини, які сприяють фільтрації води та покращенню структури.

За даними В.В. Стрельченка [246], для підтримання оптимальної щільності ґрунту в шарі 0–10 см на рівні 1,0–1,3 г/см³ необхідно близько 20,8 т/га рослинних решток.

Результати досліджень свідчать, що середня за вегетаційний період об’ємна маса ґрунту в шарі 0–30 см за умови внесення сидерального добрива була на 0,04–0,05 г/см³ нижчою, ніж на контролі без сидерату (табл. 3.2). Завдяки залишенню сидеральної маси на поверхні ґрунту покращується його структура,

не утворюється кірка, поліпшується водопроникність та повітрообмін, що сприяє кращому накопиченню вологи та розвитку бульбочкових бактерій.

У контрольному варіанті, без сидерального добрива, спостерігалося сильніше ущільнення ґрунту в шарі 5–10 см. Коливання показників щільності в шарі 0–30 см були значними: від 1,23 до 1,34 г/см³ у фазі повних сходів і від 1,28 до 1,46 г/см³ перед збиранням, що відповідно становить амплітуду 0,17 та 0,23 г/см³.

У варіанті із внесенням сидерального добрива щільність ґрунту коливалася в межах 1,18–1,28 г/см³ у фазі повних сходів і 1,19–1,31 г/см³ — перед збиранням урожаю, що становить відповідно 0,04 та 0,08 г/см³.

Відповідно до програми досліджень було проведено визначення маси сухої речовини рослин, маси листків з однієї рослини та площі листкової поверхні дослідних сортів сої. Маса сухої речовини однієї рослини залежала від біологічних особливостей сорту, інокуляції насіння штамами *Rhizobium japonicum* (634б, 614А, М-8), внесення сидерального добрива, а також від фази росту і розвитку культури.

Залежно від сорту, цей показник змінювався в межах 1,5–12,5% (найбільше — у сорту Легенда). Вплив інокуляції насіння перед сівбою штамами 634б, 614А та М-8 становив від 2,8 до 7,0%. Найбільший приріст маси рослин спостерігався у сорту Ксеня.

Збільшення маси рослин за рахунок інокуляції насіння штамом 634б у поєднанні із заробляннням зеленого добрива відзначалося у сортів Георгіна та Анжеліка. Зокрема, у сорту Анжеліка маса сухої речовини зростала в межах 1,7–5,3%, причому найвищі показники отримано саме за варіанту інокуляції штамом 634б у поєднанні з внесенням сидерального добрива.

3.2. Площа листкової поверхні і маса сухої речовини сортів сої

Однією з ключових умов отримання високих урожаїв насіння сої є забезпечення оптимальної густоти стояння рослин, що поєднується з відповідною масою окремої рослини та розвиненим листковим апаратом. Саме

ці показники формують оптико-біологічну структуру посіву, яка визначає загальну площу асиміляційної поверхні та ефективність використання сонячної енергії рослинами.

Недостатній розвиток листкової поверхні на ранніх етапах росту призводить до неповного використання потенціалу фотосинтетично активної радіації, тоді як надмірна площа листків у пізніші фази розвитку викликає взаємозатінення нижніх ярусів. Це порушує ефективний розподіл продуктів асиміляції, що в підсумку негативно впливає на урожайність і якість насіння сої.

Серед важливих аспектів технології вирощування культури особливе значення має дослідження ростових процесів, адже розуміння закономірностей органогенезу сої дозволяє створити найбільш сприятливі умови для формування її продуктивності. Результати дослідів свідчать, що кількість листків у варіантах з інокуляцією насіння залежала від сорту. Так, у середньому в період інтенсивного цвітіння кількість листків становила: у сорту Легенда – 42–51 шт. на одній рослині, Анжеліка – 43–54 шт., Ксеня – 50–56 шт., Георгіна – 54–61 шт.

Максимальна продуктивність кожного сорту безпосередньо визначається елементами технології, що сприяють розвитку листкового апарату та подовженню періоду активного фотосинтезу. Площа листкової поверхні, яку зазвичай вимірюють у тисячах квадратних метрів на гектар, є одним із ключових показників продуктивності фотосинтезу та формування урожайності сортів різних груп стиглості. Зокрема, у сорту Ксеня цей показник істотно змінювався залежно від застосованих елементів технології вирощування (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Площа листкової поверхні рослин сої сорту *Ксеня* під впливом сидерації, інокуляції та обробки препаратом “Хетомік”, тис. м²/га (2024–2025 рр.)

Фон	Обприс-кування	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій					± до контролю
		Контроль	634б	614а	М-8	Середнє	
Без сидерату	Контроль	44,9	47,4	46,6	46,2	46,3	–
	Хетомік	46,4	48,7	48,0	47,1	47,6	1,3
Заорювання	Контроль	46,6	50,5	49,4	48,8	48,8	–

сидерату	Хетомік	49,8	52,3	51,4	50,7	51,0	2,2
Середнє		46,9	49,7	48,8	48,2	–	–
± до контролю		–	2,3	2,2	2,0	–	–

$НІР_{05}$: сидерату і обприскування = 0,2; інокуляції штамом = 0,3

Встановлено, що внесення сидерального добрива з осені сприяло збільшенню площі листкової поверхні рослин сої сорту *Ксеня*. Так, на контролі цей показник зріс на 1,7 тис. м²/га (46,6 проти 44,9 тис. м²/га).

Застосування препарату Хетомік проти збудників грибкових захворювань кореневої системи виявилося ефективнішим на контролі без сидератів — у цьому варіанті площа листкової поверхні збільшилася на 1,3 тис. м²/га. На фоні внесення сидеральних добрив приріст був дещо нижчим і становив 1,2 тис. м²/га.

Інокуляція насіння сої штамами бульбочкових бактерій забезпечила істотне збільшення площі листкової поверхні порівняно з контролем — у межах 2,0–2,3 тис. м²/га. Найефективнішим виявився штам 634б, за використання якого площа листкової поверхні перевищувала контрольний варіант на 2,3 тис. м²/га.

Достовірне збільшення площі листкової поверхні відмічено за дією факторів: сидерати, інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій, обприскування посівів препаратом Хетомік проти збудників грибкових хвороб кореневої системи, а також за взаємодією факторів – *сидерат × інокуляція насіння*, де $F_ф > F_{05}$ (Додаток Б, табл. 2).

Площа листкової поверхні рослин сої сорту *Анжеліка* також змінювалася під впливом досліджуваних елементів технології вирощування (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Площа листкової поверхні рослин сої сорту Анжеліка залежно від сидерації, інокуляції та обприскування посівів препаратом Хетомік, тис. м²/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон	Обприс-кування	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій					± до контролю
		Контроль	634б	614а	М-8	Середнє	
Без сидерату	Контроль	39,9	42,0	42,6	41,8	41,6	
	Хетомік	41,6	43,6	43,9	42,9	43,0	1,4

Заорювання сидерату	Контроль	42,4	44,6	44,5	43,9	43,8	
	Хетомік	43,4	45,4	46,0	44,7	44,9	1,1
Середнє		41,8	43,9	44,3	43,3		
± до контролю			1,9	1,7	1,5		

Проведені дослідження показали, що осіннє внесення сидеральної маси позитивно вплинуло на формування листкової поверхні у рослин сої сорту *Анжеліка*. Зокрема, на контролі площа листкової поверхні збільшилася на 2,5 тис. м²/га (42,4 проти 39,9 тис. м²/га).

Обробка насіння бульбочковими бактеріями забезпечила приріст площі листкової поверхні порівняно з контролем у межах 1,5–1,9 тис. м²/га. Найвищий ефект для цього сорту був отриманий за застосування штаму 634б, який підвищував зазначений показник на 1,9 тис. м²/га.

Для сорту *Легенда* також відмічено істотне збільшення асиміляційної поверхні листя під впливом сидерального добрива: приріст на контролі становив 2,8 тис. м²/га (42,0 проти 39,2 тис. м²/га).

Використання препарату **Хетомік** для захисту кореневої системи від грибкових інфекцій продемонструвало вищу ефективність на ділянках без сидератів, де площа листкової поверхні зросла на 1,4 тис. м²/га. На сидеральному фоні цей показник становив 1,1 тис. м²/га.

Інокуляція насіння сортів бульбочковими бактерійними штамами сприяла зростанню площі листкової поверхні на 1,5–1,9 тис. м²/га порівняно з контролем. Для сорту *Легенда* найкращий результат отримано за застосування штаму 614А — приріст становив 2,45 тис. м²/га.

Статистично достовірний вплив на збільшення листкової поверхні встановлено для таких факторів: внесення сидератів, інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій, обприскування посівів препаратом Хетомік, а також взаємодія факторів «сидерат × інокуляція насіння», що підтверджується значенням $F_ф > F_{05}$ (Додаток Б, табл. 4).

Показники площі листкової поверхні рослин сої сорту *Легенда* змінювалися залежно від застосованих елементів технології вирощування (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Площа листкової поверхні рослин сої сорту Легенда залежно від сидерації, інокуляції та обприскування посівів препаратом Хетомік, тис. м²/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон	Обприс-кування	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій					± до контролю
		Контроль	634б	614а	М-8	Середнє	
Без сидерату	Контроль	39,2	42,0	41,2	41,0	40,8	
	Хетомік	40,9	43,1	42,1	41,8	42,0	1,2
Заорювання сидерату	Контроль	42,0	43,9	43,0	42,7	42,9	
	Хетомік	42,8	45,1	44,3	44,0	44,0	1,1
Середнє		41,2	43,5	42,7	42,4		
± до контролю			1,5	1,5	1,4		

НІР$_{05}$: сидерату і обприскування = 0,22; інокуляції штамом = 0,31

Осіннє внесення сидеральної маси сприяло збільшенню площі листкової поверхні у рослин сої сорту *Легенда*. У середньому цей показник перевищував контроль на 2,8 тис. м²/га (42,0 проти 39,2 тис. м²/га). Обробка посівів препаратом **Хетомік** для захисту від грибкових інфекцій кореневої системи продемонструвала вищу ефективність на ділянках без застосування сидератів: приріст становив 1,2 тис. м²/га. На сидеральному фоні збільшення було дещо меншим — 1,1 тис. м²/га.

Інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій забезпечила підвищення асиміляційної поверхні листя в межах 1,4–1,5 тис. м²/га порівняно з контролем. Найбільш результативними для сорту *Легенда* виявилися штами 634б і 614А — їх використання забезпечувало максимальний приріст, що досягав 1,5 тис. м²/га.

Статистично значущий вплив на формування листкової поверхні встановлено для факторів: застосування сидератів, інокуляції насіння бактеріальними препаратами, обприскування посівів Хетоміком, а також взаємодії «сидерат × інокуляція насіння». Для цих варіантів значення Fф перевищувало F$_{05}$ (Додаток Б, табл. 3).

Аналогічна тенденція спостерігалась і для рослин сої сорту *Георгіна*. Після заробляння сидеральних добрив восени площа листкової поверхні на контролі зросла на 2,7 тис. м²/га (49,1 проти 46,4 тис. м²/га) (табл. 3.10).

Таким чином, використання сидеральних добрив, інокуляція насіння високоефективними штамами бульбочкових бактерій та обробка посівів препаратом Хетомік позитивно впливали на розвиток листкового апарату рослин. Це сприяло активізації фотосинтетичних процесів та підвищувало потенційну продуктивність сої.

Таблиця 3.10

Площа листкової поверхні рослин сої сорту Георгіна залежно від сидерації, інокуляції та обприскування посівів препаратом Хетомік, тис. м²/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон	Обприс-кування	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій					± до контролю
		Контроль	634б	614А	М-8	Середнє	
Без сидерату	Контроль	46,4	48,4	49,7	47,9	48,1	
	Хетомік	48,0	50,3	51,4	49,8	49,9	1,8
Заорювання сидерату	Контроль	49,1	51,4	52,5	51,1	51,0	
	Хетомік	50,3	52,6	53,6	51,8	52,1	1,1
Середнє		48,4	50,7	51,8	50,1		
± до контролю			2,3	2,1	2,2		

$НІР_{05}$: сидерату і обприскування = 0,28; інокуляції штамом = 0,40

Використання препарату Хетомік для обмеження розвитку грибкових патогенів кореневої системи виявилося результативнішим на ділянках без застосування сидералів: у цьому варіанті площа листкової поверхні збільшувалась на 1,8 тис. м²/га. На фоні сидерального добрива приріст був дещо меншим і становив 1,1 тис. м²/га.

Інокуляція насіння бактеріальними штамами забезпечувала істотне збільшення асиміляційної поверхні листя порівняно з контролем — у межах 2,1–2,3 тис. м²/га. Для сорту *Георгіна* найвищу ефективність продемонстрував штам 634б, під впливом якого приріст становив 2,3 тис. м²/га.

Статистично достовірні відмінності за площею листкової поверхні були встановлені для факторів: застосування сидератів, інокуляція насіння бульбочковими бактеріями, обприскування посівів Хетоміком, а також для їх взаємодій — «сидерат × інокуляція» та «сидерат × інокуляція × Хетомік», де Fф перевищувало F_{05} (Додаток Б, табл. 1).

Отримані дані свідчать, що поєднання сидерального удобрення, інокуляції насіння штамом 634б та обробки посівів препаратом Хетомік створює оптимальні умови для формування розвиненого листкового апарату рослин сої сорту *Георгіна*, що позитивно позначається на фотосинтетичній продуктивності та потенціалі врожайності.

Узагальнення результатів досліджень щодо впливу сидерації, інокуляції та обробки Хетоміком на ріст, розвиток і продуктивність сої в умовах Лісостепу Західного

Внесення сидеральної біомаси під попередник сприяло покращенню водного режиму рослин у критичний початковий період — під час сівби та на ранніх фазах розвитку. У шарі 0–20 см запаси доступної вологи були вищими на 6,5% відносно ділянок без сидерації. Щільність ґрунту в шарі 0–30 см зменшувалася на 0,03–0,04 г/см³, що створювало сприятливіший агрофізичний режим для формування кореневої системи.

Продуктивна вегетація сої за температури понад 10 °С тривала з першої декади травня до початку вересня (100–104 доби). За цей період сума активних температур становила близько 3303 °С, а кількість опадів — 365,2 мм. За таких умов вирощування доцільне застосування середньостиглих сортів: *Легенда* — 100 діб, *Анжеліка* — 100, *Ксеня* — 104, *Георгіна* — 104 дні.

Комплекс запропонованих елементів технології — заробляння сидератів, інокуляція насіння та обробка посівів Хетоміком — забезпечував збільшення висоти рослин: *Легенда* — на 9,6 см, *Анжеліка* — на 14,9 см, *Ксеня* — на 16,8 см, *Георгіна* — на 18,2 см порівняно з контролем.

Помітне зростання площі листкової поверхні відмічено за рахунок застосування сидерального добрива, інокуляції штамами 634б і 614А, а також обприскування Хетоміком. За таких умов цей показник становив:

- *Легенда* — 44,4 тис. м²/га,
- *Анжеліка* — 45,9 тис. м²/га,
- *Ксеня* — 52,8 тис. м²/га,
- *Георгіна* — 54,2 тис. м²/га,

що відповідно перевищувало контроль на 6,4; 6,1; 8,4 та 8,1 тис. м²/га.

Максимальна кількість активних бульбочок формувалася за поєднання сидератів, інокуляції штамом 634б та обробки Хетоміком:

- *Ксеня* — 74 шт./рослину,
- *Георгіна* — 71,
- *Легенда* — 67,
- *Анжеліка* — 64 шт./рослину.

При використанні штаму 614А кількість активних бульбочок становила 65, 77, 61 і 70 шт. відповідно, а їх маса — 2,6–7,9 г/рослину. Це пояснюється активізацією біологічної діяльності ґрунту за умов покращення вологості, зниження щільності та оптимізації поживного й температурного режимів.

Найбільша маса сухої речовини спостерігалась у фазі наливу насіння та становила:

- *Ксеня* — 1,98 т/га,
- *Легенда* — 1,89 т/га,
- *Анжеліка* — 1,83 т/га,
- *Георгіна* — 2,13 т/га.

Фотосинтетичний потенціал у цих сортів становив 248,0; 241,8; 234,0 та 260,4 тис. м²·днів/га, що перевищувало контроль на 112,8; 91,0; 66,1 та 124,8 тис. м²·днів/га відповідно.

Чиста продуктивність фотосинтезу становила:

- *Ксеня* — 6,4 г/м²/добу,
- *Легенда* — 5,7 г/м²/добу,
- *Анжеліка* — 6,1 г/м²/добу,

- *Георгіна* — 7,1 г/м²/добу,

що вказує на високий рівень фотосинтетичної ефективності за умов інтегрованого застосування сидератів, інокулянтів та біозахисту.

Після збирання врожаю як на сидеральному фоні, так і без нього, під впливом препаратів М-8, 634б, 614А та обробки Хетоміком у ґрунті збільшувалася чисельність окремих груп мікроорганізмів і зберігалася висока азотфіксувальна активність.

Рослини всіх сортів формували більше бобів, мали більшу кількість насінин у бобі, більшу масу бульбочок, площу листкової поверхні й масу 1000 насінин, а також відзначалися підвищеним вмістом олії, протеїну та кормових одиниць. Це підтверджує високу ефективність комплексного застосування сидерації, інокулянтів і Хетоміку в умовах Лісостепу.

РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ

4.1. Урожайність насіння сої

За останні десятиліття селекціонери значно підвищили продуктивний потенціал сучасних сортів сої. Завдяки впровадженню інноваційних технологій вирощування стало можливим ефективніше реалізовувати їхній генетичний потенціал, покращуючи адаптацію рослин до умов живлення, способів сівби, використання інокулянтів, регуляторів росту та засобів захисту від шкідливих організмів.

У наших дослідах урожайність сої змінювалася залежно від погодних умов та застосованих елементів технології. У середньому за 2024–2025 роки найвищу врожайність забезпечив сорт Георгіна — 3,04 т/га. Дещо нижчі показники мали сорти Ксеня — 2,94 т/га, Анжеліка — 2,86 т/га та Легенда — 2,81 т/га.

Середня врожайність насіння сої сорту Георгіна за використання сидерального добрива, інокуляції посівного матеріалу бульбочковими бактеріями та обприскування препаратом Хетомік коливалася залежно від штаму бактерій: у варіантах із М-8 — 3,01 т/га, 634б — 3,02 т/га, 614Б — 3,04 т/га.
Найвищу прибавку врожайності насіння сої отримано за внесення сидеральних добрив — 0,33 т/га (2,92 проти 2,59 т/га у контролі). Інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій сприяла підвищенню врожайності порівняно з контролем у межах 0,11–0,14 т/га. Найефективнішими для сорту Георгіна виявилися штами 634б та М-8, які забезпечили середню прибавку врожайності 0,14 т/га. Застосування препарату Хетомік для захисту кореневої системи від збудників грибкових хвороб показало найвищу ефективність на варіантах без сидерального добрива — прибавка становила 0,09 т/га, тоді як на фоні сидератів середній приріст урожайності складав 0,06 т/га.

Таблиця 4.1

Вплив сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів на урожайність сої сорту Георгіна, т/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон живлення	Обприску-вання посіву	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій				Середнє	± до контролю
		Контроль	634б	614А	М-8		
Без сидерату	Контроль	2,59	2,76	2,81	2,75	2,73	–
	Хетомік	2,74	2,84	2,87	2,83	2,82	0,09
Сидерат	Контроль	2,85	2,96	2,98	2,95	2,94	–
	Хетомік	2,92	3,02	3,04	3,01	3,00	0,06
Середнє		2,78	2,90	2,92	2,89	–	–
± до контролю		–	0,14	0,11	0,14	–	–

$НІР_{05}$ = впливу сидерату і інокуляції 0,01, обприскування Хетоміком 0,02

Достовірне підвищення врожайності насіння сорту Георгіна спостерігалося під впливом таких факторів, як внесення сидеральних добрив, інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій та обприскування посівів препаратом **Хетомік** проти збудників грибкових захворювань кореневої системи. Високу статистичну значущість також виявлено у взаємодії факторів: *сидерат – інокуляція насіння* та *сидерат – інокуляція насіння – обприскування посівів препаратом Хетомік*, для яких Fф > F05 (Додаток Б, табл. 1; рис. 16).

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що частка впливу окремих елементів технології вирощування на приріст урожайності сої сорту Георгіна становила: сидеральні добрива – **46%**, інокуляція насіння бульбочковими бактеріями – **26%**, обприскування препаратом Хетомік – **14%**, тоді як сумарний вплив взаємодії факторів формував решту приросту врожайності.

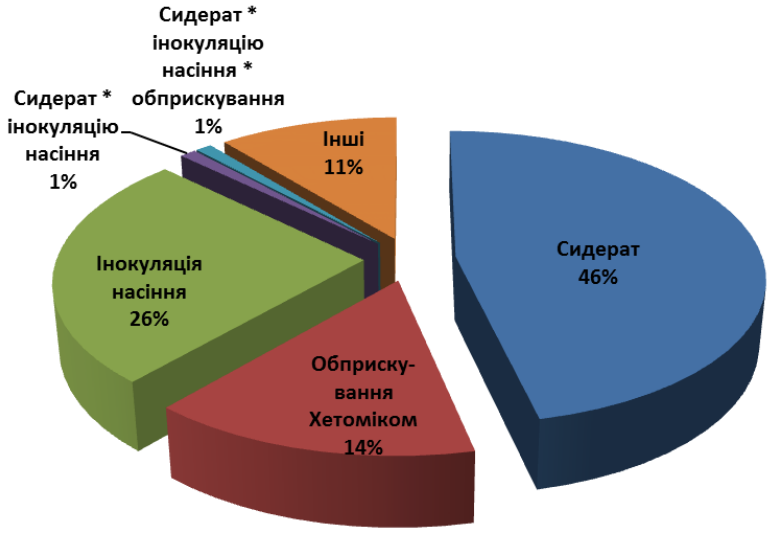


Рис. 16. Частка впливу елементів технології вирощування сої сорту Георгіна на врожайність насіння, середнє за 2024-2025 роки.

Частки впливу досліджуваних елементів технології вирощування на підвищення врожайності сої сорту Георгіна становили: сидеральні добрива – 46%, інокуляція насіння бульбочковими бактеріями – 26%, обприскування препаратом Хетомік – 14%, взаємодія факторів *сидерат × інокуляція насіння* – 1%, *сидерат × інокуляція насіння × обприскування препаратом Хетомік* – 1%, інші фактори – 11% (Додаток Б, табл. 1).

На фоні внесення сидерального добрива та обприскування посівів за умов інокуляції насіння бульбочковими бактеріями урожайність сої сорту Георгіна підвищувалася таким чином: при використанні штаму М-8 – до 3,01 т/га, 634б – 3,02 т/га, 614а – 3,04 т/га.

Найбільшу прибавку врожайності насіння сорту Анжеліка забезпечили сидеральні добрива — 0,46 т/га (2,67–2,41). Інокуляція насіння штамами бульбочкових бактерій сприяла збільшенню врожайності порівняно з контролем у межах 0,12 т/га. Препарат Хетомік ефективніше діяв на контролі без сидератів — прибавка становила 0,09 т/га; на фоні сидератів середнє підвищення врожайності складало 0,08 т/га.

У середньому за 2024–2025 роки врожайність насіння сої сорту Анжеліка без застосування добрив і обприскування становила: за інокуляції штамом М-8 – 2,60 т/га, 634б – 2,62 т/га, 614а – 2,64 т/га, тоді як на контролі — лише 2,41 т/га.

Таблиця 4.2

Вплив сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів на урожайність сої сорту Анжеліка, т/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон живлення	Обприску-вання посіву	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій				Середнє	± до контролю
		Контроль	634б	614А	М-8		
Без сидерату	Контроль	2,41	2,62	2,64	2,60	2,57	
	Хетомік	2,57	2,71	2,72	2,68	2,67	0,10
Сидерат	Контроль	2,67	2,79	2,81	2,77	2,76	
	Хетомік	2,73	2,83	2,86	2,81	2,81	0,05
Середнє		2,59	2,74	2,76	2,72		
± до контролю		–	0,12	0,12	0,12		

$НІР_{05}$ = впливу сидерату і інокуляції 0,02, обприскування Хетоміком 0,02

Частка впливу окремих елементів технології вирощування на підвищення врожайності сої сорту *Георгіна* була розподілена наступним чином: внесення сидеральних добрив – 46%, інокуляція насіння бульбочковими бактеріями – 26%, обприскування препаратом Хетомік – 14%, взаємодія факторів «сидерат × інокуляція насіння» – 1%, комплексна взаємодія «сидерат × інокуляція насіння × обприскування Хетоміком» – 1%, інші чинники – 11% (Додаток Б, табл. 1).

За умов поєднаного внесення сидерального добрива та обробки посівів у поєднанні з інокуляцією насіння бульбочковими бактеріями врожайність сої сорту *Георгіна* підвищувалася таким чином: при використанні штаму М-8 – до 3,01 т/га, штаму 634б – до 3,02 т/га, штаму 614а – до 3,04 т/га.

Для сорту *Анжеліка* найбільший приріст врожайності насіння забезпечило внесення сидерального добрива — на 0,46 т/га (2,67 проти 2,41 т/га). Інокуляція насіння бульбочковими бактеріями додавала до врожайності ще 0,12 т/га

порівняно з контролем. Використання препарату Хетомік було ефективнішим на ділянках без сидератів — приріст становив 0,09 т/га, тоді як на фоні внесення сидерального добрива середній приріст склав 0,08 т/га.

У середньому за період 2024–2025 років врожайність насіння сої сорту *Анжеліка* без внесення добрив та обприскування, але з інокуляцією, складала: штам М-8 – 2,60 т/га, 634б – 2,62 т/га, 614а – 2,64 т/га, тоді як на контролі без будь-яких обробок вона становила лише 2,41 т/га.

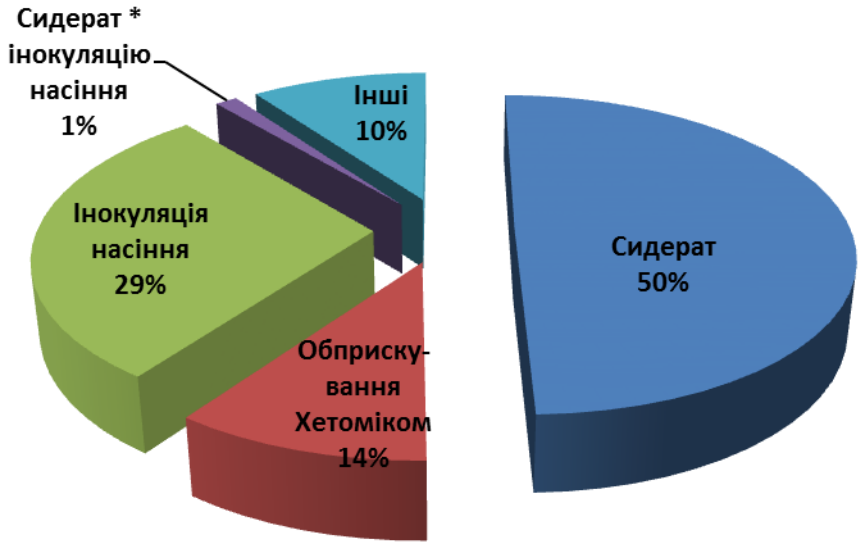


Рис. 17. Частка впливу факторів на продуктивність сої сорту Анжеліка, середнє за 2024-2025 роки, %

У середньому за 2024–2025 роки урожайність насіння сої сорту Ксеня на контролі, без застосування добрив, інокуляції та обприскування посівів для захисту кореневої системи, становила 2,55 т/га. У варіанті з внесенням сидерального добрива цей показник підвищився до 2,77 т/га, що свідчить про позитивний вплив сидерації на формування врожайності культури (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Вплив сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів на врожайність сої сорту Ксеня, т/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон живлення	Обприску-вання посіву	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій				Середнє	± до контролю
		Контроль	634б	614А	М-8		
Без сидерату	Контроль	2,55	2,73	2,71	2,71	2,71	–
	Хетомік	2,68	2,81	2,79	2,80	2,80	0,09

Сидерат	Контроль	2,77	2,89	2,86	2,83	2,84	–
	Хетомік	2,82	2,98	2,95	2,92	2,92	0,08
Середнє		2,70	2,85	2,83	2,81	–	–
± до контролю		–	0,12	0,12	0,10	_	_

$НІР_{05}$ = впливу сидерату і інокуляції 0,01, обприскування Хетоміком 0,02

Обприскування посівів препаратом Хетомік сприяло підвищенню врожайності насіння сої сорту *Ксеня* до 2,68 т/га. Використання сидерального добрива у поєднанні з інокуляцією насіння штамом М-8 підвищило врожайність до 2,83 т/га, а застосування штаму 614А — до 2,86 т/га. Максимальний урожай у цьому дослідженні було отримано за варіантом інокуляції штамом 634б на фоні сидерального добрива — 2,89 т/га.

Найбільші результати спостерігалися при комплексному використанні всіх факторів технології: внесення сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів препаратом Хетомік. У цих варіантах врожайність склала: при штамі М-8 — 2,92 т/га, штамі 614А — 2,95 т/га, штамі 634б — 2,98 т/га. Приріст відносно контролю становив відповідно 0,10; 0,12 і 0,12 т/га.

У варіантах без внесення сидерального добрива застосування Хетоміку забезпечувало підвищення врожайності за рахунок інокуляції насіння бульбочковими бактеріями наступним чином: штам М-8 — +8,4%, штам 634б — +12,9%, штам 614А — +10,2%.

За результатами дисперсійного аналізу, частка впливу окремих елементів технології на врожайність сорту *Ксеня* розподілялася так: сидеральні добрива — 47%, обприскування Хетоміком — 14%, інокуляція насіння бульбочковими бактеріями — 26%, взаємодія факторів «сидерат × інокуляція насіння» — 1%, інші чинники — 11% (рис. 18).

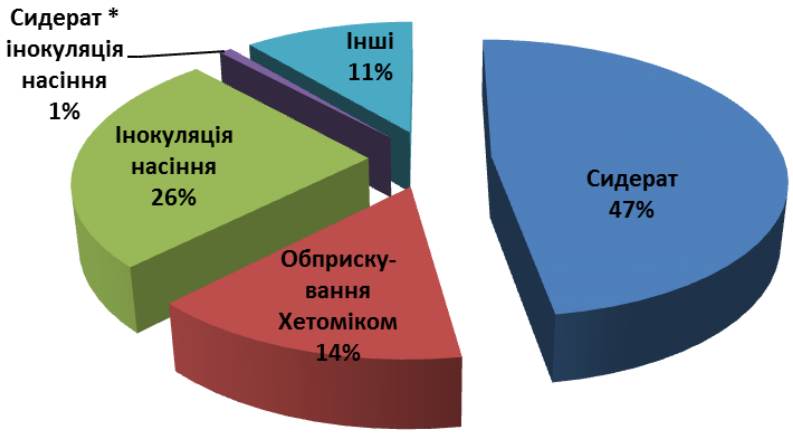


Рис. 18. Частка впливу елементів технології вирощування сої на врожайність насіння сорту Ксеня, середнє за 2024-2025 роки

Середня п'ятирічна урожайність насіння сої сорту Легенда на контролі, тобто без внесення добрив, інокуляції та обприскування посівів, становила 2,33 т/га. Застосування інокуляції насіння штамом М-8 сприяло підвищенню врожайності до 2,47 т/га, тоді як інокуляція штамом 634б забезпечила ще вищий результат — 2,53 т/га. Використання штаму 614А також позитивно вплинуло на урожайність, яка досягла 2,49 т/га (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вплив сидеральних добрив, інокуляції насіння та обприскування посівів на урожайність насіння сої сорту Легенда, т/га, середнє за 2024-2025 рр.

Фон живлення	Обприску-вання посіву	Інокуляція насіння штамом бульбочкових бактерій				Середнє	± до контролю
		Контроль	634б	614А	М-8		
Без сидерату	Контроль	2,33	2,53	2,49	2,47	2,71	–
	Хетомік	2,48	2,60	2,57	2,53	2,80	0,09
Сидерат	Контроль	2,62	2,75	2,72	2,29	2,83	–
	Хетомік	2,69	2,81	2,77	2,74	2,92	0,09
Середнє		2,53	2,67	2,64	2,51	–	–
± до контролю		–	0,14	0,15	0,04	–	–

$НІР_{05}$ = впливу сидерату і інокуляції 0,10, обприскування Хетоміком 0,14

Обприскування посівів препаратом Хетомік у поєднанні із застосуванням сидеральних добрив забезпечило незначне підвищення урожайності насіння сої сорту Легенда — приріст від інокуляції насіння штамом 634б становив 0,09 т/га, що є меншим за поріг істотності ($НІР_{05}$ = 0,14 т/га).

Згідно з результатами дисперсійного аналізу, найвагоміший вплив на формування урожайності мали такі елементи технології вирощування:

- сидеральні добрива — 43%,
- обприскування препаратом Хетомік — 14%,
- інокуляція насіння бульбочковими бактеріями — 28%,
- інші фактори — 8% (рис. 19).

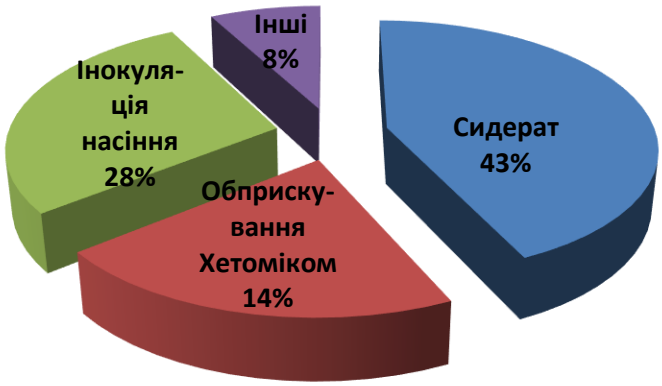


Рис. 19. Частка впливу елементів технології вирощування сої на врожайність насіння сорту Легенда, середнє за 2024-2025 роки

4.2. Вплив елементів технології вирощування на якість насіння сої

Соя є цінною культурою завдяки високому вмісту білка та жирів. Білкові речовини сої на 88–95% представлені водорозчинною фракцією, а за амінокислотним складом вони наближаються до білків тваринного походження, оскільки містять усі незамінні амінокислоти у збалансованих кількостях.

Під сирим білком розуміють загальну кількість усіх азотовмісних сполук (як білкових, так і небілкових), виражену у перерахунку за коефіцієнтом 6,25 (для сої) [24, 222].

За результатами проведених досліджень встановлено, що якісні показники насіння сої сорту Легенда істотно залежали від інокуляції насіння бульбочковими бактеріями (табл. 4.5).

Таблиця 4.5.

Вплив сидерації, інокуляції насіння і обприскування Хетоміком на хімічний склад насіння сої сорту Легенда

Добриво	Обприскування	Інокуляція	Хімічний склад насіння, %							Нітрати, мл/кг
			суха речовина	сирий протеїн	сирий жир	клітковина	БЕР	сира зола	вуглеводн.	
Без добрив	Контроль	Без інокуляції	89,7	33,3	17,2	13,8	17,1	5,8	13,3	33
		Штам – 634б	90,2	34,9	17,4	11,5	20,7	5,8	11,9	27
		Штам – 614А	90,9	34,2	17,7	12,9	20,3	5,7	10,1	28
		Штам – 8К	90,1	33,6	17,4	13,3	17,9	5,7	13,0	30
	Хетомік	Без інокуляції	89,2	34,7	17,6	12,6	19,6	4,9	9,7	31
		Штам – 634б	90,5	33,4	20,5	13,7	17,1	5,8	13,6	30
		Штам – 614А	90,7	34,8	21,4	10,6	18,6	4,5	10,0	27
		Штам – 8К	90,8	34,2	17,8	12,9	20,3	5,8	9,1	28
Сидеральне добриво	Контроль	Без інокуляції	90,8	34,2	17,8	12,9	20,3	5,8	9,0	30
		Штам – 634б	88,4	33,3	21,4	10,6	18,6	4,5	10,0	29
		Штам – 614А	90,7	34,8	21,4	10,6	18,6	4,5	10,0	27
		Штам – 8К	90,9	34,2	17,7	12,9	20,3	5,8	9,1	28
	Хетомік	Без інокуляції	89,2	34,7	17,6	12,6	19,6	4,9	9,7	31
		Штам – 634б	89,7	33,4	20,5	13,8	17,1	5,8	13,8	24
		Штам – 614А	88,4	33,3	21,4	10,6	18,6	4,5	10,0	30
		Штам – 8К	85,5	31,3	16,4	13,3	20,8	5,7	11,2	29

Найвищий вміст сирого протеїну у насінні сої (34,2–34,9%) відзначався при передпосівній інокуляції швидкорослими штамами 634б та 614А. На контрольних ділянках без застосування сидератів та інокуляції середній вміст білка становив 33,3%. Зокрема, інокуляція насіння штамом 634б у сорту *Легенда* забезпечила підвищення білковості насіння порівняно з контролем на 1,6%.

Максимальний вміст олії в насінні (21,4%) спостерігався у варіантах із передпосівною обробкою насіння штамами 634б і 614А на фоні внесення сидерального добрива.

Крім того, у варіантах, де застосовували біопрепарати штамів 634б, 614А та М-8, спостерігалося збільшення виходу кормових одиниць — до 1,38–1,43 кг (табл. 4.6).

Таблиця 4.6.

Вплив сидерації, інокуляції насіння і обприскування Хетоміком на вміст в 1кг насіння сої сорту Легенда

Добриво	Обприскування	Інокуляція	Вміст в 1кг насіння			
			корм. од., кг	перетравний протеїн, г	кальцій,%	фосфор, %
Контроль – без добрив	Контроль – без обприс-кування	Контроль – без інокуляції	1,36	293,8	0,17	0,59
		Штам – 634б	1,42	306,8	0,18	0,90
		Штам – 614А	1,39	301,6	0,23	0,61
		Штам – 8К	1,37	293,0	0,17	0,60
	Обприскування посівів Хетоміком	Контроль – без інокуляції	1,37	305,0	0,17	0,62
		Штам – 634б	1,43	293,6	0,23	0,61
		Штам – 614А	1,40	305,4	0,25	0,85
		Штам – 8К	1,38	301,0	0,14	0,90
Сидеральне добриво	Контроль – без обприс-кування	Контроль – без інокуляції	1,38	301,0	0,14	0,90
		Штам – 634б	1,42	293,3	0,11	0,90
		Штам – 614А	1,40	305,4	0,25	0,85
		Штам – 8К	1,39	301,1	0,14	0,90
	Обприскуван-ня посівів Хетоміком	Контроль – без інокуляції	1,37	305,0	0,17	0,62
		Штам – 634б	1,43	293,0	0,17	0,59
		Штам – 614А	1,42	293,2	0,11	0,56
		Штам – 8К	1,38	275,7	0,32	0,62

У варіантах без передпосівної обробки та без внесення сидеральних добрив вміст перетравного протеїну становив 293,8 г на 1 кг насіння. При інокуляції насіння штамами 634б і 614А цей показник підвищувався до 305,0–306,8 г. Вміст фосфору у насінні за інокуляції штамом 634б перевищував контроль на 0,31% (контроль — 0,59%). Кальцій у варіантах із інокуляцією штамами 634б і 614А збільшувався на 0,06–0,08%, причому найвищий його вміст (0,25%) зафіксовано у поєднанні штаму 614А та сидерального добрива, тоді як у контролі він становив лише 0,17%.

Безазотисті екстрактивні речовини за інокуляції штамами 634б і М-8 зростали до 20,3–20,8%, що перевищує контроль на 3,2–3,7%. Таким чином, для умов Лісостепу Західного ефективним у технології вирощування різностиглих сортів сої є комплексне застосування сидеральних добрив, інокуляції насіння високоефективними штамами бульбочкових бактерій та обприскування посівів росторегулюючим препаратом Хетомік.

Якість насіння, його біологічна та господарська цінність, визначається сукупністю факторів і підтверджується результатами виробничих спостережень. У насіннєзнавстві для оцінки життєздатності насіння застосовують показники енергії проростання та лабораторної схожості, що характеризують відсоток нормально пророслого насіння за визначений термін.

Тривалість визначення енергії проростання для різних культур коливається від 3 до 10 діб, а лабораторної схожості — від 7 до 21 дня. За даними [143], директиви ЄС встановлюють мінімальний рівень лабораторної схожості для зернових і зернобобових культур на рівні не нижче 85%. Польова схожість визначається як відсоткове співвідношення кількості сходів до кількості висіяного схожого насіння. Згідно з І.Г. Строни, насіння, що проросло під час визначення енергії проростання, забезпечує на 30% вищий урожай порівняно з насінням, що проросло пізніше (7–8 день), що підкреслює значимість цього показника як показника потенційної польової схожості [143].

Ґрунтовні дослідження показали, що різноякісність насіння часто зумовлена технологічними порушеннями під час післязбиральної обробки та

зберігання. Таке насіння може мати механічні ушкодження, сліди травмування при сушінні або ознаки ураження хворобами.

Зокрема, для сорту *Анжеліка* комбінація сидерального добрива, інокуляції насіння штамом 614А та обприскування посівів препаратом Хетомік забезпечила високу енергію проростання — 95% і лабораторну схожість — 95%, тоді як на контрольних ділянках ці показники становили 85% і 80% відповідно (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Енергія проростання та схожість насіння сої сорту Анжеліка

Варіант	Енергія проростання на третій день	Схожість на восьмий день
Контроль (без сидерату і обприскування)	85	80
Без сидерату, з обприскуванням	86	81
Сидерат + обприскування	90	83
Сидерат, без обрискування	87	77
Штам 634б – без сидерату, без обприскування	86	84
Штам 634б – без сидерату + обприскування	96	91
Штам 634б + сидерат + обприскування	86	75
Штам 634б + сидерат, без обприскування	91	86
Штам 614А – без сидерату, без обприскування	97	91
Штам 614А – без сидерату + обприскування	96	91
Штам 614А + сидерат + обприскування	95	95
Штам 614А + сидерат, без обприскування	94	92
Середнє	91	85,4
$НІР_{05}$	0,3	0,36

В умовах Лісостепу застосування сучасних елементів біологізованої технології вирощування сої — зокрема нових сортів, сидеральних добрив (редьки олійної), інокуляції насіння штамами бульбочкових бактерій 634б, 614А і М-8, а також обприскування посівів препаратом Хетомік проти збудників грибкових хвороб кореневої системи — забезпечило зростання урожайності насіння з 2,33 до 3,04 т/га, тобто прибавка становила 0,71 т/га або 22,3%.

За рівнем урожайності найвищі результати показали сорти Георгіна (3,04 т/га) та Ксеня (2,98 т/га), які проявили стабільність і добру адаптованість до кліматичних умов зони.

Відповідно до результатів дисперсійного аналізу, частки впливу основних елементів технології вирощування на підвищення врожайності сої сорту Георгіна розподілилися таким чином:

- сидеральні добрива — 46%,
- інокуляція насіння бульбочковими бактеріями — 26%,
- обприскування препаратом Хетомік — 14%,
- взаємодія факторів “сидерат × інокуляція насіння” — 1%,
- взаємодія “сидерат × інокуляція насіння × обприскування Хетоміком” — 1%,
- інші фактори — 11%.

Якісні показники насіння також покращувалися. Вміст сирого білка у варіанті інокуляції швидкорослим штамом 614А становив 34,2–34,8%, а за використання штаму 634б — до 34,9%.
Вміст сирого жиру під дією сидерального добрива та інокуляції підвищувався на 3,2–4,2%, тоді як лише сидерація без інокуляції забезпечувала приріст усього на 0,4–0,6%.

Вихід кормових одиниць із 1 кг насіння сої за інокуляції штамами 634б, 614А і М-8 збільшувався до 1,38–1,43 кг, а вміст перетравного протеїну зростав із 293,8 г/кг (контроль) до 305,0–306,8 г/кг при інокуляції штамами 634б і 614А.

Додатково встановлено, що внесення сидеральних добрив, інокуляція насіння та обприскування посівів сприяли підвищенню вмісту кальцію, фосфору, безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) та одночасному зменшенню кількості нітратів у насінні.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

5.1. Економічна ефективність застосування сидеральних добрив, мікробіологічних препаратів та інокуляції насіння

У науковій літературі питання ефективності виробництва розглядають у кількох аспектах — економічному, соціальному, екологічному та технологічному. Водночас у вітчизняній аграрній практиці найчастіше застосовується саме оцінка економічної ефективності, що дозволяє об’єктивно визначити доцільність упровадження тих чи інших елементів технології вирощування сільськогосподарських культур [45].

Згідно з загальноприйнятими методичними підходами, оцінку ефективності впровадження окремих технологічних прийомів проводять шляхом порівняння отриманих результатів із понесеними витратами [11]. Для цього використовують показники економічної ефективності, такі як собівартість одиниці продукції, чистий прибуток та рівень рентабельності виробництва.

Під час проведення розрахунків витрат, пов’язаних із застосуванням сидеральних культур, обприскуванням посівів та інокуляцією насіння, ураховувалися як прямі, так і додаткові затрати — зокрема витрати на доробку, транспортування додаткового врожаю, а також накладні витрати, які розподіляли пропорційно прямим.

Результати економічного аналізу наведено в таблиці 5.1, де показано основні показники ефективності застосування зеленого добрива, інокуляції насіння штамом 634б та обприскування посівів препаратом Хетомік на прикладі сорту Ксеня.

Упровадження зазначених елементів технології дозволило підвищити врожайність насіння на 15,3%, при цьому витрати на їх реалізацію зросли лише на 10,8% у розрахунку на 1 гектар посівів. Як наслідок, собівартість 1 т насіння знизилася на 14,5 грн (9,4%), а прибуток від реалізації продукції зріс на 11,5%,

що свідчить про високу економічну доцільність застосування даних біологічних елементів технології вирощування сої.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність застосування сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів сої сорту Ксеня

Показник	Варіант		Відхилення, ±	
	Контроль	Штам 634б	абсолютне	%
Урожайність, т/га	2,55	2,94	+0,39	15,3
Витрати на основну продукцію, грн/га	6080	6585	+505	10,8
Повна собівартість 1 т, грн	2384	2239	-145	9,4
Виручка, грн/га	20400	23520	+3120	11,5
Прибуток, грн/га	14320	16935	+2615	11,8
Рівень рентабельності, %	235,5	251,1	+15,6	10,7
Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	-	5,2	-	-

За результатами економічних розрахунків встановлено, що використання комплексу біологічних елементів технології вирощування (зелене добриво, інокуляція насіння штамом *Rhizobium japonicum* 634б та обприскування посівів препаратом «Хетомік») мало істотний позитивний вплив на економічну ефективність виробництва сої.

Так, при вирощуванні сорту Ксеня рівень рентабельності зріс із 235,5 до 251,1%, тобто на 10,6%, що свідчить про високу окупність додаткових витрат. На кожну гривню додаткових вкладень господарство отримувало 5,2 грн додаткового прибутку, що є економічно вигідним показником для виробництва сої за сучасних умов господарювання.

Подібна тенденція простежувалася і при вирощуванні сорту Легенда. Застосування зеленого добрива, інокуляції насіння штамом 634б та обприскування посівів препаратом «Хетомік» забезпечувало підвищення

врожайності на 20,6%, при цьому витрати зростали лише на 10,8%. Завдяки цьому собівартість 1 т насіння зменшувалася на 26,1 грн (9,0%), а прибуток збільшувався на 12,4%.

У підсумку рівень рентабельності виробництва сої сорту Легенда підвищився з 210,6 до 245,6%, тобто на 11,7%, що свідчить про високу ефективність біологізації технології вирощування культури.

Отже, впровадження у виробничу практику зеленого добрива (сидерату), інокуляції насіння активними штамами бульбочкових бактерій та біологічного захисту посівів препаратом «Хетомік» забезпечує зростання продуктивності сої, зменшення собівартості й підвищення рентабельності виробництва. Це доводить, що поєднання біологічних і технологічних прийомів у системі вирощування сої є економічно доцільним та екологічно безпечним напрямом підвищення ефективності агровиробництва.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність застосування сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів при вирощуванні сої сорту Легенда

Показник	Варіант		Відхилення, ±	
	Контроль	Штам 634б	абсолютне	%
Урожайність, т/га	2,33	2,81	0,48	20,6
Витрати на основну продукцію, грн/га	6002	6504	+502	10,8
Повна собівартість 1 т, грн	2576	2315	-261	9,0
Виручка, грн/га	18640	22480	+3840	12,1
Прибуток, грн/га	12638	15976	+3338	12,4
Рівень рентабельності, %	210,6	245,6	+35,0	11,7
Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	-	6,6	-	-

У варіанті вирощування сої сорту Анжеліка застосування комплексу біологічних і технологічних прийомів — сидерального добрива, інокуляції

насіння штамом 614А та обприскування посівів препаратом «Хетомік» — забезпечило підвищення врожайності на 18,7% при зростанні витрат лише на 10,8%. Це свідчить про раціональне використання ресурсів і високу ефективність зазначених елементів технології.

Внаслідок такого поєднання заходів собівартість 1 т насіння зменшилася на 19,9 грн, а прибуток зріс на 12,2%. Додатковий ефект був досягнутий за рахунок збільшення виручки від реалізації продукції на 11,7% у розрахунку на 1 га, що забезпечило високу окупність додаткових витрат.

У середньому по варіантах досліджень встановлено, що на кожну гривню додаткових витрат, пов’язаних із сидерацією, обприскуванням посівів та бактеризацією насіння, отримано 6,6 грн додаткового прибутку. Це переконливо підтверджує економічну доцільність і ефективність впровадження біологічних елементів технології вирощування сої, які не лише підвищують урожайність, а й забезпечують стабільне зростання прибутковості виробництва.

Таблиця 5.3

Економічна ефективність застосування сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів при вирощуванні сої сорту Анжеліка

Показник	Варіант		Відхилення, ±	
	Контроль	Штам 634б	абсолютне	%
Урожайність, т/га	2,41	2,83	+0,45	18,7
Витрати на основну продукцію, грн/га	6071	6545	+574	10,8
Повна собівартість 1 т, грн	2512	2313	-199	9,2
Виручка, грн/га	19280	22640	+3360	11,7
Прибуток, грн/га	13209	16095	+2886	12,2
Рівень рентабельності, %	217,6	245,9	+28,3	11,3
Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	-	5,0	-	-

Застосування комплексу технологічних заходів — сидерального добрива, інокуляції насіння штамом 614А та обприскування посівів препаратом «Хетомік» — у варіанті вирощування сої сорту Георгіна дало виражений позитивний результат. Внаслідок впровадження цих елементів технології урожайність насіння підвищилася на 17,4%, тоді як виробничі витрати зросли лише на 10,0%, що забезпечило високу ефективність використання ресурсів.

Собівартість 1 т насіння знизилась на 14,5 грн (9,4%), а прибуток зріс на 12,0% у порівнянні з контролем. Завдяки підвищенню урожайності виручка від реалізації продукції збільшилася на 11,7% у розрахунку на 1 га. У результаті рівень рентабельності виробництва підвищився з 217,6 до 245,9%, тобто на 11,3%, що свідчить про високу економічну ефективність та окупність застосованих технологічних елементів. Загалом на кожну гривню додаткових витрат отримано 5,0 грн додаткового прибутку, що підтверджує доцільність комплексного використання біологічних і агротехнічних прийомів у виробництві сої сорту Георгіна.

Таблиця 5.4

Економічна ефективність застосування сидерального добрива, інокуляції насіння та обприскування посівів при вирощуванні сої сорту Георгіна

Показник	Варіант		Відхилення, ±	
	Контроль	Штам 614А	абсолютне	%
Урожайність, т/га	2,59	3,04	+0,45	17,4
Витрати на основну продукцію, грн/га	6015	6618	+603	10,0
Повна собівартість 1 т, грн	2322	2177	-145	9,4
Виручка, грн/га	20720	24320	+3600	11,7
Прибуток, грн/га	14705	17702	+2997	12,0
Рівень рентабельності, %	244,5	267,5	+23,0	10,9

Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	-	5,0	-	-

Завдяки впровадженню комплексу технологічних прийомів — сидерації, інокуляції насіння та обприскування посівів препаратом «Хетомік» — у виробництві сої було досягнуто суттєвого економічного ефекту. Рівень рентабельності виробництва підвищився з 244,5 до 267,5%, тобто на 10,9%, що свідчить про ефективність використання зазначених елементів технології.

Зростання врожайності та одночасне зниження собівартості одиниці продукції забезпечили високий рівень прибутковості: на кожну гривню додаткових витрат отримано 5,0 грн додаткового прибутку. Це підтверджує доцільність і високу окупність біологічних та агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності посівів сої.

5.2. Енергетична оцінка застосування біологічних заходів у технології вирощування сої

Енергетичну оцінку досліджуваних елементів технології вирощування насіння сої використовували формулу, отриману на основі визначення хімічного складу і відповідних енергетичних коефіцієнтів [106, с 182]:

$$ВЕ = сП \cdot К_1 + сЖ \cdot К_2 + сКл \cdot К_3 + сБЕР \cdot К_4,$$

де – сП – сирий протеїн; сЖ – сирий жир; сКл – сира клітковина; сБЕР – сирі безазотисті екстрактивні речовини, які подані в %/кг (в 1 кг сухої речовини корму).

Валова енергія в основній і побічній продукції становить 74025,9 МДж/га, всі витрати на вирощування сої в перерахунку на одиницю площі становлять від валової енергії 28,7%. Перетворення валової енергії на 1 га складає: Е = 74025,9 МДж – 25792,4 МДж = 48233,5 МДж, або перевищує витрати сукупної енергії на 1 га в 1,9 рази.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що впровадження в технологію вирощування сої таких елементів, як сидерація, інокуляція насіння високоефективними штамами бульбочкових бактерій та обприскування посівів препаратом «Хетомік», забезпечує високу економічну й енергетичну ефективність виробництва.

Отримані дані підтверджують, що енергія зібраної біомаси (74025,9 МДж/га) перевищує сукупні енергетичні витрати у 1,9 раза, що свідчить про раціональність використання ресурсів і позитивний енергетичний баланс виробництва.

Застосування досліджуваних технологічних прийомів забезпечило чистий прибуток у межах 16935–17702 грн/га при рівні рентабельності 251–267%, що підтверджує їхню високу окупність і доцільність для впровадження у виробничу практику.

Енергетична ефективність технології за виходом валової енергії з насіння та побічної продукції сорту Ксеня становила 48,2 ГДж/га, що також перевищує сукупні енерговитрати у 1,9 раза. Отже, запропоновані елементи технології є ресурсозберігаючими, екологічно безпечними та економічно вигідними, що забезпечує підвищення конкурентоспроможності виробництва сої в умовах Лісостепу України.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Період весняно-польових робіт супроводжується високою інтенсивністю виробничих процесів у агропромисловому комплексі: збільшується обсяг виконуваних операцій, активно залучається сільськогосподарська техніка, зростає навантаження на персонал. Усе це підвищує ймовірність виробничого травматизму, особливо за умов нехтування вимогами безпеки.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити на кожному робочому місці належні та безпечні умови праці, організувати проведення навчання, інструктажів і перевірки знань працівників. Особи, які не пройшли відповідні заходи з охорони праці, не допускаються до виконання робіт.

Працівники, зайняті на роботах, що пов'язані з підвищеним ризиком, повинні проходити спеціалізоване навчання, періодичне тестування знань та медичні огляди. Роботодавець повинен безоплатно надавати їм засоби індивідуального захисту, спеціальний одяг, спеціальне взуття та засоби гігієни.

Порядок забезпечення безпечних умов праці в аграрному секторі визначений Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві (наказ Мінсоцполітики №1240 від 29.08.2018) та Мінімальними вимогами щодо використання ЗІЗ (наказ Мінсоцполітики №1804 від 29.11.2018).

Під час весняно-польових робіт необхідно дотримуватися таких основних вимог безпеки:

• експлуатація техніки здійснюється відповідно до інструкцій та технічної документації;

• усі рухомі вузли машин мають бути закриті захисними кожухами;

• заборонено використовувати несправні машини, трактори без систем блокування запуску або електростартера;

• необхідно контролювати безпечну відстань техніки від повітряних ліній електропередач;

• під час руху машин слід дотримуватися рекомендованих дистанцій та швидкісних режимів.

Особливо суворі вимоги висуваються до робіт, пов'язаних із підготовкою та

внесенням мінеральних добрив. Такі операції повинні виконуватися механізмами, оснащеними пристроями, що зменшують пилоутворення й забезпечують герметичність під час роботи.

Під час проведення посівної кампанії працівники зобов'язані дотримуватися правил охорони праці, вимог щодо роботи з технікою, посівним матеріалом та агрохімікатами. Для всіх учасників робіт передбачене забезпечення спецодягом, спецвзуттям та засобами захисту органів дихання і зору.

Для запобігання нещасним випадкам забороняється:

• готувати робочі розчини пестицидів без застосування спеціальної техніки та відповідного обладнання;

• перебувати в зоні можливого руху маркерів чи навісного обладнання під час маневрування агрегатів;

• обслуговувати одночасно дві або більше сівалки під час руху агрегату;

• проводити ручне завантаження сівалок до повної зупинки техніки та вимкнення двигуна.

Під час технічного обслуговування необхідно:

• замінювати чи регулювати робочі органи лише за умови повної зупинки машин, вимкненого двигуна, загальмованого агрегату та встановлених упорів, що запобігають раптовому опусканню обладнання;

• виконувати роботи з очищення за допомогою спеціальних пристроїв, у захисних рукавицях.

Під час роботи категорично забороняється:

• підніматися на техніку або сходити з неї під час руху;

• знаходитися на навісних сівалках;

• виконувати будь-які операції поблизу рухомих механізмів без попередньої їх зупинки.

Транспортування, зберігання та використання пестицидів повинні проводитися виключно відповідно до вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та чинних нормативів. Особлива увага приділяється профілактиці забруднення довкілля та захисту працівників від потрапляння хімічних речовин на шкіру й у дихальні шляхи.

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ

Сільське господарство є однією з найдинамічніших сфер людської діяльності, у межах якої взаємодія між природою та суспільством проявляється найбільш виразно. Тому дотримання екологічних норм у цій галузі має ключове значення для збереження природних ресурсів і забезпечення сталого функціонування аграрного сектору.

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва можна виокремити два головні напрями природоохоронних заходів:

1. захист довкілля та його компонентів від шкідливого впливу сільськогосподарської діяльності;
2. запобігання негативному впливу антропогенних факторів на об’єкти та процеси сільського господарства.

Правові основи екологізації аграрної сфери сформовані у ряді нормативно-правових актів України, зокрема у Земельному, Водному та Лісовому кодексах, Кодексі про надра, а також у законах «Про охорону земель», «Про тваринний світ», «Про охорону атмосферного повітря». Ці документи визначають базові принципи регулювання екологічної безпеки в аграрній сфері.

Найбільше антропогенне навантаження у сільському господарстві припадає на землі сільськогосподарського призначення. Відповідно до статті 22 Земельного кодексу України, до них належать ділянки, що використовуються для виробництва сільськогосподарської продукції, проведення дослідницької роботи, навчального процесу та розміщення відповідної інфраструктури.

Охорона таких земель включає комплекс правових, економічних, організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на раціональне використання територій, запобігання їх безпідставному вилученню з обігу, мінімізацію негативних впливів та забезпечення відновлення й підвищення родючості ґрунтів.

Стаття 23 Земельного кодексу визначає, що землі, які можуть використовуватися для потреб аграрного виробництва, повинні передусім надаватися саме для таких цілей. Для будівництва чи розміщення інших об’єктів слід використовувати

переважно несільськогосподарські угіддя або ділянки з меншою продуктивністю.

Одним із головних завдань правового регулювання є збереження та покращення родючості ґрунтів. Оскільки земля поступово втрачає свої продуктивні властивості, власники чи користувачі земельних ділянок зобов'язані впроваджувати заходи для її охорони. Стаття 37 Закону України «Про охорону земель» забороняє такі способи господарювання, які спричиняють погіршення якісного стану ґрунтів.

До комплексу заходів із підтримання та відновлення родючості належать:

• запобігання водній та вітровій ерозії;
• проведення меліоративних і рекультиваційних робіт на порушених землях;
• контроль за недопущенням забруднення ґрунтів токсичними речовинами;
• використання технологій ощадливого обробітку ґрунту;
• боротьба з нераціональним та неефективним використанням земельних ресурсів.

Особлива увага має приділятися застосуванню хімічних засобів захисту рослин. Інтенсивні технології вирощування культур спричинили широке використання пестицидів і мінеральних добрив. Хоча хімічний метод боротьби зі шкідниками є ефективним, його неправильне застосування може стати джерелом забруднення ґрунту, води й повітря.

Пестициди здатні проникати в організм людини через шкіру, органи дихання та травну систему, тому їх використання повинно відповідати нормам Закону України «Про пестициди і агрохімікати», а також вимогам щодо зберігання, транспортування та утилізації залишків препаратів.

Не менш суттєвим чинником екологічного ризику є надмірне внесення мінеральних добрив, особливо протягом тривалого періоду та у великих дозах. Це може спричинити накопичення нітратів у рослинній продукції, воді та ґрунтах і порушити природний баланс агроекосистем.

Раціональне застосування добрив, оптимальне використання засобів захисту рослин, чергування культур у сівозмінах, зменшення інтенсивності механічної обробки ґрунту та впровадження біологічних методів контролю шкідників є

ключовими елементами екологічно безпечного землеробства. Такий підхід забезпечує збереження родючості ґрунтів і сприяє стабільності природного середовища.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень узагальнено та вирішено наукове завдання щодо обґрунтування органічних основ сортової технології вирощування сої. На основі встановлених закономірностей впливу агрометеорологічних факторів зони достатнього зволоження, але нестійкого тепла Лісостепу України, розроблено ефективні технологічні заходи вирощування культури.

1. Встановлено позитивний вплив комплексу технологічних елементів (сидеральні добрива, інокуляція насіння та обприскування посівів біопрепаратом Хетомік) на формування надземної вегетативної маси сої. За цих умов висота рослин збільшувалася у сортів: Легенда — на 14,1 см, Анжеліка — на 14,9 см, Ксеня — на 16,8 см, Георгіна — на 18,2 см порівняно з контролем.
2. Інокуляція насіння швидкорослими штамами М-8, 634б, 614А та обприскування посівів Хетоміком на фоні сидерального добрива сприяли збільшенню площі листкової поверхні до: Легенда — 44,4 тис. м²/га, Анжеліка — 45,9 тис. м²/га, Ксеня — 52,8 тис. м²/га, Георгіна — 54,2 тис. м²/га, що забезпечувало підвищення фотосинтетичної активності посівів.
3. Внесення сидерального добрива поліпшувало водний режим ґрунту. У шарі 0–20 см вміст доступної вологи під час сівби був більший на 31,2%, а у фазу повних сходів — на 6,5% порівняно з контролем. Щільність складання шару 0–30 см зменшувалася на 0,02–0,06 г/см³, що позитивно позначалося на рості рослин.
4. Застосування сидерації та інокуляції насіння штамами 634б і 614А сприяло активізації азотфіксаційних процесів. Кількість активних бульбочок на 1 рослину зростала: у сорту Ксеня — до 80 шт., Георгіна — 68–77 шт., Легенда — 67–72 шт., Анжеліка — 68–70 шт.; маса бульбочок зростала від 2,8 до 8,4 г/рослину.
5. Інокуляція насіння штамами М-8, 634б і 614А підвищувала фотосинтетичну продуктивність. Максимальна площа листкової поверхні

формувалася у фазу наливу насіння і становила: Ксеня — 52,4 тис. м²/га, Анжеліка — 45,7, Легенда — 44,4, Георгіна — 54,2 тис. м²/га, що перевищувало контроль на 8,0–10,5 тис. м²/га.

6. Комплексне застосування сидеральних добрив, інокуляції та обприскування посівів Хетоміком сприяло збільшенню маси 1000 насінин: у сорту Ксеня — до 144,2 г (на контролі — 132,2 г), у сорту Георгіна — до 169,0 г (на контролі — 153,8 г).
7. Врожайність при інокуляції насіння штамами без сидерації становила: Легенда — 2,47 т/га, Ксеня — 2,79 т/га, Анжеліка — 2,71 т/га, Георгіна — 2,75 т/га. За використання сидерального добрива та інокуляції штамом 634б урожайність зростала до: Легенда — 2,73 т/га, Ксеня — 3,01 т/га, а при поєднанні сидерації, інокуляції штамом 614А і обприскування Хетоміком — до 2,95 т/га (Анжеліка) і 3,04 т/га (Георгіна).
8. Економічна ефективність досліджуваних технологічних елементів підтверджена високими показниками прибутковості. Вартість отриманої продукції становила: Ксеня — 23 520 грн/га, Легенда — 22 480 грн/га, Анжеліка — 22 640 грн/га, Георгіна — 24 320 грн/га. Чистий прибуток — відповідно 2 615, 3 338, 2 886 та 2 997 грн/га. Рівень рентабельності коливався у межах від 245,6 до 267,5%, а на кожну гривню додаткових витрат одержано 5,0–6,6 грн додаткового прибутку, що свідчить про високу окупність та доцільність впровадження досліджених елементів технології у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко С., Манько К., Усов О. Елементи удобрення ячменю ярого. *Пропозиція.* 2016. № 3. С. 82–85.
2. Антоненко О. Ф., Моханад. А. Ураженість сортів ярого ячменю твердою сажкою. *Агроном*. 2017. № 2. С. 88–91.
3. Артеменко С. Ярий та озимий ячмінь : порівняння продуктивності. *Пропозиція*. 2017. № 11. С. 94–98.
4. Баган А. В., Шакалій С. М., Юрченко С. О., Четверик О. О. Формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур. *Аграрні інновації*. 2024. № 19. С. 7–11.
5. Баштанник В. П. Ячмінь ярий: агротехніка, врожай і якість зерна. Київ : Знання, 1978. 89 с.
6. Баштанник В. П., Ломницький Я. Є. Ярий ячмінь. Львів : Каменяр, 1971. 56 с.
7. Бігуляк С. П. Формування посівів ярого ячменю за параметрами кількості рослин залежно від впливу технологічних факторів. *Новітні агротехнології.* 2013. № 1 (1). С. 18–26.
8. Бомба М. Я. Формування врожаю ярого ячменю в Україні. *Зернові культури*. 2001. № 2. С. 22–24.
9. Борисоник З. Б., Борсук О. М. Ярі колосові культури. Київ : Урожай, 1969. 158 с.
10. Вирощування ячменю ярого на еродованих ґрунтах / А. Горбатенко та ін. *Агробізнес Сьогодні*. 2016. № 23. С. 36–38.
11. Войтова Г. П. Вплив систем удобрення на урожайність ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу. *Зернові культури*. 2025. Т. 5, № 1. С. 72–77.
12. Гайденко О. М., Іщенко В. А., Козелець Г. М. Ефективне вирощування ячменю ярого. *Агробізнес Сьогодні*. 2016. № 3. С. 26–33.
13. Гамаюнова В. В., Каращук Г. В., Каращук С. В. Вплив добрив на врожайність та технологічні показники якості ярих зернових культур на Півдні України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2007. № 41. С. 78–85.

14. Гирка А. Д., Ткаліч І. Д., Сидоренко Ю. Я. Реакція ярого ячменю на мульчування добрива та ширину міжрядь. *Агроном*. 2017. № 2. С. 92–96.
15. Гораш О. С. Базальна зона рослин ячменю залежно від глибини заробки насіння. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 8. С. 39–41.
16. Гораш О. С. Вплив норм висіву, мінерального удобрення на ріст і розвиток ячменю. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 9. С. 32–35.
17. Гораш О. С., Климишена Р. І. Формування урожайності зерна ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 25–27
18. Губернатор В. С. Ячмінь. Київ : Урожай, 1973. 156 с.
19. Демидов О. Перспективний ячмінь. *Farmer*. 2017. № 3. С. 118–120.
20. Демидов О., Гудзенко В. Нові сорти ячменю ярого. *Пропозиція*. 2016. № 4. С. 50–51.
21. Демидов О., Гудзенко В. Ячмінь ярий: реалізація потенціалу продуктивності. *Пропозиція*. 2017. № 2. С. 66–69.
22. Жемела Г. П., Мусатов А. Г. Агротехнічні основи підвищення якості зерна. Київ : Урожай, 1989. 160 с.
23. Загинайло М. Сортові ресурси ячменю ярого. *Пропозиція*. 2005. № 12. С. 64–68.
24. Заєць С., Онуфран О. Особливості вирощування ячменю ярого на Півдні. *Пропозиція.* 2015. № 12. С. 64–67.
25. Іщенко В., Козелець Г., Гайденко О. Вимоги до вирощування ячменю ярого. *Агробізнес Сьогодні*. 2020. № 9. С. 38–40.
26. Іщенко В., Козелець Г., Умрихін Н. Вплив мінеральних добрив на продуктивність ячменю ярого. *Пропозиція. Спецвипуск*. 2018. № 4. С. 36–38.
27. Камінська В., Дудка О. Як отримати високоякісне зерно ячменю ярого. *Аграрний Тиждень. Україна*. 2016. № 12. С. 48–51.
28. Кирилюк В. П., Кричківський В. М. Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту під ячмінь ярий. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 45–47.
29. Кирпа М. Якісне насіння - високий урожай. *Зерно*. 2017. № 2. С. 270–273.

30. Козелець Г., Іщенко В., Гайденко О. Коли в планах сіяти ячмінь. *Агробізнес Сьогодні*. 2018. № 4. С. 49.
31. Конопольський О., Драбанюк В. Технологічні аспекти вирощування ярого ячменю. *Пропозиція*. 2009. № 4. С. 60–68.
32. Кочмарський В. С., Гудзенко В. М., Василенко Н. В. Ячмінь ярий. *Насінництво*. 2013. № 3. С. 5–11.
33. Куфель А. В. Залежність продуктивності колоса ячменю за кількістю зерен від впливу строків сівби та норм насіння. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 78–80.
34. Литвиненко М. А. Селекційне вдосконалення зернових культур. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 12. С. 30–32.
35. Лихочвор В. В., Гораш О. С., Потопляк О. І. Урожайність ячменю залежно від елементів інтенсифікації технології вирощування. *Агроном*. 2018. № 1. С. 112–114.
36. Манько К., Музафаров Н. Ячмінь ярий: сучасні технології вирощування *Агробізнес Сьогодні*. 2012. № 9. С. 33–37.
37. Мусатов А. Г. Ранні зернофуражні культури. Київ: Урожай, 1992. 112 с.
38. Накльока Ю. І., Єщенко В. О. Забур'яненість посівів ячменю після різних способів та глибин основного обробітку ґрунту. *Агроном*. 2006. № 4. С. 120–121.
39. Накльока Ю. І., Єщенко В. О. Формування запасів ґрунтової вологи та їх використання ячменем ярим за різного основного обробітку чорнозему опідзоленого. *Збірник наук. пр. Уманського ДАУ*. Умань, 2007. Вип. 64. С. 7–13.
40. Онуфран Л. І. Водоспоживання ячменю ярого за різних умов вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 144–148.
41. Продуктивність ячменю ярого (hordeum vulgare l.) Залежно від сорту та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України / З. Панчишин та ін. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 148–158.
42. Рекомендовані ячмені для підсіву та пересіву. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 1. С. 18.

43. Романюк В. І. Формування високопродуктивних посівів ячменю ярого залежно від факторів інтенсифікації в умовах Лісостепу Правобережного. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 9. С. 79–84.
44. Рослинництво. Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур : навч. посіб. / М. А. Білоножко та ін. Київ : Вища школа, 1990. 292 с.
45. Сенчук С. М., Крикунова О. В. Ефективність біологічно активних препаратів за вирощування ячменю ярого. *Землеробство*. 2009. Вип. 81. С. 33–38.
46. Скидан В., Попов С. Умови інтенсивного росту ячменю ярого *Агробізнес Сьогодні*. 2013. № 23. С. 20–21.
47. Сорока Ю. Ярий ячмінь і овес. *АгроПерспектива*. 2005. № 4. С. 22–24.
48. Ткачук Ю. С. Урожай і якість зерна ячменю ярого залежно від фонів живлення і строків збирання в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2010. Вип. 52(1). С. 124–130.
49. Цилюрик О. І., Шапка В. П. Вплив агротехніки на ріст і розвиток ячменю ярого. *Агробізнес Сьогодні*. 2017. № 4. С. 78–81.
50. Цилюрик О. І., Шапка В. П. Обробіток ґрунту під ярий ячмінь в умовах Північного Степу. *Агроном*. 2017. № 4. С. 60–62.
51. Чорнобай С. В., Рожков А. О. Урожайність ячменю ярого за впливу норми висіву та застосування позакореневих підживлень біопрепаратами і мікродобривами. *Збірник наук. пр. Уманського НУ*С. 2014. Вип. 85, ч. 1. С. 35–39.
52. Ячмінь / А. В. Кононюк та ін. Київ : Урожай, 1986. 144 с.