МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра біології

Допущено до захисту

«____» _____2023 р.

Зав. кафедри_____
(вчене звання, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра

ФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ СОЇ ЗА ІНОКУЛЯЦІЯ НАСІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Виконав: студент 2 курсу,
групи 21м-б
спеціальності 091 Біологія
Руслан НАТАЛЬЧУК

Керівник: Ірина ЛЕОНТЮК

Умань - 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	5
1.1. Продуктивність сої залежно від застосування мікробних препаратів та регуляторів росту	5
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ОБЛІКІВ І СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ДОСЛІДІ	12
2.1. Грунтово-кліматичні умови	12
2.2. Характеристика об'єктів дослідження	16
2.3. Методика досліджень	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
3.1. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток рослин сої та тривалість фенологічних фаз	19
3.2. Динаміка висоти рослин сої	21
3.3. Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сої	22
3.4. Вміст хлорофілу в листках сої залежно від інокуляції насіння біопрепаратами	24
3.5. Формування симбіотичної продуктивності рослин сої	27
3.6. Формування продуктивності та урожайності сої	30
3.7. Якісні показники зерна сої	33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	38
ВИСНОВКИ	41
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТКИ	49

ВСТУП

Соя займає перше місце у світовому виробництві рослинної олії, яка засвоюється організмом людини на 98 %. Вона відзначається високим вмістом білка й олії та високими поживними якостями. У насінні сої міститься 30-45 % білків, 13-26 % олії, 20-32 % вуглеводів, а також мінеральні речовини, вітаміни, ензими тощо. Вона має антисклеротичні властивості, знижує вміст холестерину в крові, позитивно діє на функціонування мозку, покращує зір, зменшує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, раку молочної залози та остеопорозу [1].

Стале нарощування виробництва насіння сої в господарствах Лівобережного Лісостепу України дасть змогу не лише покращити забезпеченість галузей народного господарства цінною сировиною, але й зменшити собівартість продукції за рахунок включення в біологічний кругообіг атмосферного азоту.

Актуальність теми. За останні роки виробництво зерна сої в Україні набуло стрімкого поширення і відповідно збільшуються площі її посіву [2]. Основним стримуючим фактором зростання валових обсягів вирощування культури є нестабільна врожайність за роками. Проте останніми роками в погодних умовах нашої країни відбуваються суттєві зміни, які вносять значні корективи в аграрне виробництво. Зміна клімату в сторону потепління, зменшення кількості атмосферних опадів, часті ґрунтові та повітряні посухи вводять рослини сої в стресовий стан. Це позначається на низьких показниках продуктивності культури [3]. Тому вивчення впливу інокуляції насіння біологічними препаратами на фізіологічні показники та формування врожайності сої є актуальними питанням.

Мета досліджень полягала у встановленні особливостей росту й розвитку рослин, формування продуктивності посівів сої залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – процеси росту й розвитку рослин, функціонування фотосинтетичного та симбіотичного апаратів, формування врожайності та якості насіння сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами Ризогуміном, Різолік Топ, Ризоактив, БіоМаг Соя.

Предмет дослідження – – сорт сої Азюра, біологічні препарати, фотосинтетичні й симбіотичні параметри рослин, продуктивність і якість насіння.

Методи досліджень. *Візуальний* – для проведення фенологічних спостережень за фазами росту й розвитку рослин сої; вимірювально-ваговий – для визначення висоти рослин, структури врожаю; метод висічок – для обліку площі листової поверхні посівів сої; метод монолітів – для визначення розмірів симбіотичного апарату сої; фізіологічний – для встановлення показників фотосинтетичної та симбіотичної продуктивності посівів сої; біохімічний – для визначення показників якості насіння, вмісту хлорофілу; математично-статистичний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності елементів технології вирощування сої.

Наукова новизна полягає у вирішенні важливого завдання щодо обґрунтування елементів технології використання біологічних препаратів при обробці насіння сої в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень обговорювались на засіданні наукового гуртка кафедри біології, а також на секційному засіданні науково-студентській конференції і були опубліковані в Збірнику студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва. Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин. Умань. 2023. С. 57 – 59.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Продуктивність сої залежно від застосування мікробних препаратів та регуляторів росту

Соя – основне джерело рослинного білка та олії. За даними ФАО, Продовольчої та сільськогосподарської організації, норма споживання білка має становити 12% загальної калорійності добового раціону людини, або 90– 100 г, зокрема 60–70% білка тваринного походження. Проблема отримання рослинного білка стала відчутно гострою у межах світового масштабу. Цю проблему можна вирішити за рахунок вирощування зернобобових культур. Бобові культури в системі землеробства відіграють важливу роль, яка пов'язана з їх властивістю фіксувати за допомогою бульбочкових бактерій роду Rhizobium атмосферний азот повітря і збагачувати ним ґрунт [4]. Тому обробка насіння цими мікроорганізмами є ефективним і необхідним заходом, який впливає на розвиток рослин упродовж усього онтогенезу [5].

Бульбочкові бактерії бобових рослин першими почали використовуватися для виготовлення біодобрива, оскільки вони виявляються візуально та забезпечують доволі високий рівень накопичення азоту, зокрема, 70–280 кг/га – у сої, до 40–70 – у горосі, до 200–350 кг/га – у люцерни на другому році культивування тощо [6].

За встановленими даними, до 70% загального споживання азоту соя отримує за рахунок біологічної фіксації його з повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями [7, 8]. Унаслідок цього вона засвоює значну кількість азоту, використовує малодоступні важкорозчинні для злакових культур мінеральні сполуки та залишає з пожнивними рештками стільки поживних речовин, скільки міститься в 15–20 тоннах гною [9]. Річні обсяги біологічної фіксації азоту соєю із атмосфери в США становлять 5,8 млн т, у Бразилії – 4,1, в Аргентині – 3,4, у Китаї – 1,6 млн т [10]. Це аналогічно роботі потужних заводів із виробництва азотних добрив. Однак існуючі в ґрунті природні ризобії менш «ефективні», аніж спеціально виведені сучасні штами, які у високій концентрації

присутні у рістстимулюючих бактеріальних препаратах. Тому суттєвий вплив на формування продуктивності сої має фактор «інокуляції» насіння [11]. За результатами досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, інокуляція забезпечує приріст урожайності насіння сої на 0,3–0,4 т/га [12].

За даними Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України, застосування інокулянта на основі Bradyrhizobium japonicum у технології вирощування сої на різних фонах удобрення сприяло підвищенню продуктивності сої на 0,34–0,50 т/га, або 14–18% [13]. Інокуляція – це екологічно безпечна та економічно вигідна технологія азотфіксації [14], яка полягає в обробці насіння препаратом, що містить бульбочкові бактерії роду Rhizobium, які утворюють симбіоз із рослинами. Інокуляція впливає на формування симбіотичного апарату, сприяє підвищенню продуктивності рослин, поліпшенню якості продукції, зменшує пестицидне навантаження на навколишнє середовище [15, 16].

Виробництво та впровадження інокулянтів є менш витратним, ніж мінеральних добрив. Водночас слід урахувати, що завдяки біологічній азотфіксації бульбочковими бактеріями у ґрунті під наступну культуру залишається 35–55 кг азоту [17]. Соя у середньому залишає близько 60– 150 кг/га біологічного азоту (використовується наступними культурами на 90–100%, тоді як мінеральний – на 50–60%), 20–25 кг/га фосфору та 30– 40 кг/га калію [18].

Інокуляція необхідна, якщо бобові культури не вирощувались на полі впродовж 2–3 років. Завдяки обробці насіння сої перед сівбою бактеріальними препаратами, які виготовлені на основі штамів бульбочкових бактерій, під час вегетації на коренях рослин значно інтенсивніше утворюються бульбочки, через які і відбувається азотфіксація [19].

Застосування біологічних агрозасобів вважають ознакою високорозвиненої економіки країни. Від цього залежать обсяги виробництва удобрювальних, захисних і стимулюючих біопрепаратів. Так, в Австралії виробляють близько для 6 млн га біопрепаратів, у Канаді – 4 млн, Угорщині –

понад 200 тис., Великобританії, Югославії, Румунії та Польщі – по 500 тис., Індії – 3 млн, в Україні – близько 200 тис. га порцій біопрепаратів [20].

Соєві бульбочкові бактерії, що живуть на коріннях рослин, відсутні у більшості типів ґрунтів. За інокуляції насіння на коренях сої формуються бульбочкові бактерії, які після збирання врожаю залишаються у ґрунті життєздатними упродовж 3–5 років. Якщо сою вирощують на полі вперше, для одержання високого врожаю необхідно провести інокуляцію насіння бульбочковими бактеріями роду Rhizobium, які у результаті симбіозу з культурою забезпечують рослини фіксованим атмосферним азотом у формі органічних сполук і необмеженій кількості в найбільш необхідний період росту і розвитку рослин, що дає можливість формувати стабільні та екологічно безпечні врожаї [21]. Для кожного виду бобових виводиться свій особливий штам бактерій, на який рослина реагує утворенням бульбочок. Так, соя реагує лише на азотфіксувальні бактерії Bradyrhizobium japonicum [22].

Активні ризобії за умови правильної інокуляції насіння та ефективного штаму бактерії здатні фіксувати до 250 кг/га доступного рослинам азоту за період вегетації сої, з яких 150 засвоюється самою рослиною сої, а до 100 кг залишається у пожнивних рештках для наступних культур у сівозміні. На відміну від мінеральних добрив, симбіотична азотфіксація є процесом, який регулює сама культура. Азот потрапляє в рослину за потреби, а в критичні фази розвитку культури у максимальній кількості. Крім того, завдяки фіксованому біологічному азоту в ґрунті підвищується його родючість та активізується ґрунтова мікрофлора. Якщо насіння сої оброблено якісним інокулянтом і висіяне у вологий ґрунт, то бульбочкові бактерії здатні фіксувати достатню для нормального розвитку рослин кількість атмосферного азоту [23].

Одним із стратегічних напрямків сучасного землеробства є використання біологічних джерел відтворення родючості ґрунту та одержання екологічно безпечної продукції рослинництва. Важливу роль у цьому аспекті мають бактеріальні добрива – мікробні препарати поліфункціональної дії для

забезпечення біологічної азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції в ризосфері рослин і захисту їх від патогенів і фітофагів [24 – 27].

На сьогодні мікробні препарати створено для більшості видів сільськогосподарських культур, визначено умови їх ефективного застосування, проведено низку необхідних для їх рекомендації у виробництво заходів, включно з виробничою перевіркою. Бактеріальні препарати містять в собі стимулятори росту рослин біологічного походження, які суттєво підвищують коефіцієнт використання добрив. Стимулятори росту, що містяться в мікробних препаратах, сприяють розростанню кореневої системи рослин і підвищенню її адсорбуючої активності, внаслідок чого відбувається засвоєння елементів живлення [28].

Використання біопрепаратів повинно здійснюватись з урахуванням екологічних факторів, видового складу сапротрофних і патогенних мікроорганізмів, ґрунтово-кліматичних характеристик регіону, а також взаємовідносин, які виникають між аборигенними і інтродукованими мікроорганізмами. Недооцінка здатності мікроорганізмів колонізувати кореневу зону рослин, приживатися в ній і витісняти патогенну мікробіоту призводить до відсутності позитивного ефекту від застосування біологічних препаратів [29].

Одним із шляхів вирішення проблеми є застосування бактеріальних препаратів поліфункціональної дії, які мають ряд переваг: поліпшують мінеральне живлення рослин, накопичують біологічний азот у ґрунті, приводять до зниження темпів розкладання гумусових речовин, покращують структурованість ґрунту, зменшують випаровування вологи ґрунту і масштаби ерозії. Бактеріальні препарати дозволяють одержати екологічно чисту продукцію, тому що містять природні ефективні штами, які не здатні викликати у людини віддалені генетичні наслідки подібно до неприродних хімічно синтезованих засобів. Одним із важливих наслідків використання бактеріальних препаратів поліфункціональної дії є також зниження рівня захворюваності рослин, що дозволить зменшити застосування пестицидів і тим самим поліпшити екологічну ситуацію в агрофітоценозах [30].

На сьогоднішній день одним із найкращих інокулянтів є препарат Оптімайз, який сприяє швидкому заселенню кореневої системи бактеріями-азотфіксаторами, утворенню бульбочок на коренях незалежно від умов середовища, поліпшує проростання, розвиток кореневої системи, прискорює ріст рослин сої [31].

На нашу думку, передпосівна інокуляція насіння сої повинна стати основним агротехнічним заходом ресурсо- та енергозберігаючої технології вирощування цієї сільськогосподарської культури [32].

Зростаючі потреби сучасного сільськогосподарського виробництва визначають необхідність пошуку нових шляхів та способів підвищення урожаю і його якості. Важливим компонентом сучасних технологій рослинництва стають регулятори росту рослин [33].

Інтерес до цієї групи сполук обумовлений широким спектром їх дії на рослини, можливістю спрямовано регулювати окремі етапи росту й розвитку з метою мобілізації потенціальних можливостей рослинного організму, а відповідно – для підвищення урожайності і якості сільськогосподарської продукції [34].

Ці препарати екологічно безпечні, сприяють інтенсифікації фізіологічно-біохімічних процесів у рослин, підвищують їхню стійкість до захворювань і позитивно впливають на стан мікробного угрупування ґрунтів [35].

Роль регуляторів росту рослин різко збільшилася в зв’язку з широким упровадженням інтенсивних технологій виробництва сільськогосподарських культур. У багатьох країнах світу розроблено національні програми щодо регуляторів росту рослин, що стимулювало створення нового покоління екологічно чистих і високоефективних препаратів спрямованої дії [33].

Широке застосування регуляторів росту суттєво обмежується деякими питаннями: виявлення специфіки дії препаратів залежно від сорту культури, норм і термінів застосування.

Тому вивчення впливу на ріст, розвиток та формування урожайності насіння сої на основі розробки норм та регламенту застосування регуляторів

росту є актуальним питанням. Крім того, використання регуляторів росту в технологічному процесі вирощування сої дасть змогу розробити рекомендації, які є необхідними для аграрного сектору України [36].

На думку М. А. Бобро та інших [37], застосування регуляторів росту рослин сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і поліпшенню якості продукції, відіграючи при цьому не менш важливу роль, ніж використання мінеральних добрив або засобів захисту рослин. Рекомендована норма регуляторів росту за ефективністю прирівнюється до дії повних мінеральних добрив із дозою внесення 30–40 кг/га діючої речовини, що сприяє зниженню потреб у добривах до 20% [38].

Завдяки регуляторним механізмам підсилюється розвиток листкової поверхні. Регулятори росту активізують основні процеси життєдіяльності рослин: мембранні процеси, поділ клітин, ферментативні системи, фотосинтез, процеси дихання і живлення, створюється розгалужена коренева система, яка має набагато більшу поглинальну здатність. Вони також сприяють підвищенню біологічної господарської ефективності рослинництва, зниженню вмісту нітратів, іонів важких металів і радіонуклідів. Завдяки регуляторам росту рослин інтенсифікується розвиток азотфіксуючих і фосфатмобілізуючих бактерій [39].

Головною умовою ефективності застосування регуляторів є дотримання основних вимог щодо їх застосування і дотримання технології вирощування культури. Відхилення від цих вимог призводить до різкого зниження ефективності регуляторів росту, що відбивається на рівні врожайності [40].

В умовах несприятливої вологості ґрунту окремі регулятори росту покращують надходження елементів мінерального живлення в надземні органи, стабілізують транспортування метаболітів з листя в корені, що сприяє більш повному забезпеченню надземних органів елементами мінерального живлення [40].

Обробка насіння сої різними регуляторами росту сприяла збільшенню врожайності на 0,30–0,49 т/га, або на 15,8–33,7% [41].

За іншими даними, стимулятори росту на фоні інокуляції насіння сприяли підвищенню врожайності сої на 16–18%, вмісту білка – на 1,8–2,5% [42].

Позитивна дія регуляторів росту рослин має дуже широкий спектр, насамперед, це регуляція ростових і репродуктивних процесів рослин на різних етапах онтогенезу, підвищення рівня урожайності, покращення його якості, підсилення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища – високих і низьких температур, нестачі вологи, ураження хворобами і шкідниками, нівелювання пестицидного навантаження. Результати досліджень свідчать про те, що нові регулятори росту здатні підвищувати врожай основних польових культур на 10–30% [43].

Розвиток симбіотичного потенціалу сої можна регулювати шляхом застосування певних елементів технології, зокрема проведенням передпосівної бактеризації насіння за використання активних штамів бульбочкових бактерій, застосування мікродобрив і стимуляторів росту рослин [44].

Обробка посівів сої препаратами на основі мікроорганізмів – антагоністів фітопатогенів забезпечує захист рослин від грибкових та бактеріальних захворювань.

Біологічні препарати вибірково впливають на чисельність популяції та активність патогенів, шкідників та паразитів, мають високу селективну дію, спричиняють мінімальні порушення структури біоценозів, зручні для виробництва і мають невичерпні ресурси для постійного нарощування обсягів, забезпечують якість сировини, що відповідає стандартам. Використання засобів біологічного захисту рослин дають можливість на 15–20% підвищити урожайність за одночасного зниження загальних витрат до 50% [45].

Тому, підсумовуючи аналіз літературних джерел слід відмітити, що застосування біологічних препаратів в посівах сої є актуальним питанням, оскільки дані препарати є екологічно безпечними і не потребують додаткових матеріальних ресурсів.

Таблиця 2.1

Роки	Місяці												За рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Середньомісячна температура повітря, ºС													
2023	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	18,4				
Середнє багаторічне	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5	8,3	2,8	-1,8	8,8
Опади, мм													
2023	6	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	4,2				
Середнє багаторічне	38	34	36	41	52	81	68	49	61	43	43	40	586
Відносна вологість повітря, %													
2023	89	81	72	80	56	64	68	65	62				
Середнє багаторічне	86	85	82	68	64	66	67	68	73	80	87	88	76

2.2. Характеристика об'єктів дослідження

В своїх дослідженнях ми використовували біопрепарати мікробного походження, зокрема: Ризогумін, Різолік Топ, Ризоактив, БіоМаг Соя.

Ризогумін - до складу препарату входить суспензія бульбочкових бактерій сої *Bradyrhizobium japonicum* 46 і М-8, титр - не менше 3 млрд на 1 г препарату, а також розчин фізіологічно активних речовин біологічного походження (ауксини, цитокініни, амінокислоти, гумінові кислоти) та мікроелементи в хелатній формі. Норма витрату 200 г/га [48].

Різолік Топ - містить штами бульбочкових бактерій: *Bradyrhizobium japonicum Semia 5*079 та Semia 5080, титр життєздатних клітин бактерій не менше 1×10^9 КУО в 1 мл біопрепарату, максимально збільшує нодуляцію та біологічну фіксацію азоту. Унікальний процес формуляції з включенням осмопротекторних речовин (Технологія ТОП) зміцнює бактерії, підвищує їх концентрацію та здатність довше виживати на насінні, це дозволяє проводити обробку насіння заздалегідь, запобігаючи тим самим логістичним проблемам під час посіву. Норма застосування 150 мл/га [49].

Ризоактив - основою препарату є симбіотичні азотфіксувальні бактерії *Bradyrhizobium japonicum* eko/001, *Bradyrhizobium japonicum* eko/002, *Bradyrhizobium japonicum* eko/003. титр бактеріальних клітин в 1 мл/г препарату $1\cdot10^{10}$ кл/мл/г. Бульбочкові бактерії, які є біоагентами препарату, вступають у симбіотичні відносини з кореневою системою сої. Завдяки роботі фермента нітрогенази бактерії фіксують атмосферний азот та сприяють його надходженню в рослинний організм у доступній для засвоєння формі. Норма витрати – 2л/т [50].

БіоМаг Соя - культура живих азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* штаму LZ 21 та LZ18-ГМ з титром не менше $5x10^9$ КУО/мл та продуктів їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни). Дія біопрепарату полягає у здатності корисних мікроорганізмів, що містяться в ньому, засвоювати азот з атмосферного повітря та переводити його в доступні для рослин форми, симбіотичними зв'язками з рослиною забезпечувати

її дешевим екологічно чистим азотом, формувати більш розвинену кореневу систему, збуджувати зріст рослин та придушувати розвиток фітопатогенної мікрофлори - збудників хвороб рослин в наслідок конкурентного домінування. Бульбочкові бактерії препарату мають унікальну симбіотичну спорідненість до сої, завдяки чому досягається гарантовано стабільний ефект. Норма витрат – 2,5 л/т [51].

Сорт сої **Азюра** - належить до середньостиглих сортів, внесений в державний реєстр в 2020 році. Тривалість періоду вегетації складає 114 - 119 діб. Висота рослини - 71,3 - 89,5см. Стійкість до вилягання 8 балів. Стійкість до обсипання 8 балів. Стійкість до посухи 7-8 балів. Стійкість проти пероноспорозу 8 балів. Стійкість проти аскохітозу 8 балів. Стійкість до бактеріозу 8 - 9 балів. Стійкість проти септоріозу 8 балів. Стійкість проти фузаріозу 9 балів. Вміст білка - 37,2 - 41,8%. Вміст олії - 21,3 - 24% [52].

Схема досліду:

1. Контроль (без обробки препаратами)
2. Ризогумін – 2 л/т
3. Ризолік Топ – 1,5 л/т
4. Ризоактив – 2 л/т
5. БіоМаг Соя – 2,5 л/т.

2.3. Методика досліджень

Обліки та спостереження виконували за наступними методиками:

1. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин виконували згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [53] та «Основ наукових досліджень в агрономії» [54].

2. Відмічали фази росту рослин: сходи, бутонізація, початок цвітіння, кінець цвітіння, повний налив насіння, фізіологічна стиглість. Початок фази відмічали, коли вона наставала в 10% рослин, повну – у 75% рослин; – висоту рослин

визначали шляхом проведення замірів на закріплених кілочками 25 рослинах у 3-разовій повторності у двох несуміжних повтореннях [55];

3. Оцінку фотосинтетичної діяльності проводили за наступними показниками: площа листкової поверхні, вміст хлорофілу [55];

4. Оцінку роботи симбіотичного апарату проводили за такими показниками: загальна кількість бульбочок,

5. Перед збиранням насіння відбирали пробні снопи з кожного варіанту для визначення структури та індивідуальної продуктивності рослин.

6. Облік урожаю проводили поділянково методом суцільного обмолоту прямим комбайнуванням з наступним перерахунком на стандартну вологість та засміченість насіння [53];

– масу 1000 насінин визначали за стандартом ДСТУ 4138-2002 [56];

– математичну обробку отриманих результатів досліджень виконували методом дисперсійного аналізу на персональному комп'ютері із використанням спеціальних пакетів прикладних програм Excel, Sigma, Statistika;

– за отриманими результатами насіннєвої урожайності сої розраховували економічну ефективність її вирощування залежно від проведення інокуляції біологічними перпаратами.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток рослин сої та тривалість фенологічних фаз

При вирощуванні сільськогосподарських культур важливе значення має оцінка ростових процесів, на які впливають природні та агротехнічні чинники і, за допомогою регулювання яких можна підвищувати продуктивність рослин. Численними дослідженнями доведена необхідність вивчення ефективності біопрепаратів щодо приросту врожайності, основою якого є висвітлення питань інтенсивності продукційних процесів, диференціації біометричних та фенологічних параметрів агроценозів, економікоенергетичної ефективності технологій вирощування, екологічного стану довкілля під впливом окремих агротехнологічних заходів [57].

Схожість насіння залежить від густоти посіву та рівномірності розподілу по стеблу. Вирівняність насіння формується в процесі вирощування і значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування, передпосівної обробки насіння.

В наших умовах передпосівна обробка насіння позитивно впливала на польову схожість насіння сої сорту Азюра. Польова схожість зростала відносно контролю залежно від досліджуваних препаратів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Вплив біопрепаратів на польову схожість та густоту стояння рослин у період вегетації

Варіант досліду	Густота стояння рослин, тис./га		Польова схожість насіння, %	Виживання рослин % до кількості сходів
	повні сходи	повна стиглість		
Контроль (без обробки препаратами)	565	537	86,9	95,0
Ризогумін	645	640	99,3	99,5
Ризолік Топ	614	601	94,4	97,8
Ризоактив	620	611	95,8	96,6
БіоМаг Соя	629	618	97,7	97,9

Максимальна схожість насінин була 99,3% і відмічена у варіанті, де проводилася обробка насіння Ризогуміном, за обробки насіння БіоМаг Соя схожість насіння становила 97,7%, що також значно перевищувало контрольний варіант. Обробка насіння Ризолік Топ та Ризоактив забезпечило польову схожість насіння на рівні 94,4 та 95,8%. Як видно, фізіологічно активні речовини, які входять до складу Ризогуміну та БіоМаг Сої забезпечили активний старт насінню, що і мало такий хороший результат.

За вирощування сої важливе значення має виживання рослин за весь період вегетації, тому що від цього показника залежить у подальшому формування продуктивності та отримання врожаю. У результаті проведених нами досліджень було встановлено, що виживання рослин сої сорту Азюра залежать від передпосівної обробки насіння та погодно-кліматичних умов вирощування, що сформувались. У ході проведених нами досліджень було встановлено, що найвищий відсоток виживаності рослин відмічено у варіанті за передпосівної обробки Ризогуміном. Передпосівна обробка насіння підвищила збереженість рослин у період веґетації культури на 3,7-4,5% залежно від досліджуваних препаратів. У фазі повної стиглості кількість рослин у контрольному варіанті становила 537 тис./га, застосування препарату Ризолік Топ збільшило даний показник на 64 тис./га, внесення Ризоактиву на 74 тис./га. Максимальна кількість рослин на 1 га була за передпосівної обробки насіння Ризогуміну та БіоМаг Соя і перевищувала контрольний варіант на 103 та 80 тис./га.

Отже, обробка насіння бульбочковими бактеріями є ефективним прийомом щодо підвищення схожості насіння сої шляхом активації окисно-відновних процесів у насінні. Підвищення активності ферментів сприяє зниженню стресу насінини та активізації проростання, в свою чергу підвищує схожість насіння сої до 94,4–99,3%. Інокуляція насіння сприяє підвищенню стійкості рослин до стресів та виживаності рослин у період веґетації культури на 3,7-4,5%.

3.2. Динаміка висоти рослин сої

За даними І.С. Поліщук, однією із головних ознак, що визначає ріст і розвиток рослин, є висота. Тому відомості про темпи росту і розвитку рослин сої в онтогенезі дають можливість своєчасно впливати на процес формування високої продуктивності культури. Висота рослин є одним з важливих біометричних показників росту сої. Залежно від технологічних прийомів і погодних умов вирощування даний показник може змінюватись [58].

Аналіз динаміки росту стебла рослин сої дає можливість встановити залежність ростових процесів від передпосівної обробки насіння.

Дослідженнями встановлено, що висота рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння збільшувалася упродовж усього вегетаційного періоду і досягла свого максимуму в фазі повної стиглості (табл. 3.2).

У фазі 3-й трійчастий листок висота дослідних рослин сої несуттєво варіювала залежно від передпосівної обробки насіння, хоча всі досліджувані препарати позитивно впливали на показник висоти рослин в порівнянні з контрольним варіантом.

Таблиця 3.2

Динаміка висоти рослин сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, см, 2023 р.

Варіант досліду	Фаза росту і розвитку рослин				
	3-й трійчастий листок	Початок цвітіння	Кінець цвітіння	Наливання насіння	Повна стиглість
Контроль (без обробки препаратами)	16,1	40,8	71,7	85,2	93,2
Ризогумін	19,5	55,3	98,9	114,8	115,7
Ризолік Топ	17,9	49,1	87,6	102,1	109,7
Ризоактив	18,3	51,2	90,5	106,6	112,7
БіоМаг Соя	18,7	53,7	94,8	110,4	119,5

У фазу початок цвітіння висота рослин в контролі становила 40,8 см, а за використання Ризогуміну зросла до 55,3 см, що перевищило контрольний варіант на 14,5 см. Використання БіоМаг Соя забезпечило збільшення висоти рослин сої до 13 см. Дещо нижчі показники висоти рослин відмічалися в варіантах, де проводилася обробка насіння Ризолік Топ та Ризоактивом, але і в даних варіантах висота рослин перевищувала контрольний варіант на 8,3 та 10,4 см.

У фазі наливання насіння висота рослин сої становила 85,2 см в контролі, а за використання біопрепаратів висота зростала на 16,9 - 29,6 см залежно від досліджуваних препаратів. Найбільшого значення досягла висота рослин в фазу повної стиглості і становила в контролі 93,2 см, за обробки насіння біопрепаратами вона значно перевищувала контроль, особливо в варіантах із застосуванням БіоМаг Соя та Ризогумін, що становило 119,5 та 115,7 см відповідно. Тенденція до збільшення висоти рослин була відмічена і в варіантах з застосуванням Ризолік Топ та Ризоактив, що перевищувало контрольний варіант на 16,5 та 19,5 см.

Таким чином, обробка насіння біопрепаратами значно зміцнює кореневу систему рослин, що в свою чергу стимулює ростові процеси сої. Найбільші показники висоти відмічалися при інокуляції насіння Ризогуміном і БіоМаг Соя.

3.3. Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сої

Невід'ємною умовою отримання високих урожаїв сої є наявність оптимальної площі листкової поверхні та збільшення синтезованої нею органічної речовини.

Забезпечуючи більш рівномірний розподіл рослин площі живлення і оптимізуючи площу живлення кожної рослини можна досягти максимальної ефективності її функціонування і засвоєння більшої частки фотосинтетичної активної радіації. Тож дослідження спрямовані на визначення оптимальних параметрів елементів технології вирощування сої, що забезпечують формування максимальної площі листкової поверхні і ефективне її функціонування є

актуальним оскільки це є основним шляхом підвищення рівня реалізації генетичного потенціалу продуктивності посівів сої.

Невелика площа листкової поверхні є причиною недостатнього використання фотосинтетично-активної радіації, у той же час занадто велика їх площа призводить до взаємозатінення листків і, тому значна їх частина у нижньому ярусі обпадає. Згідно з результатами багатьох досліджень, оптимальною площею листкової поверхні, за якої формується найвища врожайність насіння сої, становить 40–50 тис м^2/га. Рівень цього показника залежить від морфобіотипу сортів, погодних умов вегетації, характеру розподілу рослин посівною площею [59].

Результати наших спостережень за динамікою наростання площі листкової поверхні рослин показують, що наростання листкового апарату в усіх варіантах досліду найінтенсивніше відбувалося в фазі наливання насіння (табл. 3.3)

Таблиця 3.3

Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сортів сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, тис. м^2/га, 2023 р.

Варіант досліду	Фаза росту і розвитку рослин				
	3-й трійчастий листок	Початок цвітіння	Кінець цвітіння	Наливання насіння	Повна стиглість
Контроль (без обробки препаратами)	7,2	19,5	27,7	29,2	18,8
Ризогумін	9,9	23,8	35,1	38,4	22,3
Ризолік Топ	8,5	20,6	28,7	30,2	19,9
Ризоактив	8,3	22,4	31,8	33,7	20,4
БіоМаг Соя	9,5	23,2	34,2	36,3	21,1

У фазі третього трійчастого листка було виявлено різницю між показником площі листків. Значення цього показника коливалося від 7,2 тис м²/га у рослин в контролі до 9,9 тис м²/га у рослин сої, в яких застосовували обробку насіння

Ризогуміном площа листкової поверхні була більша на 2,7 тис м²/га, і становила 9,9 тис м²/га.

У процесі росту й розвитку рослин сої площа листків збільшувала, досягаючи максимальних показників у фазі наливання насіння. Зокрема, у цій фазі найбільшу площу листкової поверхні – 38,4 та 36,3 тис м²/га спостерігали в варіантах, де застосовували обробку насіння біопрепаратами Ризогумін та БіоМаг Соя; найменшу - 30,2 тис м²/га, де проводили обробку насіння іннокулянтом Ризолік Топ.

Під час достигання зерна в рослин сої відмічали відмирання листків та їх опадання, що призвело до зменшення листкової поверхні. В цю фазу найменша площа листкової поверхні – 18,8 тис м²/га спостерігалася в контрольному варіанті. В варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння біопрепаратами площа листя зростала на 1,1 – 3,5 тис м²/га залежно від досліджуваних препаратів.

Таким чином, обробка насіння сої біопрепаратами забезпечила максимальне зростання площі фотосинтетичної поверхні. В порівнянні з контрольним варіантом площа листкової поверхні зростала за інокуляції насіння в усіх фазах росту і розвитку рослин і значно перевищувала контрольний варіант.

3.4. Вміст хлорофілу в листках сої залежно від інокуляції насіння біопрепаратами

Ріст і розвиток рослин є відображенням складних динамічних змін, що відбуваються в рослинному організмі в результаті комплексу взаємопов'язаних фізіологічних і біохімічних процесів, з яких найбільш важливим є фотосинтез [60].

Головною передумовою для проходження процесу фотосинтезу є наявність пігментів: хлорофілу і каротиноїдів – основних компонентів фотосинтетичного апарату, з яких найбільш функціональним пігментом є хлорофіл а – безпосередній донор енергії для фотосинтезуючих рослин. Він входить до клітинного складу листків рослин та виконує найважливішу функцію

для рослинного організму – синтез органічної речовини із неорганічних сполук CO_2 і H_2O при поглинанні променевої енергії світла. Вміст хлорофілу в фотосинтезуючих тканинах рослин визначає ефективність поглинання фотосинтезуючою поверхнею сонячної енергії, тому нестача його різко обмежує інтенсивність фотосинтезу [60].

Впродовж онтогенезу рослин та під дією різних зовнішніх факторів кількість пігментів у рослинах змінюються, тому, концентрація і загальна кількість хлорофілу в листках рослин – важливий фізіологічний параметр, який характеризує потенційну активність фотосинтетичного апарату та реакцію рослинного організму на дію різних зовнішніх чинників (мінеральне живлення, хімічне навантаження, природні екологічні чинники тощо) [61].

Висока здатність рослини впродовж вегетації за будь-яких погодних умов ефективно використовувати сонячну енергію вказує на значний адаптаційний потенціал сорту, що відображається у динаміці зміни вмісту зелених пігментів хлоропластів рослини [60].

Оскільки в результаті синтезу найпростіших первинних продуктів фотосинтезу відбувається утворення вуглеводів та білків, вміст азотовмісного пігменту – хлорофілу і динаміка його накопичення в рослинах істотно впливає на формування врожаю [62].

За результатами досліджень багатьох авторів [60-62] встановлено, що рівень врожаю більш тісно корелює саме з вмістом суми пігментів, ніж з розмірами асимілюючої поверхні рослин.

У наших дослідженнях ми визначали вміст хлорофілу в листках сої у фазі повного цвітіння під впливом інокуляції насіння біологічними препаратами. За результатами проведених лабораторних аналізів витяжки клітинного соку визначено, що бактеризація насіння позитивно впливали на вміст даного пігменту в листках сої (табл. 3.4).

У наших дослідженнях бактеризація насіння сої препаратами на основі штамів бульбочкових бактерій (Br. japonicum) сприяла зростанню хлорофілів (a+b) на 27,5– 48,3 %.

Таблиця 3.4

Вміст хлорофілу a і b в листках сої залежно від інокуляції, мг/г сирої маси, (фаза цвітіння), 2023 р.

Варіант досліду	Хлорофіл a	Хлорофіл b	Сума хлорофілів a+b
Контроль (без обробки препаратами)	1,26	0,52	1,78
Ризогумін	1,88	0,76	2,64
Ризолік Топ	1,75	0,65	2,40
Ризоактив	1,66	0,61	2,27
БіоМаг Соя	1,80	0,72	2,52

На думку Коць С. Я. та інших вчених підвищення концентрації хлорофілу в листках за проведення інокуляції обумовлене її прямопропорційним зв'язком з інтенсивністю азотфіксації, яка істотно залежить від симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій, що визначають азотне живлення рослин [63].

Максимальний вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофіл a та b) було відмічено за умови бактеризації насіння Ризогуміном, що становило 1,88 – 0,76 мг/г сирої маси і перевищувало контрольний варіант на 49,3 – 46,2%. Фотосинтетичний апарат рослин реагує не лише зміною загального вмісту хлорофілу, але й співвідношенням між його фракціями – a і b. Відомо, що інтенсивність фотосинтезу залежить, в основному, від концентрації та активності хлорофілу a і b. Проте, лише хлорофіл a є первинним донором електронів та відповідає за здатність рослин до фотосинтезу.

За обробки насіння Ризолік Топ сума хлорофілів a + b також була вищою за котрольний варіант, даний показник зростав і перевищував контроль на 34,8%. Дещо нижчий показник суми хлорофілів відмічали в варіанті, де насіння оброблялося Ризоактивов, але все ж таки перевищувала контроль на 27,5%.

В результаті інокуляції насіння БіоМаг Соя кількість хлорофілу a у фазі цвітіння становила 1,80 мг/г сирої маси, а хлорофілу b – 0,72 мг/г сирої маси,

також зростала і сумарна концентрація хлорофілу a+b і перевищувала контрольний варіант на 41,6%.

Отже, інокуляція насіння біологічними препаратами мали позитивний вплив на вміст хлорофілу (a і b) в листках сої сорту Азюра. Максимальна концентрація зелених пігментів хлорофілу a+b – 2,64 мг/г сирої маси відмічена за бактеризації насіння Ризогуміном в фазу цвітіння, в цих же рослинах відмічено і вищий вміст хлорофілу a.

3.5. Формування симбіотичної продуктивності рослин сої

Для підвищення симбіотичної та асоціативної азотфіксації в екосистемах ефективним є інокуляція насіння перед сівбою активними штамами азотфіксаторів, і цим самим можна значно компенсувати дефіцит азоту й підвищити продуктивність культурних рослин. Мікроорганізми, асоційовані з рослиною, дедалі частіше розглядаються як чинники стимулювання росту та розвитку.

Азотфіксуючий потенціал симбіозу бобових культур із присутніми у ґрунті ризобіями часто обмежений невисокою азотфіксуючою активністю бактерій або недостатньою їх кількістю у зоні проростаючого насіння. У зв’язку з цим, обов’язковим агроприйомом у технологіях вирощування бобових культур повинна бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій, яка не тільки підвищує продуктивність рослин, а й сприяє інтродукції у ґрунтові мікробоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій [64].

Для оцінки симбіотичної продуктивності посівів сої сорту Азюра нами було визначено динаміку нагромадження кількості бульбочок на кореневій системі рослин сої (таблиця 3.5).

Зокрема, нами виявлено, що кількість бульбочок зростала до кінця цвітіння рослин сої, а в період наливання насіння зазначені процеси знижувались як в кількісному, так і у ваговому вимірі. Нашими дослідженнями встановлено, що

Таблиця 3.5

Динаміка кількості бульбочок у рослин сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, шт./рослину, 2023 р.

Варіант досліду	Фаза росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		Початок цвітіння		Кінець цвітіння		Наливання насіння		Повна стиглість	
	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна
Контроль (без обробки препаратами)	15,6	12,2	23,1	19,6	33,3	31,2	30,0	22,5	21,1	11,7
Ризогумін	26,4	22,5	32,6	28,0	40,8	39,3	37,8	30,7	28,2	16,1
Ризолік Топ	19,5	16,1	26,7	24,0	36,3	34,7	32,5	24,6	26,4	13,2
Ризоактив	21,7	17,4	27,8	24,6	37,7	35,5	34,4	26,8	24,3	14,2
БіоМаг Соя	22,5	18,9	30,7	28,3	40,0	38,9	37,0	30,3	27,7	15,5

посіви сої залежно від досліджуваних препаратів формували на час третього трійчастого листка загальну кількість бульбочок від 19,5 до 26,4 та активних – 16,1 до 22,5 на кореневій системі рослин. У період кінця цвітіння ці показники досягли максимуму і становили: загальна кількість бульбочок 36,3 – 40,8 шт./рослину, а активних – 34,7-39,3 шт./рослину. Найбільші показники як загальної кількості, так і активних бульбочок відмічали в варіантах досліду, де проводилася інокуляція насіння Ризогуміном та БіоМаг Соя. На цих варіантах загальна кількість бульбочок перевищувала контрольний варіант відповідно на 22,5 та 20,1%, а активних бульбочок - на 26 та 24,7% відповідно.

Для оцінки симбіотичної продуктивності посівів сої нами також було визначено динаміку нагромадження маси бульбочок на кореневій системі рослин цієї зернобобової культури. Зокрема, нами виявлено, що як і кількість бульбочок, так і їхня маса зростали до фази цвітіння рослин сої. Зважаючи на зазначене ми аналізували нагромадження маси бульбочок у всі періоди росту і розвитку посівів сої (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Динаміка маси бульбочок у рослин сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, мг/рослину, 2023 р.

Варіант досліду	Фаза росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		Початок цвітіння		Кінець цвітіння		Наливання насіння		Повна стиглість	
	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна
Контроль (без обробки препаратами)	103	78	259	219	603	556	372	293	155	92
Ризогумін	154	124	403	373	752	721	473	395	249	142
Ризолік Топ	122	99	308	295	629	578	376	296	177	106
Ризоактив	135	104	335	308	694	662	429	332	192	119
БіоМаг Соя	146	118	385	341	716	688	435	349	220	131

Так, у період закінчення цвітіння досліджуваний сорт сої відповідно до обробки насіння нагромаджували від 629 до 752 мг/рослину бульбочок, з них маса активних бульбочок коливалася в межах 558-721 мг/рослину. Найвища загальна маса бульбочок була відмічена в фазу закінчення цвітіння за обробки насіння Ризогуміном, що становило 752 мг/рослину, активна маса бульбочок відповідно була - 721 мг/рослину. Найнижчою в фазу закінчення цвітіння загальна маса бульбочок 629 мг/рослин була встановлена при обробці насіння Ризолік Топ, при цьому найнижчою була і маса активних бульбочок, і становила 578 мг/рослину.

Отже, можна зробити висновок, що найвищі показники були у варіантах де насіння оброблялося біопрепаратом Ризогумін та БіоМаг Соя. Дещо нижчі показники приросту маси бульбочок на рослинах сої були зафіксовані на варіантах де насіння оброблялося Ризолік Топ та Ризоактив. Застосування даних препаратів дало середні результати приросту маси бульбочок.

3.6. Формування продуктивності та урожайності сої

Формування врожаю зернобобових культур, в тому числі сої є надзвичайно складним процесом, у якому задіяна велика кількість чинників та факторів. Передусім особливості росту та розвитку зернобобових культур передбачають незначне коригування врожаю за рахунок кількості стебел та пов'язані з послідовною та тривалою диференціацією генеративних органів та, як наслідок - залежністю цих процесів від умов вирощування та впливу негативних чинників.

Тому формування структури врожаю сої, а саме: кількість продуктивних вузлів на рослині, загальна кількость бобів на одній рослині, кількості насінин в одному бобі, кількості та маси насінин з рослини і маси 1000 насінини є актуальними для встановлення закономірностей їх зміни залежно від факторів досліду. Для отримання максимальної продуктивності посівів не тільки треба знати закономірності їх формування, а й динаміку їх зміни залежно від впливу лімітуючих чинників.

Результати структурного аналізу, висвітлені у таблиці 3.7, дають змогу визначити вплив досліджуваних препаратів на кінцевий результат – урожайність сорту сої Азюра.

Таблиця 3.7

Структура урожаю сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, 2023 р.

Варіант досліду	Кількість продуктивних вузлів на рослині, шт.	Загальна кількість бобів на 1 рослині, шт.	Кількість насінин в 1 бобі, шт.	Маса насінин з 1 рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Контроль (без обробки препаратами)	12,9	32,2	2,9	9,3	123,9
Ризогумін	17,7	39,5	3,2	10,5	132,5
Ризолік Топ	13,7	35,7	2,9	9,6	125,6
Ризоактив	13,9	35,3	3,1	9,9	126,2
БіоМаг Соя	15,3	36,3	3,1	10,4	131,3

Аналіз структури урожаю сої показав, що застосування обробки насіння збільшувало кількість вузлів від 7,8 до 37,2% порівняно з контролем. При застосуванні обробки посівного матеріалу препаратом Ризогумін кількість вузлів була найбільшою і становила 17,7 шт., що перевищувало контрольний варіант на 37,2%. Застосування БіоМаг Соя збільшувала кількість вузлів на 18,6%. Обробка насіння Ризолік Топ та Ризоактивом сприяло збільшенню кількості вузлів з однієї рослини на 7,8 та 7,7% відповідно.

Наступними не менш важливими показниками структури врожаю є кількість бобів на рослині та кількість насінин в бобі. Адже зернобобові культури можуть формувати боби з невеликою кількістю насінин в них або ж зовсім без зав'язі. А отже, вивчення цих обох показників в комплексі дозволяє сформувати цілісну картину формування структури врожаю сої залежно від досліджуваних факторів. У середньому у варіантах досліду рослини сої формували 35,8 шт бобів. Максимальна кількість бобів була відмічена у варіанті де застосовували Ризогумін і становила 39,5 шт., що перевищувало контрольний варіант на 22,7%. При застосуванні БіоМаг Соя також відмічалася значна кількість бобів і ця величина становила – 36,3 шт. і це на 12,7% перевищувало контроль.

Кількість насінин в бобі інтегральний показник, який показує наповненість бобів насінням, тобто свідчить про можливості потенційного збільшення продуктивності посівів за рахунок формування більшої кількості насіння. Найбільша кількість насінин в одному бобі була зафіксована в варіанті, де проводилася обробка насіння Ризогуміном і становив 3,2 шт., тоді як у варіантах, де застосовували БіоМаг Соя та Ризоактив кількість бобів становив 3,1 шт., при 2,9 шт. в контрольному варіанті та при застосуванні Ризолік Топ.

Проте, незважаючи на важливість показників кількості бобів на рослині та кількості насінини в бобі, більш важливими є їх маса з рослини, за якими можна відслідковувати основні тенденції реакції рослин на зміну умов вирощування. Набільша маса насінин з рослини спостерігалась у варіантах де проводили обробку насіння Ризогуміном та БіоМаг Соя, ці показники становили відповідно

– 10,5 та 10,4 г. Найнижча маса насінин з рослини у даних сортів відмічалась на контролі, і становила відповідно –9,3 г.

Одним із головних показників, який характеризує виповненість насіння рослин сої є маса тисячі насінин, де також відмічено зростання біометричних показників залежно від обробки насіння. Так, в контрольному варіанті маса 1000 насінин становила 123,9 г, в варіанті із застосуванням обробки насіння Ризогуміном маса 1000 насінин становила 132,5 г і перевищувала контроль на 6,9%, дещо нижчі показники маси насінин відмічалися при застосуванні БіоМаг Соя і перевищували контроль на 6%, обробка насіння Ризолік Топ та Ризоактивом підвищували масу 1000 насінин на 1,4 та 1,9% до контролю.

Результати наших досліджень дають підставу стверджувати, що за рахунок технологічних прийомів, зокрема бактеризації насіння можливо керувати майбутнім рівнем урожаю сої, завдяки покращенню таких ознак, як кількість бобів і насіння, маса насіння тощо. Нашими дослідження було встановлено, що показники кількості бобів, насіння та маси 1000 насінин сої в значній мірі залежали від факторів, які були поставлені на вивчення. Відповідно рівень урожайності зерна зростав із збільшенням індивідуальної продуктивності рослин.

Формування високого врожаю сої досягається науково-обґрунтованим взаємопов’язаним комплексом агротехнічних прийомів, які об’єднуються в цілісну технологію вирощування.

Використання біологічно активних речовин активізувало ростові процеси в рослинах, сприяло наростанню листкової поверхні, збільшенню фотосинтетичного потенціалу, що в цілому позитивно відобразилося на формуванні врожайності даної культури. Відмічено, що застосування біопрепаратів дає додаткові 5,4-9,1% приросту врожаю, залежно від застосованих біопрапаратів (табл. 3.8).

Найбільший приріст урожаю спостерігався при застосуванні Ризогуміну та БіоМаг Соя, до його складу входять мікроорганізми, гриби та бактерії, які

Таблиця 3.8

Урожайність сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, т/га, 2023 р.

Варіант досліду	Урожайність	Прибавка	
		т/га	%
Контроль (без обробки препаратами)	2,08	-	-
Ризогумін	3,02	0,94	45,2
Ризолік Топ	2,33	0,25	12,0
Ризоактив	2,54	0,46	22,1
БіоМаг Соя	2,89	0,81	38,9
$НІР_{0,05}$	*0,36*		

заселяють прикореневу зону рослин і тим самим забезпечують швидку допомогу росту та розвитку рослин, а також кращі умови для утворення і функціонування мікоризи, що в кінцевому результаті підвищує урожай. Тож у досліджуваних варіантах де застосовували Ризогумін та БіоМаг Соя спостерігалось збільшення урожаю на 45,2 та 38,9%.

Таким чином, інокуляція насіння сої сприяє покращенню структурних показників продуктивності, що в загальному позначається і на підвищенні врожаю.

3.7. Якісні показники зерна сої

Зернобобові культури у світовому землеробстві та економіці відіграють важливу роль в структурі посівів, зерновому балансі, вирішенні проблем харчового і кормового білка. Із найбільш поширених зернобобових культур соя займає одне із провідних місць. Вона поєднує в собі дві найважливіші складові для існування живих організмів - це білок (36-42%) і жир (19-24%). За даними ФАО ООН, білок сої прийнято за стандарт рослинних білків. Він містить 10 замінних та 8 незамінних амінокислот і майже ідентичний тваринному білку, при

цьому легко засвоюється. Соєвий білок на 88-95% представлений водорозчинною фракцією глобулінів (60-81%), альбумінів (8-25%), важкорозчинних глобулінів (3-27%).

Головна роль у формуванні насіння з високим вмістом перетравного протеїну належить азоту. Як відомо, соя споживає азот з ґрунту і повітря. Змінюючи умови азотного живлення рослин, можна на 20 - 50% підвищити вміст білка в зерні. Завдяки циклічному поєднанню у рослинах сої двох найважливіших фізіологічних процесів фотосинтезу і біологічної фіксації азоту - вони значною мірою забезпечують свою потребу в азоті, покращують азотний баланс ґрунту, забезпечується синтез чистої продукції і поліпшується екологія. Тому розкриття потенціалу урожайності та якості насіння сої вимагає розробки адаптивних складових технології її вирощування [17].

Результати наших досліджень по росту і розвитку сої у період вегетації, її реакції на обробку насіння перед сівбою бактеріальними препаратами показали, що для досягнення підвищених показників якісного складу насіння сої, застосування різного роду біопрепаратів є обов'язковим прийомом її вирощування (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Вміст сирого протеїну в насінні сої і його збір залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами, 2023 р.

Варіант досліду	Показник			
	вміст сирого протеїну, %	приріст до контролю, %	збір сирого протеїну, т/га	приріст до контролю, %
Контроль (без обробки препаратами)	38,61	-	1,27	-
Ризогумін	40,33	4,5	1,63	28,3
Ризолік Топ	38,98	1,0	1,36	7,1
Ризоактив	39,71	2,8	1,45	14,2
БіоМаг Соя	40,25	4,2	1,58	24,4

В умовах проведення досліджень найвищий вміст сирого протеїну (40,33%) спостерігали у варіанті, де проводили передпосівну обробку насіння Ризогуміном, в цьому ж варіанті і отримано найбільший збір сирого протеїну - 1,63 т/га. Передпосівна обробка насіння сої БіоМаг Соя також сприяє підвищенню даного показника до рівня 40,25 %. Найменше протеїну зафіксовано при обробці насіння Ризоллік Топ, однак даний показник все ж таки перевищував контрольний варіант на 1,0%.

РОЗДІЛ 4.
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективність сільськогосподарського виробництва є однією з найважливіших економічних проблем суспільного буття. Тут акумулюється в тісному поєднанні використання сукупності природних, організаційноекономічних, технічних, технологічних факторів, які забезпечують процес відтворення суспільного виробництва. На його результативність впливають у сільському господарстві ґрунтово-кліматичні умови, забезпеченість робочою силою, матеріально-технічними засобами, фінансовими ресурсами тощо.

Важливо, що сівозміни із зерновими бобовими культурами, зокрема з соєю, вважають класичними для відтворення родючості ґрунтів, підвищення їхньої продуктивності, нарощування продовольчих ресурсів та поліпшення екологічної безпеки. Неперевершеною є роль сої для підвищення родючості ґрунту завдяки симбіозу її з бульбочковими бактеріями, внаслідок чого вона накопичує 150-200 кг/га азоту, на 60-80% забезпечує власну потребу в цьому елементі живлення, збагачує ним ґрунт, покращує азотний баланс останнього, підвищує врожайність культур, які висівають після неї, і продуктивність сівозміни в цілому.

Результати визначення економічної ефективності сої залежно від інокуляції насіння біологічними препаратами наведено в таблиці 4.1.

Підрахунки показали, що вартість валової продукції у варіантах де застосовували біопрепарати становила – 27960 – 31040 грн., при 24960 грн в контрольному варіанті. Найвищий умовно чистий прибуток був відмічений в варіанті, де застосовували препарати Ризогумін та БіоМаг Соя. В цих варіантах досліду чистий прибуток перевищував контрольний варіант на 9880 та 7870 грн відповідно до препаратів. Відповідно рівень рентабельності теж був найвищим на цих варіантах досліду і становив - 152% при застосуванні Ризогуміну та 134% при застосуванні БіоМаг Соя, тоді як в контрольному варіанті рівень

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування сої за дії біопрапаратів

Показники	Варіант досліду				
	Контроль (без обробки препаратами)	Ризогумін	Ризолік Топ	Ризоактив	БіоМаг Соя
Урожайність, т	2,08	3,02	2,33	2,54	2,89
Прибавка врожаю, т/га	-	0,94	0,25	0,46	0,81
Ціна реалізації 1 т	12000	12000	12000	12000	12000
Вартість валової продукції, грн./га	24960	36240	27960	30480	34680
В тому числі додаткової, грн/га	-	11280	3000	5520	9720
Загальні затрати, грн	13009	14409	15291	15447	14859
Додаткові затрати, грн	-	1400	2282	2438	1850
Собівартість 1 т, грн.	6254	4771	6562	6082	5142
Умовно чистий прибуток, грн.	11951	21831	12669	15033	19821
Рівень рентабельності, %	92	152	82	97	134

рентабельності складав 92%. Крім цього знижувалась собівартість вирощування сої відповідно на 1483 та 1112 грн. При застосуванні Ризолік Топ та Ризоактиву умовно чистий прибуток зростав всього на 718 та 3082 грн., рівень рентабельності був майже на рівні контролю і складав 82 та 97%, що пояснюється високими затратами на дані препаратами, Собівартість вирощеної продукції була вищою за контрольний варіант при дії Ризолік Топ на 308 грн.

Отже, аналізуючи ефективність використання біопрепаратів слід зазначити, що найбільш ефективним було використання Ризогуміну та БіоМаг Сої за інокуляції насіння сої сорту Азюра.

ВИСНОВКИ

1. Інокуляція насіння бульбочковими бактеріями підвищує схожість насіння сої до 94,4–99,3% та сприяє підвищенню стійкості рослин до стресів та виживаності у період вегетації культури на 3,7-4,5%.

2. Обробка насіння біопрепаратами значно зміцнює кореневу систему рослин, що в свою чергу стимулює ростові процеси сої. Найбільші показники висоти відмічалися при інокуляції насіння Ризогуміном і БіоМаг Соя.

3. В варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння біопрепаратами відмічалося максимальне зростання площі фотосинтетичної поверхні. В усіх фазах росту і розвитку рослин площа листя значно перевищувала контрольний варіант. Максимальну різницю за площею листкової поверхні – 9,2 тис м²/га спостерігали в період наливання зерна. У подальшому різниця поступово зменшувалася і становила 1,1 – 3,5 тис м²/га залежно від досліджуваних препаратів.

4. Інокуляція насіння біологічними препаратами мали позитивний вплив на вміст хлорофілу (a і b) в листках сої сорту Азюра. Максимальна концентрація зелених пігментів хлорофілу a+b – 2,64 мг/г сирої маси відмічена за бактеризації насіння Ризогуміном в фазу цвітіння, в цих же рослинах відмічено і вищий вміст хлорофілу a.

5. Найбільші показники загальної кількості і активних бульбочок відмічали в варіантах досліду, де проводилася інокуляція насіння Ризогуміном та БіоМаг Соя, що перевищувала контрольний варіант на 22,5 та 20,1%, а активних бульбочок - на 26 та 24,7% відповідно. Найвища загальна маса бульбочок була відмічена в фазу закінчення цвітіння за обробки насіння Ризогуміном, що становило 752 мг/рослину, активна маса бульбочок складала - 721 мг/рослину.

6. Аналіз структури урожаю сої показав, що застосування обробки насіння збільшувало кількість вузлів від 7,8 до 37,2% порівняно з контролем. Максимальна кількість бобів була відмічена у варіанті де застосовували Ризогумін і становила 39,5 шт., що перевищувало контрольний варіант на 22,7%.

В даному варіанті також відмічалася найбільша кількість та маса насінин в одному бобі. Із застосуванням обробки насіння Ризогуміном маса 1000 насінин становила 132,5 г і перевищувала контроль на 6,9%. Найбільший приріст урожаю спостерігався при застосуванні Ризогуміну та БіоМаг Соя, в цих варіантах спостерігалось збільшення урожаю на 45,2 та 38,9%.

7. Найвищий вміст сирого протеїну (40,33%) спостерігали у варіанті, де проводили передпосівну обробку насіння Ризогуміном, в цьому ж варіанті і отримано найбільший збір сирого протеїну - 1,63 т/га. Передпосівна обробка насіння сої БіоМаг Соя також сприяє підвищенню даного показника до рівня 40,25 %.

8. Найвищий умовно чистий прибуток був відмічений в варіанті, де застосовували препарати Ризогумін та БіоМаг Соя, що перевищувало контрольний варіант на 9880 та 7870 грн. Рівень рентабельності становив 152% при застосуванні Ризогуміну та 134% при застосуванні БіоМаг Соя, також відмічалося зниження собівартості відповідно на 1483 та 1112 грн.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

З метою підвищення врожайності сої за рахунок застосування біологічних препаратів рекомендується висівати сорт Азюра, який має високі якісні та кількісні показники урожаю та проводити обробку насіння іннокулянтом Ризогуном, в результаті чого можна отримати урожайність насіння сої на рівні 3,02 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А.А., Бабич-Побережна А. Соя - стратегічна культура світового землеробства XXI століття. Пропозиція. 2016. № 6. С. 44-46.

2. Горденко, О. Інокуляція сої – заощадження добрив. Farmer. 2010. № 3. С. 20–21.

3. Григор'єва О. М. Біопрепарати для сої – дієвість перевірено. Агробізнес сьогодні. 2019. №4. С. 9–12.

4. Бахмат О., Бахмат М., Федорук І. Сортова продуктивність зерна сої в умовах Лісостепу Західного. Аграрна наука та освіта Поділля. 2017. С. 59– 62.

5. Надкернична О. В., Ковалевська Т. М., Козар С. Ф. Особливості впливу деяких азотфіксуючих бактерій на розвиток рослин сої. Корми і кормовиробництво. 2001. Вип. 27. С. 112–114.

6. Коць С.Я, Малеченко С.М., Крутова О.Д. та ін. Фізіологічні особливості живлення рослин біологічним азотом К.: Логос, 2001. 271 с.

7. Дідора В. Г., Ступніцька О. С. Продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Полісся України. Вісник аграрної науки. 2016. №4. С. 33–37.

8. Кулібаба М. Ю. Вплив строків сівби та обробки рослин біопрепаратом ризогумін на розвиток бульбочкового апарату рослин сої. Актуальні проблеми вирощування та переробки продукції рослинництва: матеріали II Наук.-практ. інтер. конф., м. Полтава, 17–18 квітня 2014 р. Полтава, 2014. С. 46–49.

9. Конончук О., Пида С. Роль інновацій у підвищенні наявного потенціалу країни: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Тернопіль, 14–15 грудня 2011 р. Тернопіль: Крок, 2011. С. 65–67.

10. Репілевський Е. В. Економічна ефективність виробництва сої в ринкових умова господарювання. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки. 2011. Вип. 2, т. 2. С. 215–220.

11. Макаренко В. На вибір аграрія. Агроперспектива. 2010. № 10. С. 43–44.

12. Колісник С. І. Основні технологічні прийоми вирощування сої на насіння. Корми і кормовиробництво. 2012 р. Вип. 71. С. 41–49.

13. Козар С.Ф. та ін. Міграція сполук біогенних елементів за використання комплексних інокулянтів для сої. Сільськогосподарська мікробіологія. 2016. Вип. 24. С. 24–28.

14. Ласло О. О., Климченко О. С. Ефективність застосування інокулянтів у технології вирощування сої. Збалансований розвиток агроекосистем України: сучасний погляд та інновації: матеріали І Всеукр. наук.-практ. конф., м. Полтава, 16 листопада 2017 р. Полтава: ПДАА, 2017. С. 15–17.

15. Овчарук О. В., Овчарук О. В., Хоміна В. Я., Каленська С. М. Агроекологічні особливості вирощування сої: матервали наукової інтернет-конференції, 15 травня 2018 р. С. 134–136.

16. Волкогон В.В., Штанько Н.Т., Сальник В.П. та ін. Ефективність нового біологічного препарату ризогумін для сої. Селекція і насінництво. 2005. № 90. С. 254–260.

17. Патика В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот. К.: Світ, 2003. 424 с.

18. Лихочвор В.В., Щербачук В.М., Панасюк Р.М., Панасюк О.В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 60. С. 88–96.

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

20. Ярошко М. Технологія вирощування сої. Агроном. 2013. № 1. С. 130–133.

21. Крамарьов С. М., Артеменко С. Ф. Вплив інокуляції насіння сої бактеріальними препаратами на продуктивність її агроценозів в умовах північної частини Степової зони України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. № 4 (42). С. 72–75.

22. Гуменюк І.І., Грузінський С.Ю., Бровко І.С., Чабанюк Я.В. Коренева система сої за дії Bradyrhizobium japonicum. Агроекологічний журнал. 2018. № 1. С. 138–143.

23. Мойсієнко В. В., Дідора В. Г. Агроекономічне обґрунтування ролі сої у вирішенні проблеми рослинного білка в Україні. Вісник ЖНАЕУ. 2010. № 1. С. 1–14.

24. Бабич А. О. Світове виробництво зернобобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту. Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивація, охорона: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 2003. С. 8–12.

25. Василенко М. Г., Дерик Г. І. Оцінка агротехнології вирощування сої на сірих лісових ґрунтах. Корми і кормовиробництво. 2010. Вип. 66. С. 83–90.

26. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. Наукові горизонти. 2018. № 1 (64). С. 23–28.

27. Молдован В. Г., Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив способів мінерального живлення на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу Західного. Наукові горизонти. 2018. № 1 (64). С. 56–63.

28. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.

29. Пустова З. Біологізація технологій вирощування зернобобових культур. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: збірник наукових праць всеукр. наук.-практ. конф., м. Кам’янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р. Тернопіль: Крок, 2017. С. 29–31.

30. Цюк О. А. Ефективність елементів органічного землеробства в Лісостепу: збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». Київ, 2009. Вип. 3. С. 25–32.

31. Сучасна технологія вирощування бобових культур. Басф, 2009. 19 с.

32. Мартинюк О. М. Особливості формування врожаю зернобобових культур залежно від технології вирощування в західному Лісостепу. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур – у виробництво: матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів, м. Чабани, 23–25 листопада 2004 р. Чабани, 2004. С. 42–43.

33. Шепілова Т. П. Вплив мінеральних добрив та бактеріальних препаратів на ріст і розвиток рослин сої. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2011. Вип. 10. С. 274–279.

34. Поливаний С. В., Кур'ята В. Г. Дія емістиму С на морфогенез та насіннєву продуктивність маку олійного. Наукові записки Тернопільського нац. пед. у-ту ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. 2015. Вип. 1(62). С. 117–123.

35. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 237 с.

36. Чорна В. М. Ефективність застосування регулятора росту хлормекват-хлорид при вирощуванні сої. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 126–132.

37. Бобро М. А. Оптимізація технології вирощування зернових і бобових культур. К.: ІСМО, Аліста, 1997. С. 3–7.

38. Білявська Л. Г., Пилипенко О. В., Діянова А. О. Високо адаптивні сорти сої Полтавської селекції. Посібник Українського хлібороба. Мін. АПК. Інститут рослинництва ім. Юр'єва. 2013. Т. 2. С. 150–151.

39. Vasylenko M., Draga M. New Growth Regulator «Ecostym» in Arable Farming of Ukraine. Environmental and Ecology Research. Horizon Research Publishing. 2014. No. 2 (2). P. 76–79.

40. Шевчук О. А., Голунова Л. А., Ткачук О. О., Шевчук В. В., Криклива С. Д. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 86–90.

41. Анішин Л. А., Жилкін В. О., Пономаренко С. П. Рекомендації з впровадження регуляторів росту рослин у сільськогосподарське виробництво. К., 2000. 32 с.

42. Маткевич А. П., Пернак Ю. Я., Тарасова О. І. Вплив способів посіву і норм висіву на врожайні властивості насіння сої. Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі: матеріали III Всеукр. конф., м. Вінниця, 2000 р. Вінниця, 2000. С. 39–40.

43. Леонтюк І.Б. Застосування біологічних препаратів в посівах сої. The XXXII International Scientific and Practical Conference «Modern development of science and the latest perspectives», August 16 – 19, 2022, Vancouver, Canada. С. 24-27.

44. Кабанець В. М., Собко М. Г., Мурач О. М. Функціонування симбіозу «Japonicum – соя» і врожайність сої за впливу ризогуміну та фізіологічно активних речовин. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 83. С. 58–66.

45. Леонтюк І.Б. Симбіотична активність рослин сої залежно від обробки біокомплексом АТ. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату», 22 червня 2022 р., Умань, С. 34–36.

46. Круківська А. В. Агрокліматична оцінка умов вологозабезпечення території України у період вегетації сільськогосподарських культур: автореф. дис. … канд. геогр. наук: 11.00.09. Київ, 2008. 20 с.

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

48. Волкогон В. В., Штанько Н. Т., Сальник В. П. Ефективність нового біологічного препарату ризогумін для сої. *Селекція і насінництво.* 2005. № 90. С. 254–260.

49. Біопрепарат Ризолік Топ. Режим доступу: https://agrarii-razom.com.ua/preparations/rizolik-top

50. Біопрапарат Ризоактив. Режим доступу: https://agrokomplekt2000.com.ua/ua/p661220864-inokulyant-rizoaktiv-dlya.html

51. Біопрапарат БіоМаг Соя. Режим доступу: https://agrarii-razom.com.ua/preparations/biomag-soya

52. Соя культурна. Сорт Азюра. Режим доступу: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/azyura

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

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

55. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

56. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002-12-28]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Інформація та документація).

57. Яковлєв В. В., Усенко В. І., Дробишева Н. І. Оптимізація технологічних прийомів вирощування сої в Лісостепу України. Агроном. № 1. 2003. С. 28.

58. Поліщук І. С. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом грунту. Сільське господарство та лісівництво. 2018. №11. С. 36–43.

59. Заболотний Г. М., Циганський В.І., Циганська О.І. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня удобрення та застосування комплексу мікроелементів. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. №12. С. 34–46.

60. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2004. № 53. С. 83–88.

61. Wu L., Misselbrook T., Lipin F., Lianhai W. Assessment of Nitrogen Uptake and Biological Nitrogen Fixation Responses of Soybean to Nitrogen Fertiliser with SPACSYS. Sustainability. 2020. Vol. (15) 12, P. 5921.

62. Бабич А. О. Ткачук В. М., Новохацький М. Л. Формування фотосинтетичного потенціалу та динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої залежно від сорту, попередника та норми висіву насіння. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2003. Вип. 3 (23). Т. 1. С. 194–200.

63. Коць С. Я., Патика В. П. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т. / за ред. В. В. Моргуна. Київ: Логос, 2009. Т. 1. С. 344–386.

64. Циганський В. І., Заболотний Г.М., Циганська О.І. Симбіотична продуктивність сої залежно від рівня удобрення в Правобережному Лісостепу. Національний науковий центр "Інститут землеробства НААН". 2015. №1. С. 46–53.