

Алексеев Олексій Олександрович
Мазур Олександр Васильович

**Формування та функціонування
симбіотичної системи соя –
Bradyrhizobium japonicum
за умов бактеріальної і вірусної
інфекцій в умовах Лісостепу
правобережного»**

Монографія



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Алексеев Олексій Олександрович

Мазур Олександр Васильович

Формування та функціонування симбіотичної системи соя –
Bradyrhizobium japonicum за умов бактеріальної і вірусної інфекцій
в умовах Лісостепу правобережного

Монографія



Вінниця – 2023

УДК 579.262:579.64:631.461.5:633.34

А 47

Автори:

О.О. Алексєєв, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

О.В. Мазур, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Рецензенти:

Каленська Світлана Михайлівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Чинчик Олександр Сергійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин Закладу вищої освіти «Подільського державного університету»;

Вдовенко Сергій Анатолійович, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового, садово-паркового господарства, садівництва та виноградарства Вінницького національного аграрного університету.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (Протокол № 10 від 23 травня 2023 р.).

«Формування та функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекцій в умовах Лісостепу правобережного»: Монографія / Алексєєв О.О., Мазур О.В. Вінниця: ВНАУ. Видавництво ТОВ "Друк" 2023. 256 с.

Монографія присвячена вивченню ефективності функціонування бобоворизобіального симбіозу *Bradyrhizobium japonicum* – соя за резистентністю до дії фітопатогенних бактерій і вірусів. Доведено, що застосування інокулянту сприяє підвищенню симбіотичної діяльності сої. Показано, що найвищий рівень урожайності сортів сої Горлиця та КиВін отримано при застосуванні ґрунтового гербіциду Харнес на фоні дії інокулянта *B. japonicum* М-8. Доведено, що передпосівне оброблення насіння сої інокулянтом *B. japonicum* М-8 підвищувало у ризосфері ґрунту біомасу бактерій порівняно з варіантом без інокуляції. Встановлено, що використання біопрепарату на основі *B. japonicum* М-8 позитивно вплинуло на амоніфікуючу та нітрифікуючу властивість ґрунту. Виявлено, що передпосівна інокуляція та рівень забур'яненості напряму впливали на рівень вмісту білка в насінні сої. Встановлено чутливість основних родів фітопатогенних бактерій до препаратів хімічного походження шляхом поєднання обробки насіння сої інокулянтом *B. japonicum* М-8 та пестицидного навантаження.

Одержаний і узагальнений матеріал попередньо висвітлено у захищеній дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук Алексєєва Олексія Олександровича на тему: «Функціонування симбіотичної системи соя – *bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекцій».

Наукові та практичні дослідження рекомендовано використовувати при викладанні курсів «Мікробіологія з основами вірусології», «Фітопатологія», «Агрофармакологія», «Основи екологічної токсикології», «Фізіологія рослин» у вищих навчальних закладах сільськогосподарського та біологічного профілю.

ISBN 978-771-8721-13

УДК: 579.262:579.64:631.461.5:633.34

©, Алексєєв О.О., Мазур О.В.

©ВНАУ, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ	7
1.1. Значення сорту у технології вирощування сої	7
1.2. Особливості мінерального живлення та удобрення сої	23
1.3.Формування та значення симбіотичної азотфіксації бобовими рослинами	47
1.4.Роль макро- і мікросимбіонтів у мікробно-рослинній взаємодії	52
1.5.Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу	63
1.6.Функціонування симбіотичного апарату сої за впливу бактеріальних та вірусних хвороб	68
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДІВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОРТІВ СОЇ	74
2.1. Азотфіксувальна активність та ефективність штамів <i>Bradyrhizobium japonicum</i> у симбіозі з <i>Glycine hispida</i> Maxim за умов вегетаційного і польового дослідження	74
2.2. Вплив кліматичних умов, інокуляції та пестицидів на проходження фаз росту і розвитку сортів сої	77
2.3. Густота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду	80
2.4. Висота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду	82
РОЗДІЛ 3. СИМБІОТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДУ	85
3.1. Динаміка утворення бульбочок у рослин сої залежно від інокуляції та пестициду	85
3.2.Симбіотичний потенціал сортів сої за дії інокуляції та пестициду	94
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ <i>BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM</i> – СОРТИ СОЇ ГОРЛИЦЯ ТА КИВІН	99

4.1. Формування симбіотичного апарату рослин сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду	99
4.2. Фотосинтетична діяльність сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду	116
4.3. Формування елементів структури врожаю сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду	131
4.4. Вплив дії гербіцидів на забур'яненість посівів та формування урожайності сої	138
4.5. Мінливість якісних показників зерна сортів сої	146
РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА ФІТОПАТОГЕНІВ НА МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ СОЇ	152
5.1. Роль інокулянтів у формуванні мікробних угруповань ґрунту у ризосфері сої	152
5.2. Роль інокулянтів сої у підвищенні її стресостійкості до фітопатогенів та пестицидів у рамках ефективності функціонування симбіотичної системи <i>Bradyrhizobium japonicum</i> – соя	161
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА ФОНІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТРУЙНИКА ТА ҐРУНТОВИХ ГЕРБІЦИДІВ	172
6.1. Економічна ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів	172
6.2. Енергетична ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів	175
ВИСНОВКИ	178
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	181
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	182
ДОДАТКИ	237

ВСТУП

Актуальність. У всіх індустріально розвинених країнах проблема біологічного азоту – одна з найбільш значущих, а симбіотична азотфіксація є надзвичайно важливим процесом, завдяки якому здійснюється забезпечення людства «екологічно чистою» продовольчою, кормовою та технічною продукцією. Конкуренція бобових рослин із іншими важливими сільськогосподарськими культурами за посівні площі не дозволяють істотно збільшувати їх виробництво. Тому, єдиним виходом із цієї ситуації є вдосконалення стратегій їх вирощування, які б дозволяли повною мірою враховувати всі шляхи досягнення максимального кількісного та якісного результату за оптимального поєднання генетичного потенціалу рослини, кліматичних умов та агротехнічних прийомів.

Стратегічною культурою для розвитку екологічно орієнтованого сільського господарства є соя (*Glycine hispida* Maxim.) – унікальна рослина, яку можна назвати природною фабрикою завдяки успішному поєднанню двох важливих процесів: фотосинтезу та біологічної фіксації азоту [7, 120].

Широке застосування мінеральних азотних добрив у рослинництві гальмують доволі високі енергетичні затрати на їх виробництво, що спонукає дослідників до пошуку альтернативних шляхів забезпечення сільськогосподарських культур необхідними сполуками цього елемента. Серед заходів поліпшення азотного живлення рослин в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на значне підвищення рівня біологічного перетворення азоту атмосфери на органічні азотовмісні сполуки мікроорганізмами-азотфіксаторами, насамперед бульбочковими бактеріями [110].

Бульбочкові бактерії як компоненти ґрунтової мікробіоти мають механізм захисту від негативного впливу продуктів антропогенного забруднення. Тому, для підвищення стійкості ризобій до стресових факторів, зокрема, таких як бактеріальні та вірусні інфекції, пестицидне навантаження, забур'яненість, вплив підвищених температур у сільському господарстві

застосовують мікробні препарати для інокуляції [56, 60].

Застосування бактеріальних препаратів на основі бульбочкових бактерій, які є економічно доступнішими за мінеральні добрива, є одним із шляхів екологізації сучасного землеробства, оскільки дозволяє зменшити хімічне навантаження на агросферу.

Мета полягала у вивченні впливу бактеріальних та вірусних захворювань на симбіотичну систему сої за дії інокуляції та пестицидного навантаження.

Відповідно до поставленої мети було визначено такі завдання:

- дослідити вплив бактеріальних і вірусних захворювань на функціонування симбіотичної системи в умовах зараження ґрунту; оцінити ефективність бобово-ризобіального симбіозу в умовах застосування інокулянту *Bradyrhizobium japonicum* штам М-8;

- вивчити вплив пестицидного навантаження на бобово-ризобіальну систему;

- дослідити вплив сумісного застосування інокуляції насіння сої та пестицидів на підвищення резистентності рослин до фітопатогенних бактерій;

- показати формування елементів структури урожаю сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта, пестициду;

- дати економічну та біоенергетичну оцінку застосування передпосівної інокуляції насіння сої активними штамми бульбочкових бактерій.

Об'єкт дослідження – дія бактеріальних і вірусних хвороб сої та пестицидів на симбіотичну систему соя – бульбочкові бактерії.

Предмет дослідження – роль симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – соя у підвищенні врожайності та якості і збереженні високого азотфіксувального потенціалу за дії фітопатогенних бактерій, вірусів, пестицидів.

РОЗДІЛ 1.

НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ

1.1. Значення сорту у технології вирощування сої

Сорт – важливий фактор високої і стабільної врожайності. У багатьох країнах світу сорти сої на 30–60 % визначають майбутній урожай [159].

Станом на 2021 рік до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні занесено понад 285 сортів сої [160], більшість з яких не користуються попитом у виробників не через зниження рівня потенціалу їх продуктивності, а в зв'язку з вузькою екологічною пристосованістю та придатністю їх до вирощування лише в ґрунтово-кліматичних умовах певної географічної широти [161-163]. На перспективу в Україні передбачається істотне розширення посівних площ під соєю, тому велике значення має виведення ранньостиглих сортів, які є стійкими до холоду в початковий період росту й розвитку [164]. Створення таких сортів дозволить проводити сівбу у більш ранні строки за достатніх запасів вологи у ґрунті, зменшити негативний вплив високих температур на рослини у період плодоутворення [165]. Ранньостиглі сорти сої можуть бути хорошими попередниками для озимої пшениці, озимого ячменю й озимого жита [166]. Після сої урожайність зерна пшениці озимої становила 4,50–5,00 т/га, кукурудзи – 7,00–8,00, ячменю – 3,60–4,50 т/га [165].

Зміни клімату, які спостерігаються в Україні вимагають нових підходів до створення сортів сільськогосподарських культур. Перерозподіл за сезонами і місяцями року, зміни суми опадів та температури призводять до необхідності створення сортів з генотипами, які мають мінімальну реакцію на зміни навколишнього середовища. Швидкість зміни кліматичних умов навколишнього середовища перевищує темпи формування біоценотичних систем, що в свою чергу призводить до недобору сільськогосподарської продукції за рахунок недостатньої стійкості сортів до несприятливих

факторів навколишнього середовища, появи шкідників і хвороб. Селекціонерами в Україні за останній час створено нові сорти сої різних груп стиглості, які зумовили ріст виробництва насіння [167].

Сорти іноземної селекції у значній кількості походять із Канади, Сербії, Австрії та ін. [168].

За останні 25 років в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН створено та занесено до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні 20 сортів сої. По цих сортах ведеться первинне насінництво. Щорічно в інституті валовий збір становить до 50 т насіння сої сортів високих репродукцій [169].

Сорт рослин – це «сукупність культурних рослин, створених шляхом селекції, що наділені певними спадковими морфологічними, біологічними та господарськими ознаками і властивостями» [170].

Значення сорту оцінено в численних наукових працях. Вчені всього світу висловлюють однакову думку, про те що сорт відіграє велику позитивну роль у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, але відсоток цього підвищення різний [171].

Сортові ресурси є одним із головних пріоритетів держави. Вони являють собою продукт діяльності частини суспільства – генетиків, селекціонерів, фізіологів, біохіміків, економістів, екологів і сортовипробувачів.

Сорт, як засіб сільськогосподарського виробництва застосовують для підвищення врожайності та якості продукції сільськогосподарських культур. Вимоги до виробництва сортів визначають ґрунтово-кліматичні й агротехнічні умови вирощування, напрями використання культури. Ці вимоги зводяться до кількох основних груп: стійкість до несприятливих умов середовища; висока і стійка врожайність по роках; висока екологічна пластичність; тривала і комплексна стійкість до хвороб і шкідників; придатність до інтенсивної технології, механізованого вирощування, збирання та переробки; висока якість продукції. Для будь-якої окремої культури перелік вимог можна збільшити [172].

В Україні перші досліді в селекційному напрямку по сої проводились з 1874 р. українським агрономом І.І. Подобою, який розмножував насіння жовтої сої в Херсонському дослідному полі, а потім в господарстві «Асканія Нова». В 1882 р. спробу вирощувати чорну сою в Бендерському повіті Бессарабської губернії зробив І.К. Макаров, а в 1878-1883 рр. на Полтавщині її вивчав Л.А. Черноглазов. Але масові науково-дослідні роботи по сої в Україні розпочаті лише в 1926 р. [173].

Нові високоврожайні сорти є одним з основних чинників інтенсифікації сільського господарства, але у процесі вирощування у виробничих умовах їх сортові властивості поступово погіршуються. Основними причинами їх погіршення є: зниження імунітету, механічне засмічення, екологічна депресія сорту, природне перезапилення, розщеплення, поява мутантів і збільшення захворюваності рослин. Для підтримання всіх цінних біологічних ознак сорту важливо застосовувати комплекс агротехнічних, фітосанітарних і організаційних заходів, що спрямовані на отримання насіння з високими врожайними властивостями. Отримане насіння забезпечує збільшення урожайності насіння сої у посівах на 0,2 – 0,3 т/га [172].

У ДПДГ «Бохоницьке» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, починаючи з 1991 р. закладався полігон по вивченню продуктивності сортів сої з України, Росії, Молдови, США та інших країн. У переліку сортів було 35-45 районованих і перспективних сортів вітчизняної та іноземної селекції. За цей період в умовах Лісостепу випробувано більше 150 сортів, окремі з них включено в селекційний процес [169].

Один із ефективних засобів підвищення врожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості продукції – використання кращих сортів. У виробничих умовах сорти погіршуються і потребують сортооновлення. Старі сорти періодично замінюють новими, тобто проводять сортозаміну. Всі сорти мають пройти державне сортовипробування [172].

За даними Вінницького обласного центру експертизи сортів середня

урожайність сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля у 2011 році становила 39,7 ц/га, що було найкращим показником у Європі [8].

Досліджено, що коли немає гармонії між біологією сорту і навколишнім середовищем, то порушуються фізіологічні функції рослини, як наслідок відбувається послаблення його життєздатності, продуктивності та якості насіння. Тому для кожного сорту необхідно підбирати оптимальні зони вирощування [174].

В Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН обґрунтовано соєвий пояс України, де можна було б вирощувати близько 3 млн. га сої, до нього входять регіони з вегетаційним періодом 100-140 днів, де сума активних температур становить 1800-3000 °С, за рік випадає 500-600 мм опадів і більше, що є достатнім для вирощування сортів сої [169].

У соєвому поясі розміщено 2/3 посівів сої, виділено зону стійкого та нестійкого її виробництва на незрошуваних землях і зону гарантованого виробництва на зрошуваних землях [174].

Відомо, що соя – культура короткого дня, і для переходу до репродуктивної стадії розвитку їй потрібно відповідне співвідношення періодів освітлення і темноти. Тому вона чутлива до світла і сильно реагує на тривалість дня, і пристосована до росту та розвитку в поясі, ширина якого становить 160-240 км з півночі на південь [7].

Створення в останні роки нових високопродуктивних скоростиглих сортів Інститутом кормів та сільського господарства Поділля НААН спільно з іншими науково-дослідними установами, сприяло розширенню соєвого поясу на північ Лісостепу та на південь Полісся України.

Проведена екологічна оцінка сортів сої показала, що такі сорти як Золотиста, Артеміда, КиВін, Омега Вінницька, Монада, Хуторяночка в умовах різних регіонів вирощування України забезпечують урожайність насіння на незрошуваних землях 2,8– 3,5 т/га, в умовах зрошення 4,0 – 4,5 т/га і збір сирого протеїну 1,2–1,4 т/га [175].

Територія України за температурними показниками придатна для вирощування сої, проте за умовами вологозабезпечення в північних областях рекомендовано висівати скоростиглі, ранньо- та середньостиглі сорти, в центральних областях – ранньо- та середньостиглі, в південних – ранньо-, середньо- та середньопізнньостиглі. Вони краще адаптовані до місцевих умов і за урожайністю не поступаються іноземним [169].

Результати досліджень проведених фахівцями Харківського державного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва свідчать про те, що при вирощуванні сої різних груп стиглості в сприятливих кліматичних умовах найбільшу врожайність можна отримати від більш пізнньостиглих. Вони вивчали сорти сої китайської селекції: ультраранній сорт № 363 з вегетаційним періодом 82-85 днів; ранньостиглий сорт № 373 – з вегетаційним періодом 105-107 днів; пізнньостиглі сорти № 343 та 393 – 140-145 днів. Аналіз врожайності цих сортів показав, що продуктивність ультрараннього сорту № 363 становила 14,5- 18,4 ц/га; ранньостиглого № 373 – 18,3-21,9 ц/га, а пізнньостиглих сортів № 343 та № 393 – 18,6-22,1 ц/га [176].

Сорти з господарської точки зору різняться насамперед тим, що в одних і тих же умовах можуть давати різні врожаї. У сучасному землеробстві сорт виступає як самостійний фактор підвищення врожайності будь-якої сільськогосподарської культури і поряд з агротехнікою має велике значення для отримання високих і сталих врожаїв. Світова практика свідчить, що в загальному в підвищенні врожайності польових культур на частку сортів припадає від 25 до 50 % [172].

Багаторічні науково-виробничі дослідження, проведені на Київській дослідній станції тваринництва «Терезине», а потім в Інституті розведення і генетики тварин НААН показують, що в умовах Лісостепу України сорти сої нового покоління при вирощуванні за адаптивною технологією забезпечують урожайність зерна на рівні 22-26 ц/га [173-181].

За підрахунками спеціалістів, зростання врожайності у світовій практиці

забезпечується в основному за рахунок як агротехніки, так і впровадження нових, досконалих сортів. Знання сорту, як стверджував академік В.М. Ремесло – 90 % успіху [182].

Правильний вибір сорту для конкретної зони вирощування є важливою умовою отримання максимального врожаю. Для отримання стабільних врожаїв рекомендовано використовувати в господарстві 2-3 сорти, що мали б відмінності по тривалості вегетаційного періоду, стійкості до несприятливих факторів навколишнього середовища, хвороб та шкідників [183].

До 90-х років минулого століття в Україні було районовано 8 сортів сої і лише один з них (Білосніжка) можна було вирощувати в умовах Лісостепу. Ареал вирощування цієї культури розширився з появою скоростиглих сортів сої. Так 43,9 % сортів, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, відносяться до скоростиглої та ранньостиглої груп, що дає можливість отримання гарантованих стабільних врожаїв. На даний час 36,6 % всіх сортів, які занесені до Державного реєстру, є пластичними і рекомендовані для всіх трьох зон вирощування в Україні (Полісся, Лісостеп, Степ), 9 % – для зон Полісся, Лісостепу і 19,5 % – для Лісостепу, Степу [160].

Екологічно-пластичні сорти повинні бути чутливими до регульованих факторів довкілля: зрошення, удобрення, застосування хімічних препаратів [184, 284]. Також критичні фази онтогенезу не мають співпадати з дією несприятливих факторів [185, 186].

В Україні, де основним фактором вирощування сої є тепло, а в деяких регіонах і волога, сорти поділені на групи стиглості за тривалістю вегетаційного періоду. А за кордоном за основу розміщення сортів в різних ґрунтово-кліматичних зонах беруть тривалість світлового дня [5, 187, 188] .

У Канаді створено низку ультраскоростиглих сортів сої з мінімальною реакцією на тривалість світлого періоду, які здатні забезпечувати урожайність на рівні 3,0–3,5 т/га насіння у зонах північніше 53–54°.

В такому ж напрямку працюють селекціонери таких країн, як Австрія, Чехія, Швеція, Німеччина. Такі сорти послужили цінним вихідним матеріалом для скоростиглих сортів в Україні [42].

У Північній та Південній Америці, де соя порівняно нова культура, відзначено найбільші темпи збільшення її виробництва за рахунок селекційних досліджень. Створені сорти інтенсивного типу із підвищеним рівнем стійкості до хвороб. Урожайність кращих із них за оптимальних умов перевищує 4 т/га, насіння містить 36–37 % білка та 21–22 % олії [42].

Селекційна робота, що ведеться у Бразилії, Аргентині, Мексиці та Парагваї, як правило, заснована на американському вихідному матеріалі. Тому походження сортів цих країн і США дуже близькі [30].

Встановлено, що для більшості сортів сої оптимальна тривалість дня 13-16 годин, сорти з сильно вираженою фотоперіодичною реакцією утворюють більше плодів при тривалості дня 10-12 годин, слабореагуючі – при 14-16 годин. Реакція на тривалість дня пов'язана з вегетаційним періодом – скоростиглі сорти менше чутливі до тривалості дня, ніж середньостиглі й особливо, пізньостиглі [7].

Проте українськими селекціонерами успішно створено сорти з нейтральною реакцією фотоперіодизму, пристосованих для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся України. Нечутливі до фотоперіоду такі сорти як: Устя, Романтика та ін., з тривалістю вегетаційного періоду 101 та 110 діб [189].

У результаті проведених досліджень в Україні, створено холодостійкі сорти, що дає змогу змістити оптимальні строки сівби на 10-14 днів у сторону ранніх, це є дуже важливим з точки зору раціонального використання ранньовесняних запасів ґрунтової вологи. Це такі сорти як: Подільська 1, Подільська 416, Подолянка, Монада (оригінатори Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Подільський аграрно-технічний університет).

Питання посухостійкості сортів вирішується за рахунок створення ультраранньостиглих сортів та сортів з більш раннім цвітінням, таких як Устя, Єлена, Легенда, Ворскла, Анжеліка (ННУ «Інститут землеробства НААН»), Альтаїр, Ельдорадо, (Селекційно-генетичний інститут НААН), Аннушка, Білявка, Анастасія (НСНФ «Соєвий вік») [190].

При проведенні досліджень виявлено, що в Україні джерелами комплексної стійкості до бактеріального опіку, павутинного кліща та бактеріозу можуть слугувати сорти Кіровоградська 4 і Чернівецька 8 [190].

Культура сої має високі потенційні можливості підвищення врожайності, про це свідчать такі факти: на зрошуваних землях у Херсонській області встановлено світовий рекорд її урожайності – 102,3 ц/га (2005 р.). Також встановлено європейський рекорд урожайності на незрошуваних землях у Волинській області – 74,9 ц/га (2010 р.). Потенціал урожайності вітчизняних сортів сої досить високий: ультраскоростиглих – 23-28 ц/га ранньостиглих – 25-30 ц/га, середньоранньостиглих – 30-40, середньостиглих – 41-50 ц/га і більше [191].

Проте він реалізується тільки на 38-56 %, а повинен досягти 78-92 %. Урожайність сої можна підвищити за допомогою внесення фосфорно-калійних добрив, сортооновлення, сортозаміни, застосування регуляторів росту рослин, обробіток рослин інокулянтами, проведення підживлення посівів. При проведенні цих заходів урожайність сої збільшується на 5-8 ц/га [192].

В умовах Лісостепу західного, де в дефіциті тепло і надмірне зволоження, рекомендують висівати скоростиглі і ранньостиглі сорти сої з потенціалом урожайності насіння до 3,0 т/га [192].

При виборі сорту необхідно звертати увагу на зону його вирощування, тому що за недостатньої екологічної пластичності, сорт сої, який формував в умовах Степу високу продуктивність, в Лісостепу може не гарантувати очікуваних результатів [192, 193].

В умовах північно-східної частини Лісостепу України на дослідних полях навчально-наукового виробничого комплексу Сумського національного аграрного університету дослідження показали, що врожайність більш скоростиглих сортів сої була нижчою, ніж у сортів з більш тривалим вегетаційним періодом. Так, в середньому за три роки, найбільш скоростиглий сорт сої Легенда мав врожайність 1,72 т/га, сорт Устя – 1,83 т/га. Найвища врожайність була сформована у сорту КиВін і становила 2,05 т/га [194].

У результаті проведених досліджень виявлено, що на продуктивність та формування елементів структури сортів сої великий вплив має технологія вирощування .

За результатами досліджень, які виконувались впродовж 2009-2011 рр. у дослідному господарстві «Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН», найвищий рівень врожаю сортів сої Омега Вінницька (3,33 т/га), КиВін (2,97 т/га) та Ворскла (2,88 т/га) був отриманий за технології, що передбачала комплексний обробіток препаратом на основі штаму бульбочкових бактерій роду *Bt. Jaropisum 634b* та Рексоліном разом із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{45}K_{60}$ і додатково підживлення азотом 15 кг/га у фазу бутонізації рослин сої [195].

За даними досліджень, в умовах Черкаського інституту агропромислового виробництва УААН інокуляція насіння сої підвищувала урожайність сорту Агат на 0,19 т/га, сорту Подільська 416 на 0,14 т/га. Внесення азотних мінеральних добрив (30 кг/га д.р.) у поєднанні з інокуляцією сприяло збільшенню величини цього показника у сорту Подільська 416 на 0,17 т/га, сорту Агат на 0,28 т/га. Фосфорні і калійні добрива на фоні інокуляції підвищували урожайність сорту Подільська 416 на 0,04 т/га, сорту Агат на 0,08 т/га. В умовах нестійкого зволоження на чорноземах реградованих найефективнішим виявилось внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$, при якому відмічено найбільший приріст урожайності (0,41 т/га) для обох досліджуваних сортів [196]. Дослідження проведені в ННЦ Інституті

землеробства НААН у ДПДГ Чабани в північній частині Лісостепу показують що, найвищу врожайність насіння сорту сої Єлена на рівні 4,20 т/га забезпечило внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$, проведення інокуляції та підживлення рослин у фазі бутонізації комплексними добривами Ekolist макро 6-12-7 і азотом у дозі N_{15} при сівбі з шириною міжрядь 45 см [197].

Результати досліджень проведених в зоні західного Лісостепу України свідчать що, найвища урожайність сорту сої Устя була отримана на варіанті при проведенні інокуляції насіння Ризогуміном + Хетомік + обробці посівів Хетоміком з наступним позакореневим підживленням препаратом Еколист стандарт на фоні внесення вапнякових добрив, де приріст урожайності становив 7,0 ц/га або 26,3 % [198].

За результатами досліджень проведених в умовах північного Степу України максимальну урожайність сої сорту Медея отримали при комплексному застосуванні препаратів Ризогумін у комбінації Біолан (20 мл/т) + Біосил (20 мл/га) на фоні $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 3,20 т/га за оранки і 2,51 т/га – за дискування, що дало можливість додатково отримати відповідно 0,36 і 0,42 т/га, порівняно до абсолютного контролю [199].

Важливе значення впродовж останніх років та велику зацікавленість у українських виробників відіграють сорти відомої австрійської компанії Saatbau Linz. Посівні площі під сортами даної компанії в Україні стрімко зростають. Слід відмітити такі сорти сої як: Мерлін (ранньостиглий сорт з високими показниками по врожайності і стійкості до вилягання), Кордоба (володіє здатністю до швидкого розвитку на початку вегетації, тим самих створює вищу конкуренцію бур'янам), Ліссабон (володіє високою врожайністю, стійкістю до вилягання, вмісту білка та олії), Кардіф (особливістю є дуже високий вміст білку до 42,7 %) та Кент (високий потенціал врожайності 55,0 ц/га і вище, високий вміст білку (38,8-42,0 %) та висока маса 1000 насінин – 220 г [200].

З вище викладеного матеріалу можна зробити висновки що, у сучасному сільськогосподарському виробництві сорт виступає як біологічний

фундамент, на якому базуються всі елементи технології вирощування. Правильний або помилковий вибір підсилює або, навпаки, послаблює дію всіх інших факторів.

Використання та впровадження нових, високопродуктивних сортів сої у виробництво, характеристики яких найбільш відповідають конкретним ґрунтово-кліматичним умовам вирощування, є надійним засобом для отримання високих врожаїв насіння сої та можливістю досягти збільшення її виробництва [200].

Соя (*Glycine max (L) Merrill*) – унікальна білково-олійна культура, яка характеризується високими адаптивними властивостями до умов росту та розвитку, універсальністю використання та збалансованістю білка за амінокислотним складом і його високою функціональною активністю [5, 201, 202, 203, 204]. Вирощування сої сприяє включенню в процес сільськогосподарського виробництва атмосферного азоту, поліпшенню фізичних і хімічних властивостей ґрунту, покращенню фітосанітарного стану посівів та значному підвищенню продуктивності одиниці сівозмінної площі [7, 205-209]. Завдяки цим особливостям та високій продуктивності, порівняно з іншими однорічними зернобобовими та олійними культурами, вона займає перше місце у світі як за площами посіву, так і за валовим збором зерна. Україна є лідером з виробництва сої на Євразійському континенті та посідає перше місце у Європі за кількістю виведених та впроваджених її сортів [163, 210, 211].

Селекцією сої в Україні успішно займається значна кількість науково-дослідних установ, наприклад, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН, Інститут зрошуваного землеробства НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Інститут сільського господарства Степу НААН, Інститут олійних культур НААН та інші [212-216].

Незважаючи на стрімке зростання посівних площ сої в Україні біологічний потенціал продуктивності сортів сої нового покоління поки що реалізується лише на 38-56 %, метою ж є досягти 78-92 % [212].

Сорт на сьогодні – найдоступніший і найдешевший засіб підвищення урожайності сільськогосподарських культур, у тому числі сої, самостійний фактор її високої економічної ефективності та біологічна основа технології вирощування [217-220]. Правильний добір сорту дозволяє мінімізувати негативний вплив на формування урожаю ґрунтово-кліматичних умов, дефіциту мінеральних добрив, засобів захисту рослин тощо [218, 219, 221]. Завдяки досягненням селекціонерів, нині створені високотехнологічні, високопродуктивні і стійкі до хвороб сорти сої. Проте, рівень реалізації потенціалу їх урожайності в значній мірі визначається ґрунтово-кліматичними умовами конкретної зони вирощування та адаптованою технологією вирощування [221-224], що особливо актуально за останніх тенденцій зміни клімату, оскільки збільшення кількості аномальних погодніх явищ висуває підвищені вимоги до сучасних сортів: стійкість до посух та різких коливань температур впродовж вегетаційного періоду, стабільність строків проходження фенологічних фаз тощо [163, 223-226]. У зв'язку з цим, актуальним завданням є корекція технології вирощування сортів сої з урахуванням вимог культури до факторів життя [188, 228-229].

Створені сорти, що мають високий генетичний потенціал і відповідний рівень захисту від біотичних і абіотичних факторів середовища, повинні зайняти свій регіон вирощування, в якому реалізація генетичного потенціалу продуктивності сорту найвища [137, 161, 230].

Реакція сортів сої на фактори зовнішнього середовища обумовлює їх пластичність. Високопластичні сорти при покращенні умов вирощування швидко збільшують ознаку, яка вивчається, але й так само швидко її знижують в гірших умовах росту та розвитку. Такі сорти високоврожайні, придатні до вирощування за сприятливих умов та чутливі до регульованих факторів доквілля: удобрення, зрошення, застосування хімічних препаратів

тощо [184].

Низькопластичні сорти в меншій мірі реагують на зміни навколишнього середовища та зберігають рівень продуктивності за вирощування в більш жорстких умовах. Сорти, які не мають генетичного захисту врожаю, у стресових умовах різко знижують свою врожайність [197, 231].

Вченими з Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН обґрунтовано соєвий пояс України площею близько 3 млн га, до якого входять регіони з вегетаційним періодом 100-140 діб, сумою активних температур в межах 1800-3000 °С та річною кількістю опадів 500-600 мм опадів і більше [212, 232, 233, 234, 221].

При цьому, рослини сої за період вегетації поглинають від 1260 МДж/м² (ранньостиглі сорти) до 1550 МДж/м² (середньо- та пізньостиглі сорти) [235].

Основу соєвого поясу становить сортове районування відповідно до біокліматичних ресурсів регіону [212], на його території розміщено близько 2/3 посівів сої, що вирощується в Україні [236].

Проте, останніми роками в результаті спільної роботи селекціонерів Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН з іншими науково-дослідними установами створено нові скоростиглі сорти сої з високим потенціалом продуктивності, що сприяло значному розширенню меж соєвого поясу на південь Полісся та північ Лісостепу України.

За результатами проведеної екологічної оцінки сортів сої встановлено, що такі сорти як Артеміда, Золотиста, Монада, КиВін, Омега Вінницька та Хуторяночка, за вирощування їх в умовах різних регіонів України, формують врожай насіння на рівні 2,8-3,5 т/га на незрошуваних землях та 4,0-4,5 т/га – при зрошенні [237].

Соєва – культура короткого дня і для переходу до репродуктивної стадії розвитку її рослинам потрібне відповідне співвідношення між періодами освітлення та темноти.

У зв'язку з цим, культура сильно реагує на тривалість дня та пристосована до росту і розвитку в поясі, ширина якого не перевищує 160-240 км у напрямку з півночі на південь [217, 232, 233]. Зміщення географічного простору обумовлює зміни в тривалості періоду вегетації та, відповідно, строках дозрівання, продуктивності, хімічному складі насіння, стійкості до шкідливих організмів і реакції на стресові фактори [162, 233, 238-240].

У рослин скоростиглих сортів вегетація в умовах короткого дня обумовлює прискорення проходження фенологічних фаз розвитку та уповільнює ростові процеси, в наслідок чого формуються, переважно, низькорослі та низькопродуктивні посіви. В цілому, скоростиглі сорти менш чутливі до тривалості дня, ніж середньостиглі й особливо, пізньостиглі. Пізньостиглі сорти за умов довгого дня пришвидшують темпи ростових процесів – як наслідок, вони більш високорослі, нараховують більше вузлів, квіток, бобів та, відповідно, більш продуктивні [212, 241].

Таким чином, важливою умовою формування високої врожайності насіння сої є розміщення її сортів у регіонах, де тривалість дня відповідає біологічним вимогам сорту [212]. При цьому варто відмітити, що українськими селекціонерами створені сорти (Устя, Романтика та ін.) з нейтральною реакцією фотоперіодизму, які пристосовані для вирощування як в зоні Лісостепу, так і в зоні Полісся України [242].

У багатьох країнах, де вирощують сою, тривалість світлового дня є також головним критерієм при визначенні ґрунтово-кліматичної зони вирощування сорту.

В Україні, де визначальним чинником є тепло, а в деяких регіонах і волога, сорти добирають за тривалістю їх вегетаційного періоду [212, 241]. Сорти сої створені для конкретної ґрунтово-кліматичної зони можуть значно відрізнятися між собою за вимогами до умов зовнішнього середовища [242].

За скоростиглістю всі сорти сої поділяються на такі групи: ультраранні (до 85 діб), ранньостиглі (86-105 діб), середньоранньостиглі (106-125 діб),

середньостиглі (126-135 діб), середньопізнюстиглі (131-150 діб), пізнюстиглі (151-160 діб), дуже пізнюстиглі (161-170 діб), надпізнюстиглі – понад 170 діб [217, 235, 236, 243, 244]. За відношенням до суми позитивних температур впродовж вегетації, необхідної для повного дозрівання, сорти сої поділяють на малотеплолюбні, середньотеплолюбні та високотеплолюбні [212].

Завдяки кращій адаптованості до місцевих умов, в північних областях країни рекомендовано вирощувати скоростиглі, ранньостиглі та середньостиглі сорти, в центральних областях – ранньостиглі та середньостиглі, в південних – ранньостиглі, середньостиглі та середньопізнюстиглі, в умовах Лісостепу західного, де відмічається надмірне зволоження та дефіцит тепла, – скоростиглі і ранньостиглі сорти [245].

Науково-обґрунтований підхід до розміщення та раціонального використання сортових ресурсів сої сприяє не лише раціональному використанню біокліматичного і ресурсного потенціалу, але й максимально повній реалізації потенційних можливостей генотипів і формуванню ними високопродуктивних агрофітоценозів [175, 246].

Потенціал урожайності сортів сої вітчизняної селекції досить високий та складає для ультраскоростиглої групи 2,3-2,8 т/га, ранньостиглої – 2,5-3,0, середньоранньостиглої – 3,0-4,0, середньостиглої – 4,1-5,0 т/га і більше [213].

В умовах Лісостепу, за результатами досліджень Порядинського В. та Ляшенка В. [353], найвищу середню врожайність забезпечували сорти середньостиглої групи – на рівні 2,6 т/га.

Сорти середньоранньої групи формували на 8 % нижчу врожайність. Найменш врожайною була група скоростиглих сортів – їх середня врожайність складала 2,1 т/га, що на 24,6 % менше ніж середньостиглі сорти і на 9,7 % – ніж середньоранні.

Результатом успішної роботи українських селекціонерів є створення великої кількості сортів з різними покращеними ознаками.

Наприклад, сорти з підвищеною холодостійкістю (Монада, Подільська 416, Подільська 1, Подолянка (оригіратори – Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Подільський державний аграрно-технічний університет) можна висівати на 10-14 діб раніше оптимальних строків, що дозволяє послабити негативну дію високих температур на рослини під час плодоутворення та використовувати сою як попередник під пшеницю озиму. Створені ультраранньостиглі сорти та сорти з більш раннім цвітінням (Легенда, Устя, Єлена, Анжеліка, Ворскла (оригіратор – Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»), Ельдорадо, Альтаір (оригіратор – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН), Білявка, Аннушка, Анастасія (оригіратор – ПП НСНФ «Соевий вік»), а також сорти зі збільшеною китицею та більшим числом плодоеlementів (оригіратори – Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН та Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН») [246].

Велика увага селекціонерів приділяється створенню сортів сої з підвищеним вмістом олії та білка в зерні, а також з більшою масою 1000 насінин – показник, який істотно визначає продуктивність рослин та на 75-80 % визначається генотипом сорту [247, 248].

Значні відмінності між сортами сої відмічаються і за здатністю до симбіотичної азотфіксації у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Внаслідок інокуляції насіння найбільші прирости, на рівні 16,2 %, забезпечували посіви пізньостиглого сорту, на рівні 11,5 % – середньопізньостиглого та 8,7 % – середньостиглого сорту.

При виборі сорту основними критеріями є тривалість його періоду вегетації, насіннева продуктивність, висота прикріплення нижнього бобу, стійкість до хвороб, шкідників, осипання та вилягання, висока якість зерна з вмістом олії понад 20 % та сирого протеїну понад 40 %, у посушливому регіоні – стійкість до посухи, у перезволоженому і під час зрошення – до тимчасового перезволоження [175, 216, 245].

Не менш важливими є такі характеристики сорту як підвищені темпи початкового росту, що сприяє затіненню ґрунту та пригніченню проростаючих бур'янів, тривалість цвітіння і формування бобів, міцність стебла, дружність дозрівання бобів та скидання листків на різних ярусах рослини [240].

З метою одержання стабільних врожаїв доцільним є вирощування в кожному господарстві 2-3 сорти, відмінних за тривалістю вегетаційного періоду та стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища [249].

Проте, на сьогодні, у зв'язку з необхідністю вирішення проблеми добору попередників для пшениці, ячменю та жита озимих все частіше висівають, переважно, скоростиглі сорти сої, які хоча й поступаються середньораннім та середньостиглим за урожайністю, однак, період їх досягання та збирання проходить за більш сприятливих погодних умов, в результаті чого отримують насіння вищої якості.

До того ж, використання ультраскоростиглих і скоростиглих сортів сприяє поширенню цієї культури у більш північні регіони країни [249, 250].

Отже, на основі узагальнення наукової літератури можна стверджувати, що для формування високопродуктивних агрофітоценозів сої необхідним є науково-обґрунтоване розміщення і раціональне використання її сортових ресурсів та вирощування за сучасними технологіями, які найбільш повно відповідають біологічним вимогам сорту.

1.2. Особливості мінерального живлення та удобрення сої

У зв'язку з необхідністю нарощування обсягів виробництва насіння сої постає питання пошуку найбільш ефективних прийомів підвищення її продуктивності. Серед таких заходів чільне місце займають мінеральні добрива [251-254], частка участі яких у формуванні врожаю сої за даними різних авторів становить від 30 до 41 % [241, 255].

Загалом, питання використання мінеральних добрив під сою в аграрній науці висвітлені досить детально, але погляди вчених на цю проблему часто досить суперечливі [188, 256, 257, 258].

Це пов'язано з тим, що соя має складний механізм взаємодії з факторами зовнішнього середовища, обумовлений здатністю рослин до споживання симбіотичного азоту та низкою специфічних реакцій на погіршення умов вегетації. Однією з причин специфічної реакції сої на удобрення є розтягнутий період від цвітіння до плодоношення, впродовж якого зовнішні абіотичні фактори істотно змінюються, що в значній мірі впливає на інтенсивність та обсяг засвоюваних поживних речовин, в першу чергу, азоту, фосфору та сірки [188, 245].

Однак, більшість науковців сходяться на тому, що система удобрення сої має розроблятися у відповідності з її потребами у поживних речовинах впродовж всього періоду вегетації [163, 165, 246].

Соя відноситься до вимогливих культур щодо наявності в ґрунті поживних речовин та потребує збалансованого мінерального живлення. Особливо важливим є оптимальне забезпечення елементами живлення рослин в критичні періоди їх росту та розвитку: цвітіння-формування бобів. Нестача хоча б одного із елементів в цей час призводить до абортивності квіток, зав'язей та формування малої кількості і недостатньо виповненого насіння [192, 237]. До того ж, сучасні високоінтенсивні сорти здатні формувати високу зернову продуктивність лише за оптимального забезпечення поживними речовинами, що досягається завдяки застосуванню саме мінеральних добрив [247].

Впродовж вегетаційного періоду сої основні елементи живлення поглинаються її рослинами нерівномірно. На початку вегетації, від сходів до настання фази цвітіння, вона розвивається дуже повільно та використовує незначну кількість поживних речовин. У цей період найбільше соя потребує калію, дещо менше азоту і ще менше фосфору – відповідно, 24-26, 16-17 і 8-12 % від загального споживання за вегетацію.

За даними Ямкового В. [248], обсяг спожитих макроелементів у цей час не перевищує, відповідно 7,6- 9,4, 5,9-6,8 та 4,6-4,7 %, за даними Бабича А.О. [241] – 16,6 % азоту, 10,4 % фосфору та 24,7 % калію, за даними Бахмата О. М. – відповідно, 6-7, 5-6 та 7-10 % [259].

Під час цвітіння, формування та наливу бобів потреба рослин сої в елементах живлення різко зростає – за даними Бабича А.О. [241] до 78,4 % азоту, 50,0 % фосфору, 82,1 % калію, за даними Ямкового В. [248] – до 57,9-59,7 % азоту, 59,4-64,7 % фосфору і 66,0-70,0 % калію, за даними Бахмата О.М. [259] – до 58-60, 60-65, 65-70 %, відповідно.

У подальшому, від наливу бобів до кінця дозрівання інтенсивність поглинання соєю макроелементів знижується – за даними Ямкового В. [248] до 33,7- 36,3 % азоту, 30,6-36,0 % фосфору та 18,9-26,4 % калію, за даними Бахмата О.М. [259] – відповідно, до 30-35, 30-35 та 20-25 %.

У цілому, щодо азотного живлення рослини сої найбільш чутливі впродовж періоду за 2-3 тижні до та 2 тижні після цвітіння – дефіцит азоту в цей час призводить до різкого зниження врожаю, яке неможливо компенсувати внесенням азотних добрив у більш пізні фенологічні фази розвитку рослин [260-264]. У цей період добовий обсяг засвоєного азоту досягає 5 кг/добу. Азот відноситься до найголовніших елементів живлення, який обумовлює ростові процеси, входить до складу білків, нуклеїнових кислот, фосфатидів, хлорофілу та інших органічних речовин рослинних клітин [227].

Існує три шляхи надходження азоту до рослинного організму сої: за рахунок використання ґрунтового азоту, в наслідок біологічного зв'язування азоту атмосфери та з мінеральних добрив [260]. Кількість азоту, засвоєного соєю з повітря, залежить від вмісту його в ґрунті – чим бідніші ґрунти, тим інтенсивніше відбувається азотфіксація [261], тому зниження рівня ґрунтового азоту до 41-80 мг/кг істотно стимулює симбіотичну азотфіксацію [212]. У значній кількості соя потребує також калій, оскільки він відіграє важливу роль у регулюванні синтезу білка, підтриманні водного

балансу, перерозподілі вуглеводів, азотному обміні, підвищує стійкість рослин до захворювань і вилягання, покращує засвоєння ними фосфору та азоту. Порівняно з цими макроелементами, калій характеризується більш швидкою міграцією до рослинного організму [212, 240].

Максимальна кількість калію використовується через 87-95 діб після сходів [235] та припиняється за два-три тижні до настання фази досягання насіння [240].

За даними Баби́ча А.О. [241], у кінці фази цвітіння соя споживає цей макроелемент в 1,5 рази більше ніж азоту – у межах 18,5-20,1 %, однак, впродовж періоду дозрівання рівень засвоєння калію відносно азоту, навпаки, знижується та становить 26,4-18,9 %. На думку видатного вченого та його колег [212, 237, 241], самі калійні добрива не мають вирішального впливу на ріст і розвиток рослин сої, однак, за сумісного внесення з азотними та фосфорними сприяють формуванню високих врожаїв.

Порівняно з рівнем споживання азоту та калію, фосфор поглинається соєю в найменшій кількості. У рослинах цей макроелемент міститься в мінеральних та органічних речовинах, а також нуклеопротеїдах і нуклеїнових кислотах, які мають важливе значення у синтезі білка, рості та розмноженні рослин, передачі спадкових ознак, формуванні якісних показників [240]. За дефіциту цього елемента відмічається уповільнення темпів росту рослин і наростання площі їх листової поверхні, в наслідок чого рівень урожайності істотно знижується [235].

Засвоєння фосфору кореневою системою починається вже через 3-5 діб після проростання насіння, досягаючи максимальних рівнів поглинання (до 0,45 кг/добу) з настанням фази формування бобів та припиняється за 10 діб до повної стиглості насіння [232, 235, 241].

Для сої характерним також є інтенсивне споживання основної частини фосфору на ранніх етапах розвитку і тимчасове нагромадження його про запас у вегетативних органах з подальшим переміщенням з листя, стебел та черешків у насіння [212, 237, 241].

Причому, в умовах оптимального зволоження інтенсивність засвоєння цього елемента живлення у два-три рази вища, ніж у посуху [235]. Свою потребу у фосфорі соя задовольняє виключно за рахунок його запасів у ґрунті та внесення фосфорних добрив [208, 241].

За даними багатьох вчених [212, 235, 265, 266], збалансоване фосфорно-калійне живлення покращує розвиток кореневої системи рослин, підвищує масу та кількість бульбочок, ефективність симбіозу та олійність насіння, сприяє зниженню ураженості рослин хворобами та в підсумку, підвищує продуктивність культури.

Для нормального росту та розвитку сої і формування нею повноцінного та якісного насіння важливе значення має також оптимальне забезпечення її рослин кальцієм, магнієм, сіркою, марганцем, молібденом, цинком, бором та міддю [241]. Нестача цих елементів знижує ефективність азотфіксації, стійкість рослин до хвороб, величину врожаю та його якість [235, 267]. Ефективним заходом підвищення продуктивності сої є також внесення органічних добрив [240, 241, 244]. За оцінками фахівців, на формування 1 ц насіння сої витрачається близько 7,2-10,0 кг азоту, 1,7-4,0 кг фосфору, 2,2-4,4 кг калію, 0,8-0,1 кг магнію та 1,8-2,1 кг кальцію [165, 241].

За даними Лихочвора В.В. та ін. [266], витрати поживних речовин дещо нижчі та складають: азоту – 6,5-7,5 кг, фосфору – 1,3-1,7 кг, калію 1,8-2,2 кг. За результатами досліджень науковців Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН соя сорту Київська-27 на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах на формування 1 ц насіння і відповідної кількості побічної продукції використовувала 7,3-7,8 кг азоту, 2,4-2,5 кг фосфору, 2,9-3,6 кг калію та 2,4-2,6 кг кальцію [268].

Найбільший виніс з урожаєм азоту, порівняно з іншими елементами живлення сої, пояснюється високим вмістом білка в її насінні [235]. Обсяг спожитих рослинами сої елементів живлення залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, взаємозв'язку між поживними речовинами, які синтезуються в коренях та листостебловій масі, особливостей росту і

розвитку рослин, їх взаємовідносин у фітоценозі та архітектоніки посіву [288, 349]. Після себе соя залишає на 1 га близько 60-150 кг/га біологічно фіксованого азоту, який використовується наступними культурами на 90-100 %, в той час як мінеральний азот лише на 50-60 %, а також 20-25 кг/га фосфору та 30-40 кг/га калію [206, 230].

Оскільки мінеральні добрива істотно впливають на фізіологічні процеси у рослині та ефективність симбіозу, норми та строки їх внесення значно різняться, залежно від типу ґрунту та його агрохімічної характеристики, рівня запланованого врожаю, удобрення попередньої культури, сортових особливостей, умов вологозабезпеченості тощо [258, 269].

Щодо внесення фосфорних та калійних добрив під сою єдина думка відсутня, оскільки одні вчені вважають, що потребу у фосфорі та калію вона може задовольнити самостійно завдяки високій здатності її кореневої системи засвоювати ці елементи з важкодоступних форм у ґрунті [270]. Інші, вказують на позитивну реакцію рослин сої на внесення фосфорних та калійних добрив [205].

На думку Лихочвора В.В. та Петриченка В.Ф. [192], ефективною для сої є норма $P_{45-60}K_{45-60}$, внесена під основний обробіток ґрунту. За результатами досліджень цих вчених, внесення $P_{30}K_{30}$ та $P_{90}K_{90}$ сприяло формуванню врожайності насіння сорту Устя на рівні 2,45 та 2,77 т/га, забезпечуючи приріст до контрольного варіанту, відповідно, 0,26 та 0,58 т/га або 11,9 і 26,5 %.

Адамень Ф.Ф. [235] зазначає, що ефективність калійних добрив є вираженою при вмісті калію в ґрунті в доступній формі менше ніж 85 кг/га, а фосфорних добрив – якщо вміст фосфору не перевищує 45 кг/га. У досліджах Глушачка А.Г. підвищенню врожаю – на 0,51-0,58 т/га, сприяло внесення P_{45} , застосування лише калійних добрив не змінювало його рівень відносно контрольного варіанту. Сумісне застосування калію, азоту та фосфору забезпечувало максимальний приріст урожайності – на 0,19-0,80 т/га, що підтверджує вищу ефективність повного мінерального удобрення.

За даними досліджень Баби́ча А.О. [212], внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло формуванню врожайності насіння сої на рівні 1,95 т/га, застосування $N_{60}P_{90}K_{90}$ – 2,14 т/га, тоді як на неудобреному варіанті – лише 1,65 т/га. Видатний вчений також зазначав, що екологічно більш виправданим є поєднання застосування ризоторфіну та фосфорно-калійних добрив, аніж повного мінерального добрива [232].

У значній мірі фосфорно-калійні добрива впливають і на хімічний склад насіння сої. Внесення $P_{45}K_{120}$, за умов проведення оранки та дискування, підвищувало вихід сирого протеїну на 0,56 т/га та олії на 0,42 т/га, порівняно до варіантів без удобрення [271].

Для сої, як і для решти зернобобових культур, важливу роль у формуванні її продуктивності відіграють умови ґрунтового живлення азотом. У симбіозі з бульбочковими бактеріями ця культура здатна засвоювати молекулярний азот атмосфери та на 50-70 % задовольняти свої потреби в цьому макроелементі самостійно [250]. У зв'язку з цим, питання використання азотних добрив під сою є найбільш суперечливим та дискусійним, оскільки для створення, наприклад, бездефіцитного балансу в ґрунті за вмістом фосфору і калію можна точно розрахувати необхідні норми внесення фосфорних і калійних добрив. Для азоту такий підхід зовсім неможливий, так як йому характерний набагато складніший цикл перетворень в природі, а тому при визначенні норми азотних добрив слід відштовхуватись від оцінки реальних масштабів використання біологічного азоту за рахунок симбіотичної активності [241]. Суперечності щодо азотного живлення сої обумовлені її біологічними особливостями та відмінностями ґрунтово-кліматичних умов, в яких проводили дослідження різні вчені [188].

На думку ряду науковців [272, 273], кількість азоту, необхідна для нормального росту і розвитку рослин сої на початкових етапах онтогенезу, до переходу їх на симбіотрофний тип живлення, невелика і може бути забезпечена його ґрунтовими запасами, а тому рослини не повинні відчувати азотного голодування. Внесення навіть низьких доз азоту (N_{10-30}) пригнічує

процеси утворення та формування бульбочкових бактерій і їх нітрогеназну активність [274, 275]. Однак, підвищений врожай насіння за рахунок симбіотичного азоту соя може формувати лише за умови раннього утворення бульбочок і високоефективного симбіозу [261].

Інша група вчених [226, 235, 259, 267, 276] стверджують, що незважаючи на здатність сої в значній мірі задовольняти свою потребу в азоті за рахунок його біологічної фіксації з атмосфери вона позитивно реагує на внесення мінерального азоту. У наслідок використання азотних добрив відмічається збільшення вегетативної маси, лінійного росту рослин, площі листової поверхні та в підсумку – врожайність і якість насіння сої, проте, інколи знижується її симбіотична продуктивність [174, 277, 278]. Однак точки зору, щодо норм внесення мінерального азоту різняться.

Одні вчені [208, 261, 278] доводять, що під сою, особливо на бідних ґрунтах, обов'язковим є внесення невеликих «стартових доз» азоту на рівні N_{10-45} , оскільки в перші 10-20 діб росту рослин, коли бульбочки ще не утворились, для утворення листової поверхні, необхідної для фіксації азоту з повітря бульбочковими бактеріями, соя використовує саме мінеральний азот.

Відомі вчені Лихочвор В.В. та Петриченко В.Ф. [192] рекомендують вносити стартову дозу азоту (N_{30}) лише на бідних ґрунтах та після неудообрених попередників, а повну дозу – на рівні N_{60-90} – у випадку неефективної роботи бульбочок.

Застосовувати мінеральні добрива під основний обробіток ґрунту в нормі $N_{45}P_{60-90}K_{60-90}$ рекомендує Бабич А.О. [241].

У проведених ним дослідях, приріст урожайності насіння сої за рахунок внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{60}K_{60}$ становив 0,37 т/га (сорт Золотиста) та 0,43 т/га (сорт Омега Вінницька) [237].

Крім того, видатний вчений відмічав, що дія мінерального азоту у роки з прохолодними веснами, коли процеси нітрифікації відносно ослаблені, значно зростала [241].

За даними Петриченка В.Ф. [208], для формування урожайності насіння сої на рівні 3,0-3,5 т/га на сірих лісових ґрунтах необхідно вносити під зяблеву оранку по 60 кг/га д. р. фосфорних і калійних добрив і 30-45 кг/га д. р. азотних навесні.

Для умов Північного Лісостепу, за результатами досліджень Камінського В.Ф. [257], найбільш ефективним виявилось внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{90}K_{90}$ та $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{10}$ компенсуючої післядії соломи на фоні інокуляції насіння, що сприяло формуванню врожайності насіння сої сорту Устя на рівні 1,84-2,14 т/га.

Максимальний урожай сої – на рівні 3,18 т/га було отримано за сумісної дії $N_{30}P_{90}K_{30}$ та інокуляції насіння Нітрагіном, що на 1,04 ц/га перевищувало контрольний варіант, але вміст білка був на 0,60 % нижчим, ніж при внесенні $N_{60}P_{90}K_{30}$.

За даними ТОВ «Науково-дослідний інститут сої» [279, 280], найвищий врожай насіння з максимальним вмістом сирого протеїну соя сорту Агат (2,86 т/га) та сорту Київська 27 (2,50 т/га) формувала за умови застосування мінеральних добрив у нормі $N_{30(ВАС)}P_{60}K_{60}$ на фоні інокуляції насіння Ризоторфіном.

Згідно результатів досліджень Стрихара А.Є. [277], в умовах Лісостепу правобережного на чорноземах типових опідзолених внесення під посіви сої $N_{45}P_{45}K_{45}$ дозволило сформувати врожай насіння сортів Артеміда, Єлена та Київська 98 на рівні 2,55-3,56 т/га, не маючи при цьому негативного впливу на формування кількості та маси бульбочок.

На думку інших вчених [188, 235], з метою отримання високих врожаїв насіння сої під неї слід вносити вищі норми мінерального азоту – на рівні 60-90 кг/га, враховуючи процес взаємодоповнення автотрофного та симбіотрофного живлення, що базується на ефекті синергізму дії мінерального та симбіотичного азоту.

Внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ на широкорядних посівах сої у районі достатнього зволоження Лісостепу забезпечувало приріст урожаю насіння на рівні

0,18 т/га, а збільшення азоту до 60 кг/га на фоні $P_{40}K_{40}$ – на 0,41 т/га, відносно неудобреного варіанту. За норми $N_{40}P_{40}K_{40}$ вміст протеїну збільшувався на 1,8 %, за норми $N_{60}P_{40}K_{40}$ – на 3,0 %, порівняно з контролем [235].

Згідно експериментальних даних Дзюбайла А.Г. [278], найвищий істотний приріст урожайності насіння відносно контролю – на рівні 0,53 т/га або 38,4 % було отримано на варіанті з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Максимальне підвищення вмісту сирого протеїну – на 68,2 % відмічено при нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{30}P_{60}K_{60}$ зростання вмісту протеїну складало 62,9 та 47,0 %, відповідно.

У дослідженнях Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, внаслідок застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ приріст урожаю насіння сої відносно неудобреного варіанту становив: у сорту Білосніжка – 0,31, Романтика – 0,31, Аметист – 0,18, Мрія – 0,21 т/га [251].

Така ж норма мінеральних добрив, внесена на темно-сірому опідзоленому ґрунті Лісостепу лівобережного забезпечила формування врожаю на рівні 3,5 т/га [269].

У випадку внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$, Лихочвор В.В. та Петриченко В.Ф. [192] рекомендують незалежно від типу ґрунту обов'язково вносити комплекс мікроелементів.

При застосуванні високих доз азотних добрив (N_{120}) під сою більшість вчених відмічали майже повне пригнічення симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій, а ріст врожайності при цьому відбувався виключно завдяки засвоєнню рослинами мінерального азоту [275, 283].

Однак, зустрічаються наукові роботи, в яких зазначено, що навіть при високих нормах мінерального азоту за вирощування інокульованої сої відбувається активна фіксація молекулярного азоту атмосфери [272].

За відсутності умов для активної симбіотичної діяльності, наприклад, внаслідок пересихання та переущільнення ґрунту, нестачі тепла, високої кислотності ґрунтового середовища, значення азотних добрив істотно зростає і вносити їх у таких випадках слід саме у підвищених дозах [281-283].

Високі норми азотних добрив впливають також на хімічний склад насіння. У дослідях встановлено, що при внесенні азотних добрив у нормі N_{120} вміст олії у насінні сої, порівняно з контролем, зріс удвічі, а при N_{180} – зменшився на 54,7 %. Щодо вмісту білка, при застосуванні N_{30} , відмічалось його зростання на 8,8 %, а на варіантах з підвищеними дозами азотних добрив вміст білку в насінні сої не відрізнявся від значень на контрольному варіанті. Ефективність добрив, у тому числі азотних, в значній мірі залежить від строків їх внесення. Найбільш ефективним є внесення мінеральних добрив у два етапи: перший – $2/3$ від їх загальної кількості під основний обробіток ґрунту, другий – $1/3$ у підживлення [240]. Позитивний вплив роздрібного внесення добрив обґрунтовується тим, що основну кількість поживних елементів соя поглинає під час цвітіння-наливу насіння, коли їх запаси в ґрунті вже вичерпуються. Тому з метою створення бездефіцитних за вмістом азоту умов для росту і розвитку рослин, потрібно ще на початку вегетації забезпечити їх достатньою кількістю мінерального азоту, а в подальшому – корегувати азотне живлення відповідно до потреб рослин [197, 284, 285].

Залежно від строків внесення азотних добрив змінюється й інтенсивність засвоєння рослинами азоту з них – при застосуванні їх до сівби коефіцієнт використання азоту становить понад 60 %, а при внесенні у підживлення – понад 80 % [206, 240]. Особливо важливе значення підживлення сої азотними добривами відмічається у випадку перезволоження ґрунтів впродовж вегетації рослин, коли внаслідок анаеробіозу відбувається погіршення процесу азотфіксації через відмирання більш активної частини коренів сої [279].

Бабич А.О. та Бабич-Побережна А.А. на сірих лісових ґрунтах рекомендують вносити $P_{60}K_{90} + N_{45}$, на чорноземах опідзолених – $N_{30-45}P_{60}K_{45-60}$, а за вирощування сортів інтенсивного типу – проводити підживлення N_{30} у фазі бутонізації [212]. В умовах Північного Лісостепу максимальний рівень реалізації потенціалу насінневої продуктивності сої сорту Омега Вінницька (2,92 т/га) був досягнутий за рахунок внесення мінеральних добрив у нормі

$N_{30}P_{45}K_{60}$ та проведення підживлення N_{15} у фазі бутонізації [195, 285].

На чорноземі типовому середньоглибокому важкосуглинковому застосування мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ дозволило сформувавши врожай насіння сої сорту Подільська 416 на рівні 3,03 т/га та забезпечило вихід олії – на рівні 0,702 т/га [286].

У результаті досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН встановлено, що за сівби сортів сої інтенсивного типу, насіння слід інокулювати Ризоторфіном та вносити мінеральні добрива в нормі $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{30}$ у фазі бутонізації. Внаслідок проведення таких агротехнічних прийомів приріст урожаю насіння становив 0,8-1,1 т/га, відносно контролю [350]. Максимальний приріст урожаю – на рівні 0,21 т/га отримано в результаті внесення $P_{40}K_{40}$ + рядкове внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та проведення підживлення N_{30} у фазі цвітіння. За такого комплексу мінерального удобрення отримано також найвищий вихід білка (0,77 т/га) та олії (0,34 т/га). Однак, автори відмічають, що у роки з недостатньою кількістю опадів підживлення N_{30} не виявляло позитивного ефекту щодо підвищення насіннєвої продуктивності сої.

Застосування $N_{60}P_{60} + N_{30}$ у фазі бутонізації забезпечило приріст урожайності на рівні 0,81 т/га за найвищої економічної ефективності. Бабич А.О., Марущак О.А. та інші вчені [232, 283] рекомендують при виявленні незадовільного стану бульбочок та жовтуватого відтінку в забарвленні рослин провести 1-2 підживлення азотними добривами у нормі N_{30-45} у фазі бутонізації або цвітіння.

Мінеральне живлення бобових культур, і сої зокрема, характеризується тривалим процесом споживання основних елементів, особливо азоту, фосфору та сірки. Також він тісно пов'язаний з процесом накопичення і використання рослинами фіксованого з атмосфери азоту. Мінеральне живлення рослин неабияк впливає на синтез вітамінів. Як нестача, так і надлишок елементів живлення знижує вміст у рослині каротину, аскорбінової кислоти та інших вітамінів.

Важливими мікро- та мезоелементами для повноцінного розвитку та росту сої є азот, фосфор і калій, бор (В), молібден (Мо), цинк (Zn), а також залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu), кобальт (Co) та ін. [384, 385, 453].

Вони беруть участь у всіх фізіологічних процесах розвитку рослин, підвищуючи ефективність багатьох ферментів у рослинному організмі та покращують засвоєння рослинами елементів живлення із ґрунту [453, 454].

Переважає більшість є активними каталізаторами, що прискорюють біохімічні реакції та впливають на їх спрямованість. Нестачу мікроелементів важко виявити, але за наявності певних ознак дефіциту рослині вже завдано незворотної шкоди: ріст і розвиток рослин затримано, на належний урожай та його якість марно сподіватися [286-289, 453].

Процес зниження урожайності, зі свого боку, негативно позначається на рості та розвитку рослин, спричиняючи більшу вірогідність ураження хворобами та погіршення якості зерна [290-293, 453, 454].

Найважливішими мікроелементами для сої є бор, молібден, кобальт. Бор необхідний рослинам упродовж усієї вегетації. За його нестачі особливо страждають точки росту молодих органів рослин, погіршується надходження азоту, порушується процес зав'язування і досягання насіння. Вносять бор на кислих і провапнованих ґрунтах за вмісту його рухомих сполук менш як 0,5 мг/кг ґрунту [294, 295, 308].

Кальцій і магній рослинам сої потрібен для формування повноцінного і якісного насіння [296, 297].

Максимальна кількість кальцію і магнію споживається на 70-й день після сходів і становить 1,5 кг/добу з 1 га. Сірка – винятковий елемент живлення для сої – високобілкової культури. Максимальна кількість сірки споживається в фазу формування бобів – 1,7 кг/добу з 1 га.

Молібден сприяє росту коренів, пришвидшує розвиток і стимулює діяльність бульбочкових бактерій.

Він локалізується у молодих органах рослин, а наприкінці вегетації переважно зосереджується у насінні.

Соя досить чутливо реагує на внесення молібденових добрив – приріст урожайності зерна становить 2-3 ц/га. Їх висока ефективність виявляється за вмісту молібдену на сірих ґрунтах – менш як 0,15 мг, на чорноземах і каштанових ґрунтах – 0,30 мг/кг [130, 209, 298].

Слід зауважити, що макро- та мікроелементи неможливо замінити жодними іншими речовинами. Спроба збільшення внесення основних добрив не компенсуватиме їх нестачу [299, 300, 301].

Тож, за незбалансованого використання добрив страждає розвиток рослин, завдається шкода навколишньому середовищу, що в цілому зумовлює неефективні фінансові витрати [289, 301-304].

Зважаючи на склад ферментів, вітамінів та інших біологічно активних речовин, мікроелементи відіграють важливу роль у процесах синтезу та обміну білків, вуглеводів, жирів.

Рослини, що належним чином забезпечені мікроелементами, значно краще споживають та засвоюють основні добрива (на 10-30 %), відмінно розвиваються та краще протистоять хворобам, шкідникам, заморозкам, засухам та іншим стресовим чинникам.

Кобальт зосереджується у бульбочках бобових культур, що пов'язано з особливим його значенням у процесах азотфіксації. Кобальтові добрива застосовують за вмісту його у ґрунті менш як 1,5 мг/кг його рухомих сполук. З метою позакореневого підживлення і передпосівної обробки насіння використовують відповідно 0,01-0,05 % і 0,1-0,5 % розчином сульфату кобальту [298, 305].

Для сої, як і для інших культур, важливо правильно поєднувати основне і припосівне удобрення та підживлення. Основне удобрення вносять під сою восени під зяблевий обробіток ґрунту або навесні – під культивуацію. Азотні добрива навесні вносять у нормі, вдвічі меншій, ніж фосфорні.

За науковими даними, на початкових фазах розвитку сої, до фази бутонізації та цвітіння, вона споживає незначну кількість NPK, але вже з фази цвітіння до масового наливу бобиків настає процес максимального

поглинання основних добрив. Найкращим засобом забезпечення мікроелементами є позакореневе підживлення, шляхом обприскування мікродобрив протягом вегетації у критичні фази розвитку культури, а саме: 3–5 листків, бутонізації та наливу нижніх бобиків. У цьому випадку рослини споживають мікроелементи у 30- 40 разів ефективніше, ніж корінням [306, 307, 335].

Саме таким шляхом ми можемо забезпечити потребу сої у мікроелементах на 100 % [308, 309].

Тож, на посівах сої є дієвим позакореневе підживлення азотом, що сприяє поліпшенню якості зерна. Його проводять на початку утворення бобів 3 % розчином карбаміду. Соя також позитивно реагує на позакореневе внесення сірки і магнію. Перше підживлення 5 % розчином сульфату магнію проводять у фазу 6-8 листків, друге – перед цвітінням. Важливим фактором у підвищенні якості зерна сої є наявність калійних добрив, які, як і фосфорні, вносять у нормі 45-60 кг/га д.р. [310-312].

Завдяки добре розвиненій кореневій системі соя може засвоювати поживні елементи з глибших шарів ґрунту, а також ті, які знаходяться у важкодоступних формах і не засвоюються іншими зерновими і бобовими культурами. Поза тим, соя здатна симбіотично фіксувати атмосферний азот. З огляду на це Д.Арабаджиев зі співавторами відзначають, що у низці досліджень соя слабо реагувала на безпосереднє внесення добрив. Ця залежність легко пояснюється більш тривалим періодом фази цвітіння та дозрівання насіння [313].

Впродовж вегетаційного періоду сої основні елементи живлення засвоюються нею нерівномірно. Накопичення в рослині азоту, фосфору та калію спершу відбувається повільно, а згодом у період між фазами повного цвітіння до пожовтіння нижніх бобів – посилюється [291, 292].

За цей період, який триває приблизно 40–45 діб, засвоюється близько 80 % цих елементів. Порівняймо: від фази сходів до цвітіння засвоюється азоту – 16,6 %, фосфору – 10,4 %, калію – 24,7 %.

У вище згаданий період – азоту – 78,5 %, фосфору – 50 %, калію – 82,2 % [314, 455].

Соя виносить (усереднені дані) з урожаєм 5,00–7,30 кг N/ц; 1,40–1,90 P₂O₅; 2,86–2,90 K₂O; 0,86–1,00 MgO; 2,10 CaO; 0,4 S кг/ц. Від сходів до цвітіння засвоює 5,9–6,8 % азоту, 4,6–4,7 % фосфору і 7,6–9,4 калію від загального споживання за вегетацію.

Незначну кількість елементів живлення споживає в період від проростання насіння до фази цвітіння, а найбільше – упродовж цвітіння, формування бобів, початку наливу насіння [315-317].

У цей період соя споживає відповідно 57,9–59,7 %; 59,4–64,7 % і 66,0–70,0 %; від початку наливу зерна до кінця дозрівання – 33,7–36,3 %; 30,6–36,0 % і 18,9–26,4 % відповідно [456].

Ряд дослідників відзначають, що для формування 100 кг насіння соя засвоює 6,9–7,6 кг азоту, 1,6–1,8 кг - фосфору та 4,4–4,8 кг - калію [292, 316]. Дещо вищі результати виносів елементів живлення з урожаєм сої отримали вчені [302, 318].

За їх даними, на формування 1 т насіння сої затрачається азоту – 80– 85 кг, фосфору – 20–25 кг, калію – 60–65 кг. Адамень Ф.Ф. (1995), узагальнюючи результати досліджень проведених мережею сільськогосподарських дослідних станцій зауважує, що величина виносу основних елементів живлення соєю може значно коливатись залежно від ґрунтово–кліматичних умов вирощування. Так, в умовах Приамур'я соя на формування 1 ц/га насіння виносить близько 9–10 кг/га азоту, 2,7 кг/га фосфору та 3,3 кг/га калію, тимчасом як у Південному Ліссостепу України – близько 8 кг/га азоту, до 2,5 кг/га фосфору, до 3,6 кг/га калію [235, 319].

За даними досліджень Інституту кормів НААН України, соя сорту Київська–27 на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах використовує на формування 1 ц насіння і відповідної кількості побічної продукції 7,3–7,8 кг/га азоту, 2,4–2,5 – фосфору, 2,9–3,6 – калію та 2,4–2,6 – кальцію [268, 296, 320].

В азотному живленні критичний період для сої – 2–3 тижні після цвітіння; в фосфорному – перший місяць її життя [321, 322]. Період максимального засвоєння азоту припадає на фазу цвітіння та формування бобів і сягає 5 кг/добу. Фосфор з ґрунту починає засвоюватися рослинами одразу через 3–5 діб після появи корінчиків. Калій здатен швидше мігрувати в рослину, ніж азот і фосфор. Він виконує роль балансуєчого елемента в живленні рослин азотом і фосфором. У період максимального споживання рослини сої виносять його 1,9 кг/га добу [209, 323, 324, 457].

За недостатньої кількості в ґрунті легкорухомих форм мінеральних речовин соя відмінно реагує на диференційоване дрібне внесення добрив під основний обробіток, при сівбі та підживленні. До 70 % загального споживання азоту соя забезпечує себе біологічною фіксацією його з повітря шляхом симбіотичної діяльності з бульбочковими бактеріями. За нормальних умов для діяльності бульбочкових бактерій не потрібні азотні добрива. На недостатньо забезпечених гумусом ґрунтах і низькому рості рослин можна після ґрунтової діагностики внести 30–40 кг N/га. [296, 325, 326].

Низька економічна ефективність застосування добрив в Україні пов'язана, насамперед, з дисбалансом їх внесення. Оптимальне співвідношення N:P:K складає 1:1,2:0,9, а фактичне (станом на 1991 рік) складало 1:0,52:0,56. З огляду на ці дані, в Україні не виконуються основні рекомендації щодо збалансованого живлення сільськогосподарських культур. Закон мінімуму підтверджує залежність результативності використання одного елемента живлення рослин від вмісту інших. Зокрема, виявлено, що фосфорно–калійні добрива дають більші прирости врожайності на тлі збагачення ґрунту легкогідролізованим азотом [327-329].

У процесі розробки системи удобрення слід зважати на вміст поживних речовин в ґрунті, які знаходяться в мінімумі, відношення культур до катіонного та аніонного складу добрив [330-333]. Бобові культури, до яких належить соя, характеризуються досить високими темпами засвоєння поживних речовин до фази цвітіння. Вони відмінно реагують на післядію

органічних та мінеральних добрив, а також на вапнування. Як зазначає науковець Господаренко Г. [321] при вирощуванні сої науково–обґрунтована система удобрення може дати приріст врожаю до 5,3 ц/га.

Проблема мінерального живлення сільськогосподарських культур, зокрема сої, є головною при розробці зональних технологій їх вирощування. Зокрема в своїх працях [1, 4, 5, 83, 299] відзначали важливість раціонального використання мінеральних та бактеріальних добрив. В останні роки глибоко досліджується процес мінерального живлення сої та розробка систем удобрення культури. Так, відомо, що для формування 100 кг насіння соя засвоює 6,9-7,6 кг азоту, 1,6-1,8 кг фосфору та 4,4-4,8 кг калію [5, 292, 326].

Для забезпечення сої елементами живлення вчені рекомендують здійснювати позакореневі підживлення повним мінеральним добривом у ті фази вегетації бобових рослин, коли вони відчують нестачу в елементах живлення. Ряд авторів [310, 334-336, 458] відзначає необхідність збалансованого мінерального живлення бобових рослин, і зокрема сої, упродовж вегетації рослин. Надважливим є питання повного забезпечення рослин поживними елементами в критичні періоди вегетації: цвітіння – формування бобів. Нестача хоча б одного з основних елементів живлення призводить до абортивності квітів, зав'язей, формування малої кількості недостатньо виповненого насіння.

Дані досліджень виносу поживних речовин з урожаєм сої показують, що найбільше вона виносить азоту, що можна пояснити високим вмістом білка в насінні.

Відомо, що частину своєї потреби в азоті, або навіть повну потребу в цьому елементі, соя може задовольнити завдяки симбіотичній азотфіксації. Проте, думки вчених з цього приводу дискусійні, як і питання застосування під сою азотних добрив.

Наявні думки щодо цього можна умовно розділити на три групи. Перша група вчених [337, 459] вважає, що соя може бути високоврожайною тільки завдяки природній родючості ґрунту та симбіотичній фіксації азоту без

застосування азотних добрив.

Проте, за несприятливих умов для розвитку і функціонування бобово-ризобіального комплексу, соя для формування високого повноцінного врожаю повинна використовувати азот органічної речовини ґрунту або добрив.

На думку інших вчених [325, 338, 339] використання азотних добрив в нормах більше 60 кг/га пригнічує розвиток бульбочкових бактерій, що негативно позначається на рості, розвитку і формуванні врожаю сої. Застосування навіть «стартових» доз азотних добрив є шкідливим, адже затримує процес формування бульбочок. Автори вважають, що кількість азоту, яка потрібна сої на початкових етапах онтогенезу, до переходу на симбіотрофне живлення, завжди є в усіх типах ґрунтів, тому рослини не повинні відчувати азотного голодування. За обробки насіння нітрагіном і відмінному розвитку бульбочок, врожай насіння сої без внесення азотних добрив коливався в межах 31,5-48,5 ц/га; при внесенні азотних добрив 30 кг/га – 32,1-49,1 ц/га, а за 60 кг/га азоту – 32,3-48,3 ц/га [325, 340].

Інші вчені зазначають, що задля запобігання азотному голодуванню, яке може виявлятися у сої на ранніх етапах органогенезу, потрібно вносити «стартові» норми азотних добрив – до 30 кг/га. Також варто зауважити, що за даної умови активізується процес азотфіксації. А окремі дослідники вважають, що повноцінний врожай соя може сформувати тільки при удобренні азотом у нормі 30-60 кг/га [324, 341].

Результати досліджень вказують на те, що позакореневе підживлення сої є одним з реальних шляхів підвищення продуктивності сої. Так, врожайність насіння сої за внесення 60 кг/га фосфору без удобрення азотом складала 24,7 ц/га, при цьому на корінні формувалось 48 % активних бульбочок; за внесення в ґрунт 30 кг/га азоту врожайність збільшувалась до 28,8 ц/га, але кількість активних бульбочок знизилась до 26 %; за внесення тієї ж кількості азоту у вигляді позакореневого підживлення врожай сої був на рівні 29,1 ц/га, а кількість активних бульбочок зросла до 51 %.

Найвищий показник урожайності – 37,1 ц/га було отримано за позакореневого підживлення сої 20 кг/га азоту в комплексі з мікроелементами (Mo – 0,1+Co – 0,05+Zn – 0,45+B – 1) на фоні внесення 60 кг/га фосфору. При цьому кількість активних бульбочок зросла до 77 %. Позакореневе підживлення здійснювали в три строки: через 45 діб після появи сходів, перед початком цвітіння та при наливанні насіння.

Приблизно 80 % поживних речовин засвоюється соєю у період між початком утворення бобів і фізіологічною стиглістю. У цей період сої необхідна додаткова кількість поживних речовин, адже їх відсутність – зменшує продуктивність [342]. Тому своєчасне підживлення усуває голодування рослин у критичні фази їх розвитку, підвищуючи врожаї сої. Необхідність підживлення визначається по зовнішньому вигляду рослин і за допомогою лабораторії Магницького. Підживлення є найбільш ефективними у фазу цвітіння, адже саме тоді потреба у поживних речовинах збільшується. При корневих підживленнях добрива вносять культиваторами-підживлювачами у міжряддя на глибину 8-12 см до змикання рядків. Серед кращих форм добрив для підживлення є суперфосфат подвійний, амофос, діамфос, нітрофос, сечовина. За результатами дослідів підживлення сприяють підвищенню врожайності зерна сої на 2,1-3,7 ц/га [294, 295, 310, 343].

Також виявлено, що сої необхідне додаткове внесення добрив у період формування бобів, оскільки починаючи з серпня азотисті сполуки у ґрунті різко убувають, частина їх вимивається, інша ж – денітрифікується, крива наявності у ґрунті рухливих сполук фосфору у липні-серпні теж наближається до нуля. І тоді соя, як пізня культура, у період формування бобів виявляється у несприятливих умовах азотного і фосфорного живлення.

У цей період важко даються кореневі підживлення, з огляду на неминуче ушкодження коренів і листя. Тому останнім часом набувають популярності дослідження некорневих підживлень сої [306, 308, 343].

Процес реутилізації внесених добрив минає систему корінь – ґрунт, де

відбуваються складні процеси міграції, перетворюються та закріплюються поживні речовини; за позакореневого підживлення удобрюється рослина, а не ґрунт – чи не найголовніша перевага позакореневого живлення, на думку вчених [460]. Серед переваг позакореневих підживлень особливої уваги надається високій ефективності використання внесених добрив, можливості одночасного внесення добрив, пестицидів, ростових речовин і різних хімічних добавок [306, 307, 344].

Варто зауважити, що позакореневе живлення є засобом швидкого, оперативного впливу на процеси метаболізму на різних фазах розвитку рослин за гострої нестачі будь-якого поживного елемента, наприклад, при хлорозі.

Сільськогосподарським культурам необхідний різний асортимент та кількість мікроелементів. Як нестача, так і надлишок останніх (до речі, важких металів) може спричинити негативну реакцію рослин через їх власну токсичність та блокування надходження у рослини необхідних елементів живлення. Це неабияк впливає на урожайність та якість самого урожаю. Наявність надлишкового вмісту деяких мікроелементів у рослинах, що споживаються, може негативно позначитися на людині та тварині [7, 286, 300].

Головним джерелом мікроелементів для ґрунту є ґрунтоутворюючі породи. Найбільш низький вміст мікроелементів зафіксовано у ґрунтах Полісся. Зважаючи на наявність ґрунтів із більш високим вмістом гумусу на території Лісостепу та Степу, значно підвищується наявність мікроелементів, що у різних формах перебувають в ґрунтах, найчастіше – у важкодоступних до засвоєння корінням рослин. За різними даними, мікроелементи з ґрунту можуть засвоюватися рослинами до 3 % від загальнонааявних [193, 305, 320, 329, 343, 456].

Ступінь та швидкість засвоєння елементів живлення із добрив через листя значно вищі, аніж корінням, однак об'єми їх засвоєння через листя обмежені. Так, фосфор, калій, кальцій не можуть бути засвоєні у значній

кількості листям, а потреба в мікроелементах може бути забезпечена через листя на 100 %. Кількість мікроелементів у ґрунті невинно зменшується шляхом їх засвоєння та винесення вирощеною продукцією та бур'янами, а частина елементів може переходити з доступних у важкодоступні форми методом хімічних перетворень. Зі зменшенням внесення органіки в ґрунт майже припинився процес їх природного поповнення [296, 305, 307, 308, 346, 461, 462].

Позакореневе підживлення рослин найбільш ефективно за умови належного удобрення ґрунтів та інтенсивної технології вирощування, де лімітуючим фактором зростання урожайності може бути нестача макро- та мікроелементів. Рослини непристосовані для повного засвоєння неорганічних солей мікроелементів (з нехелатизованих добрив або з добрив із незначною хелатизацією), тому відсоток їх засвоєння невеликий [287, 339].

Засвоєння мікроелементів можливе лише у водорозчинній формі. Їх підготовка у рухому біологічно активну форму у вигляді комплексонатів (хелатів) металів здійснюється за допомогою спеціальних речовин – хелатів.

Загальна практика внесення мікродобрив західними фермерами ґрунтується на внесенні мікроелементів розрахунковим методом відповідно до їх виносу, пропорційно до кількості запланованого урожаю, а не на основі лабораторного визначення їх кількостей у ґрунті. Серед обов'язкових агротехнічних заходів варто виділити: кислотність ґрунту, своєчасне і повноцінне внесення основних добрив, насіння належної якості, проведення заходів захисту рослин. Рослини повинні бути рівномірної густини стояння та здоровими [192, 317, 321].

Листкове підживлення мікроелементами та обробку пестицидами (дотримуючись рекомендацій виробників щодо змішування) доцільно проводити одночасно. Як наслідок – зменшення стресового впливу дії засобів захисту рослин на культуру та підвищення дії пестицидів, завдяки наявності поверхнево-активних речовин у найкращих мікродобривах.

Об'єм робочого розчину має бути 200-400 л/га; найефективніше

обприскувати в похмуру погоду, краще вранці або ввечері [193, 306, 343, 456]. Молоді, здорові рослини та їх пагони швидше засвоюють елементи живлення та в більшому обсязі. У кожної культури є так звані «критичні фази» розвитку – час, коли вони потребують тих чи інших мікроелементів. Так, наприклад: фаза кущення та початок колосіння зернових колосових, 3-5 та 8- 10 листків кукурудзи, 6-8 справжніх листків соняшнику, 7-8 листочків та бутонізації ріпаку, 4-6 та 8-10 справжніх листків цукрових буряків, 3-5 листків, бутонізація та формування бобів сої та гороху, розпускання бруньок, рожевий бутон та налив плодів на плодкових культурах, 5-8 листків, кінець цвітіння та закладання грон винограду [306, 308, 321].

Хелатизація мікроелементів у мікродобривах повинна бути обов'язковою. Хелати (латинською – «кleshня» краба) – це натуральні або синтетичні сполуки, завдяки яким мікроелементи легкодоступні для рослини. Хелатизуючий агент міцно утримує іон металу в розчинному стані [312, 324, 339, 345-347]. Зазвичай застосовують найбільш поширені ЕДТА, ДТПА та інші, основним недоліком яких є повільне розкладання у навколишньому середовищі, забруднюючи його на десятиріччя. Останнім часом у Європі зареєстрованій ІДХА (спільний патент компаній Байер та АДОБ), що біологічно розкладеться у навколишньому середовищі за 28 діб, а також добрива на основі ІДХА, які вже постачаються в Україну (наприклад БАСФОЛІАР, АДОБ Макро+ Мікро, СОЛЮ) [348, 461].

Мікроелементи у хелатній формі не мають конкурентів у процесі позакореневого підживлення. Їх профілактичне внесення шляхом позакореневого підживлення позитивно позначатиметься на стані рослин, здатне запобігти появі фізіологічної депресії, сприяючи підвищеній стійкості рослин до паразитних захворювань, збільшенню ступеню засвоєння азоту, фосфору та калію із ґрунту. А це, зі свого боку, позитивно вплине на підвищення, збереження й переробку врожаю, його клас та відмінну якість [296, 308, 345, 349].

Склад хелатного агента є негативним для культурних рослин у

різноманітних формах, адже може спричиняти фітотоксичність, опіки та пригнічення розвитку. У новітніх формах мікродобрив є поверхнево-активні речовини, які сприяють кращому засвоєнню мікроелементів, підвищують ефективність спільного застосування засобів захисту рослин, зменшуючи пестицидне навантаження, а також заощаджують кошти завдяки можливості застосування зменшених норм витрат пестицидів [310, 311, 346, 350, 462, 463].

Ступінь та швидкість засвоєння елементів живлення через листя методом позакореневого підживлення є значно вищою (у 30-40 разів), ніж при засвоєнні добрив, внесених у ґрунт, але об'єми засвоєння елементів через листя обмежені. Таким чином, фосфор, калій та кальцій практично неможливо внести в достатній кількості шляхом позакореневого підживлення, але потребу рослин в мікроелементах можна задовольнити повністю [296, 309, 351, 352].

Отже, мікроелементи – це елементи життя для рослини. Методом активізації всіх процесів у рослині вони зміцнюють імунну систему, спонукають рослини краще засвоювати основні добрива, роблять їх стійкішими до різноманітних стресових ситуацій. Як результат – рослини значно краще розвиваються, що є запорукою максимальних урожаїв відмінної якості.

Під час біологізації землеробства широке застосування повинне знайти і таке дешеве органічне добриво, як сидерати, чи зелене добриво. На зелене добриво вирощують бобові (буркун, озиму і яру вику, горох посівний, еспарцет) та інші рослини (гірчицю білу, редьку олійну, озимий і ярий ріпак, озимі жито та ячмінь). Найціннішими сидеральними культурами є бобові, тому що вони нагромаджують значно більше, ніж інші культури, органічного азоту за рахунок фіксації його бульбочковими бактеріями [461].

Таким чином, в умовах біологізації технології виробництва сої, поряд з традиційним органічним добривом – гноєм, широке застосування у практиці сільського господарства повинні знайти зелені добрива, не використана на

годівлю солома та інші рослинні рештки. Це дешеві джерела поповнення ґрунту органічною речовиною, поліпшення його фізичних, хімічних і біологічних властивостей, підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

1.3.Формування та значення симбіотичної азотфіксації бобовими рослинами

Симбіотична фіксація молекулярного азоту атмосфери бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium spp.* в симбіозі із рослинами родини бобових (*Fabaceae*) - унікальне біологічне явище живої природи планетарного значення і є однією з фундаментальних проблем теоретичної біології [13]. Симбіотична азотфіксація є надзвичайно важливим процесом взаємодії мікроорганізмів і вищих рослин [13, 19]. Здатність до симбіотичної азотфіксації виявлена більш ніж у 90 % вивчених у даному відношенні видів бобових рослин [163, 205].

В.П. Патица [13] вказує, що з посиланням на [19, 22, 353, 354] в останні десятиліття відбувся значний прогрес в області біологічної азотфіксації, пов'язаний з розробленням інструментальних методів, що дозволяють здійснювати комплексні дослідження, які охоплюють різні рівні організації та функціонування рослинно-мікробних систем – генетичний, молекулярний, клітинний, організменний, системний. При цьому нові методи молекулярної біології, біотехнології та генетичної інженерії поряд із класичними методами мікробіології, фізіології рослин, генетики й агрохімії дозволяють вирішувати фундаментальні питання, що стосуються виявлення особливостей формування та функціонування фітобактеріальних систем різної ефективності.

Симбіотична азотфіксація забезпечує рослини екологічно чистим азотом і не викликає негативних екологічних наслідків. Роль біологічного азоту для росту сільськогосподарських культур постійно і різко зростає, тому що не всі країни у змозі повністю задовільнити свої

потреби у зв'язаному азоті для отримання оптимального врожаю, а парадокс полягає в тому, що всі без винятку живі організми планети Земля, в тому числі й рослини, постійно потребуючи доступних форм азоту і не маючи способів його резервування, знаходяться в «океані» молекулярного азоту [2, 13, 19, 31-40, 376].

Невипадково за значимістю для живої природи явище азотфіксації, здійснюване мікроорганізмами у симбіозі і асоціаціях із рослинами, прийнято порівнювати з іншим глобальним процесом планети Земля – фотосинтезом [13, 19]. При цьому, найважливіша роль ґрунтових мікроорганізмів полягає у формуванні та підтримці протягом тисячоліть біогеохімічного циклу азоту, в тому числі і за рахунок його біологічної азотфіксації [13, 19, 376, 394].

Вперше опис корневих бульбочок був здійснений М. Мальпігі ще в XVII ст.. В 1853 році німецький вчений Л. Треверанус підтвердив, що бульбочки, які утворені на коренях бобових рослин є цілком природнім явищем. Заслуга відкриття бульбочкових бактерій належить російському вченому Михайлові Степановичу Вороніну (1838–1903) – основоположнику мікології і фітопатології в Росії. Він дослідив, що даний вид бактерій призводить до подразнення клітин корневих волосків рослини чим сприяє формуванню шароподібних наростів. Результати цих досліджень відіграли велику роль у вирішенні проблеми збагачення ґрунту азотом при культивуванні бобових рослин. Продовжувачами даних досліджень був також голландський вчений М. Бейерінк (1851–1931), який детально описав морфологію бульбочкових бактерій в чистій культурі. А в 1932 році Е. Фред із співавторами виділив бульбочкові бактерії в особливий рід *Rhizobium*, який складався із 6 видів, частина з яких утворювала бульбочки і фіксувала азот з окремими представниками рослин. Таке явище науковці класифікували як ризобії [3].

В ході наступних досліджень було виявлено, що бульбочкові бактерії діляться на дві групи: швидко і повільно-зростаючі, які суттєво відрізняються по характеру обміну вуглеводів і азотистих сполук,

швидкістю росту та морфологією колоній. Згідно систематики бульбочкових бактерій саме *Bradyrhizobium japonicum* виявився повільно-зростаючим [13, 354].

У публікаціях В.П. Патики [13] з посиланням на [13, 19, 27, 49, 69, 99, 100, 101] відмічається, що така інтеграція азотного і вуглецевого метаболізму найбільш характерна для симбіозів бактерій і рослин. Симбіотичні мікроорганізми рослин найширше досліджуються у зв'язку з процесами фіксації атмосферного азоту бульбочкових бактерій бобових рослин (ризобії). До останніх належать грам негативні бактерії родів *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Allorhizobium*. Сюди відносять також бактерії-ендофіти, які є широко розповсюдженими компонентами симбіотичних систем. Поряд з ризобіями, що здатні формувати на коренях специфічний симбіотичний апарат, з бульбочок ізольованих ендоситних бактерій бобових рослин виділяють мікроорганізми родів: *Aerobacter*, *Aeromonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Chryseomonas*, *Curtobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavimonas*, *Pseudomonas* і *Sphingomonas* [397, 438]. Особливу роль серед них у біологічній фіксації азоту відіграють бактерії роду *Rhizobium*. В останні роки у технологіях вирощування бобових почали використовувати ендоситні бактерії різних родів для інокуляції сумісно з бульбочковими бактеріями [355-372]. Так, бактерії роду *Bacillus*, ізольовані з бульбочок сої, застосовували сумісно з бульбочковими бактеріями, завдяки чому покращувались процеси нодуляції, збільшувалась кількість бульбочок та маса кореневої системи, а також підвищувалась стійкість рослин до низьких температур [407].

Біологічний азот сприяє підвищенню родючості ґрунту, забезпечує пролонгуючу дію. Бобові культури з великим біологічним потенціалом являють собою потужний засіб відновлення родючості ґрунтів і створення позитивного балансу речовин у ґрунті [6, 45-48].

Крім того, біологічний азот є екологічно безпечним. В минулому

землеробство в основному базувалося на використанні сортів інтенсивного типу, вирощування яких вимагало високих доз мінеральних добрив, що засвоювалися рослиною лише на 30–40 %, та хімічних засобів захисту рослин.

В таких умовах одержання екологічно безпечної продукції було пов'язане із значними енергетичними затратами, призводило до забруднення навколишнього середовища, вимивання добрив і забруднення водойм [7].

Завдяки здатності бобових рослин вступати в симбіоз із специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями вони можуть у ґрунтово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію до 125–380 кг/га азоту повітря [8, 9, 13, 49].

Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю більше 30% біологічно фіксованого азоту залишається в післяжнивних і корневих залишках та використовується наступними культурами.

У зв'язку з цим, як відмічає С.Я. Коць з колегами [51-53, 58], серед заходів поліпшення азотного живлення рослин в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на значне підвищення рівня біологічного перетворення азоту атмосфери на органічні азотовмісні сполуки мікроорганізмами- азотфіксаторами, насамперед, бульбочковими бактеріями.

Останні у симбіозі з бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонтів і накопичувати його в орному шарі ґрунту в кількості від 40 до 500 кг/га за рік залежно від вирощуваної бобової культури. Актуальним сьогодні він вважає також пошук нових азотфіксувальних мікроорганізмів і створення на їх основі ефективних симбіотичних

асоціацій, які можна було б застосовувати для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і водночас запобігати забрудненню навколишнього середовища синтетичними сполуками.

Так як азот є ключовим обмежуючим фактором росту і розвитку рослин, то здатність бобових формувати симбіотичні системи з азотфіксувальними мікроорганізмами, надає їм незаперечну перевагу в порівнянні з іншими видами рослин [53].

Такими ключовими симбіозами виступають ризобії (бактерії родів *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*), які є факультативними рослинними симбіонтами *explanta* [355].

Встановлено, що адаптивне значення більшості мікробно-рослинних симбіозів полягає у використанні партнерами нових джерел живлення та енергії. У бобово-ризобіальних системах це досягається шляхом поєднання рослинного фотосинтезу і бактеріальної азотфіксації [10, 11]. Біологічний азот експортується з бульбочок бобових у корені та надземну частину рослини. У свою чергу, фотоасимілянти слугують енергетичним матеріалом, С- акцепторами аміаку і джерелом вуглецю для росту кореневих бульбочок [389].

На забезпечення симбіотичної азотфіксації витрачається 10–20 % від загальної продукції фотосинтезу, необхідної для росту рослин [425]. Надходження в рослини фіксованих азотних сполук потребує включення механізмів їх асиміляції і перерозподілу між різними органами, що приводить до встановлення характерного для кожного рослинного генотипу співвідношення С:N [11, 12].

Між споживанням фотоасимілятів і експортом із бульбочок азоту встановлюється баланс, який певною мірою визначає ефективність симбіозу, його фізіологічну доцільність для рослини. Проте питання, як у різні фази онтогенезу реалізуються потреби симбіотичної системи в азоті та вуглєці з урахуванням закономірностей її формування, росту і функціонування, є складними і до кінця не вивченими.

1.4. Роль макро- і мікросимбіонтів у мікробно-рослинній взаємодії

С.Я. Коць, Г.О. Іутинська з посиланням на інших дослідників [49, 69, 253] відмічають, що асоціативні угруповання бактерій колонізують різні органи та тканини рослин – ризосферу, ризоплану, філосферу, гітосферу тощо. Сформований мікроценоз безпосередньо бере участь у нормальному рості та розвитку рослин, їх живленні, підвищує резистентність до патогенів та ряду інших шкочочинних факторів середовища. Вивчаючи азотфіксуючі асоціації кореневої зони рослин, значну увагу було приділено діазотрофним бактеріям оскільки вони, крім фіксації атмосферного азоту, позитивно впливають на ріст рослин, формування їх продуктивності та стійкості до фітопатогенів.

Провідним фактором формування асоціації мікроорганізмів у ризосфері та ризоплані рослин є кореневі виділення, характер яких визначається детермінованим генотипом, біохімічними особливостями рослин та їх фізіологічною активністю в конкретних умовах вегетації. Через ексудацію широкого спектру різних хімічних сполук коренева система здатна регулювати ґрунтовий мікроценоз навколо кореня, у тому числі активність азотфіксуючої асоціації [156, 398-413].

Це ж підтверджується дослідженнями [17, 18], які свідчать, що простір ризосфери сої не є однорідним для розвитку бульбочкових бактерій сої. Їх чисельність у різних точках кореня значно розрізняється. На початку спостережень (168 годин) максимальна кількість мікросимбіонта спостерігалася не на поверхні кореня, а на відстані близько 1 мм від нього. З часом зона максимальної щільності популяції була відмічена на відстані 0,5 мм до кореня і на кінець досліду (через 888 годин) спостерігалася на його поверхні [49].

Для цілеспрямованого керування процесом азотфіксації необхідні детальні знання механізмів його перебігу. Складність їх з'ясування зумовлена тим, що будь-яка властивість бобово-ризобіального симбіозу є

результатом взаємодії двох геномів, один із яких належить рослині, а інший – мікроорганізму. Первинна взаємодія між мікроорганізмами й рослинами під час формування симбіозу відбувається ще в період проростання насіння бобових, коли біологічно активні речовини, що інтенсивно декретуються насінням у навколишнє середовище, здатні змінювати властивості бульбочкових бактерій [396]. Зокрема відомо, що екsudати насіння бобових культур можуть впливати на здатність специфічних бульбочкових бактерій формувати симбіотичні взаємовідносини з рослинами [75-80]. Специфічний характер взаємодії бобових рослин із бульбочковими бактеріями під час формування симбіозу полягає у здатності певного виду ризобій інфікувати відповідну йому рослину з утворенням корневих бульбочок. Молекулярною основою такої здатності до «розпізнавання» симбіопартнерів вважають вуглевод-білкову і білок-білкову взаємодію [399], яка ґрунтується на універсальній властивості лектинів (рослинних білків) специфічно й неспецифічно взаємодіяти з вуглеводними детермінантами біополімерів без їх хімічного перетворення. Вони можуть взаємодіяти як із моно-, так і з олігосахаридами, а також із залишками вуглеводів, що входять до складу деяких органічних речовин – глікопротеїдів, полісахаридів, глікозидів [81-84, 362, 367].

Спрямованість впливу екsudатів насіння залежить від їх концентрації, тривалості періоду проростання насіння, сорту рослин, симбіотичних характеристик штамів-інокулянтів. Відомо, що за доконтактної взаємодії важливу роль відіграє хемотаксис бульбочкових бактерій [442].

Актуальною проблемою є використання відтворюваних ресурсів біологічних угруповань. Формування таких угруповань значною мірою засновано на взаємодії рослин з мікроорганізмами ґрунту. Основою адаптивного або біологічного землеробства є максимальне використання можливостей ризобіо-рослинної взаємодії. Реалізація потенціалу взаємовигідної взаємодії рослин і мікроорганізмів потребує, з одного боку, з'ясування генетичного контролю, молекулярно-біологічних і еколого-

фізіологічних механізмів цієї взаємодії. З іншого боку, необхідні розробки конкретних селекційних програм, які будуть спрямовані на створення висококомплементарних комбінацій макро- і мікросимбіонтів, придатних забезпечувати високий вихід повноцінної і екологічно чистої рослинної біомаси [81-84].

Разом з тим, відомо, що продуктивність рослинного організму, як відмічає В.Г. Кур'ята з посиланням на інших дослідників [48, 62], визначається функціонуванням донорно-акцепторної системи. Для бобових рослин аналіз донорно-акцепторних відносин не може бути обмежений лише специфікою перерозподілу асимілятів між вегетативними і генеративними органами рослин, процесами росту і фотосинтезу, оскільки додатковим атрагувальним компонентом цієї системи є бобово-ризобіальні комплекси. Достатнє надходження до корневих бульбочок продуктів фотосинтезу – один із чинників регуляції активності азотфіксувальних процесів.

Відомо також, що мікросимбіонти виявляють сортову специфічність, їх генотипи мають відповідати генотипу рослини-хазяїна. Висококонкурентний штам на одному сорті може знижувати здатність до утворення симбіотичної системи на іншому [13, 19]. Відомо також, що активність азотфіксувального апарату формується і регулюється за допомогою фітогормонів [13]. Встановлено позитивну дію ауксину і цитокінінів на формування бульбочок та їх нітрогеназну активність [19, 22, 33, 49, 51]. Це пояснюється їх роллю як медіаторів змін клітинної стінки кореня, пов'язаних з утворенням інфекційної нитки всередині кореневого волоска.

Відповідальною стадією, яка передуює ініціації інфекції, є адсорбція ризобіальних клітин на коренях рослини-хазяїна. Адсорбція бульбочкових бактерій на коренях бобових рослин як перша стадія формування симбіозу не має чітко вираженої специфічності, тобто на коренях рослин можуть адсорбуватись і гомо-, і гетерологічні їм бульбочкові бактерії, проте гомологічні (специфічні) – у значно більшій

кількості. Інкубація коренів проростків ряду бобових культур перед інокуляцією *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) у розчині галактози – гаптену лектину люпину – призводила до зменшення на 60–80 % кількості адсорбованих на них бактерій, що вказує на фізіологічну роль та безпосередню участь цього білка на початковій стадії формування симбіотичних взаємовідносин між партнерами [52, 66], а специфічні видові реакції вказують на таксономічну приналежність штамів азотфіксувальних бактерій бобових [67, 447].

Однак відомо, що лектин також виконує роль сигнальних молекул біологічно активних речовин [137-141].

Таким чином, симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями – одна із найбільш ефективних біологічних азотфіксувальних систем, що має важливе екологічне та практичне значення. Саме в бобово-ризобіальному симбіозі існує сполучення двох глобальних біохімічних процесів – азотфіксації та фотосинтезу, завдяки чому нормалізується азотно-водневий баланс рослин [13, 19].

Симбіотична взаємодія між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями є складним фізіологічним процесом, який регулюється системою сигналіngu між макро- і мікросимбіонтами [19]. Інвазія ризобій у клітини корневих волосків бобових, як і патогенез, викликає інтенсифікацію окиснювальних процесів у рослинних клітинах, що супроводжується підвищенням вмісту активних форм кисню, які індукують низку реакцій у рослинному організмі [408]. У свою чергу, їх кількість контролюється багаторівневою антиоксидантною системою захисту.

У ході досліджень симбіотичної азотфіксації було здійснено відкриття сигналів (імпульсів), які регулюють специфіку мікробно-рослинної взаємодії. Молекулярний механізм цієї взаємодії поділяється на два етапи: на першому – молекули-індуктори флавоноїдної природи викликають експресію відповідних генів бульбочкоутворення рослини-господаря.

Продуктом цих генів є бактеріальний фактор (Nod-фактор), здатний активно впливати на рослину-донора. Ці сигнальні молекули є похідними олігосахаридів і в більшості копіюють дію добре відомих рослинних гормонів, таких як ауксини і цитокініни. Ці гормони провокують видові зміни корневих волосків та індукують диференціацію клітин всередині кореня, що призводить до виникнення меристематичної тканини, яка дає початок утворенню нових бульбочок. При цьому є суттєва відмінність в дії Nod-факторів та рослинних гормонів: тільки сигнали від комплементарного мікросимбіонта здатні викликати індукцію бульбочкоутворення, тобто кожний штам ризобій продукує певний набір Nod-факторів. Специфічність штамів ризобій стосовно тієї чи іншої рослини залежить як від якісного складу Nod-факторів, так і від їх співвідношення [404, 441].

Утворення бобово-ризобіального симбіозу у рослин викликає низку захисних реакцій при інфікуванні патогенними мікроорганізмами. Це синтез флавоноїдів, фенолів, хітиназ, калози і пероксидаз. Однак, реакції, які відбуваються в бульбочках протікають не настільки виражено, як при інфікуванні патогенами, і їх результатом являється не інактивація мікроорганізму, а регуляція розмноження і метаболічної активності. Така тонка регуляція мікросимбіонтом захисних систем рослини можлива завдяки наявності у ризобій відповідних генів. Мутації в цих генах блокують розвиток симбіозу і замість нормальних бульбочок утворюються псевдобульбочки, які не містять інфекційних ниток з бактеріальними клітинами і заповнені недиференційованою тканиною [85-119].

Утворення рослиною-живителем спеціалізованих структур, що містять мікробні клітини, є ознакою мутуалістичного симбіозу. Структурною основою для обміну метаболітами, контролем чисельності та фізіологічної активності симбіонта виступають самі органи (бульбочки). Бульбочки є високоспеціалізованою екологічною нішею для ризобій: інші мікроорганізми

проникають в них рідко. В даному середовищі створюються оптимальні умови для обміну між партнерами вуглецевими і азотними сполуками, а також мікроаерофільні умови, необхідні для функціонування нітрогенази [120-136].

Виділяють два основних способи проникнення ризобій у корені рослин: через кореневі волоски або через тріщини в епідермальних тканинах кореня [420]. Інфікування корневих волосків передбачає формування кореневої нитки (ІН), що є тубулярною структурою, яка складається з компонентів рослинно-клітинної стінки [377]. Ризобії потрапляють через деформований кінчик кореневого волоска, який інкапсулюється з невеликою частиною бактерій.

Скручування корневих волосків відбувається за рахунок локальної наявності молекул NFs. Паралельно із цим відбувається стимуляція кортикальних клітин кореня для реініціації мітозу, що призводить до утворення примордій бульбочок [377, 437].

Локальний лізис клітинної стінки корневих волосків супроводжується інвагінацією мембрани рослинної клітини з подальшим потраплянням ризобій всередину. Інфекційний процес поширюється до основи кореневого волоска і клітин, які діляться в примордіях бульбочок [385, 436]. Важливим залишається той факт, що інфекційна нитка забезпечує протекторну функцію відносно бактерій, ізолюючи їх від агресивних компонентів рослинних клітин, що дозволяє проникати їм до внутрішніх шарів рослинних тканин. У подальшому примордії бульбочок продовжують ділитися і утворювати новий рослинний орган – бульбочку. Бактерії шляхом ендосиозу виходять із інфекційної нитки в середину клітин рослини- господаря. При цьому навколо бактерій у цитоплазмі рослинної клітини утворюється спеціальна перибактероїдна мембрана, яка синтезується в основному рослинною клітиною і частково ризобіями [132-141]. Згодом ризобії диференціюються у бактероїди, які здатні фіксувати азот у мікроаеробному середовищі всередині кореневої бульбочки.

Проникнення ризобій через тріщини на поверхні корневих клітин дещо відрізняються від прямого надходження ризобій у кореневі волоски та відмічаються певними особливостями. А саме, інфікування через кореневу волосину може бути обмеженим у зв'язку зі зміною гормональної реакції рослини-господаря. Однак на утворення меристеми бульбочки та реакції макросимбіонту впливає часткова взаємодія Nod-сигнальної системи та ризобій [443].

Розглядаючи бобово-ризобіальну систему відносно впливу біотичного фактора, можна відмітити, що саме на мікроорганізмовому рівні відбувається процес фіксації атмосферного азоту за участі бактерій та рослин-живителів.

Мікроорганізми є обов'язковим компонентом будь-якої екосистеми, широке розповсюдження яких, зумовлене їхніми малими розмірами, швидкістю розмноження, різноманітністю, гнучкістю метаболізму та стійкістю до несприятливих факторів середовища [101].

У плані біотичної взаємодії виявлено, що за умов живлення рослин мінеральним азотом інтенсивне накопичення амінокислот відбувалось у коренях, а з початком вичерпання азоту – у бульбочках [142-155, 380-385].

Відмічається, що суттєва відмінність явищ симбіозу від паразитизму полягає в тому, що у тканинах господаря створюється ряд переваг. Очікувалося, що реакція чутливості до симбіотичних мікроорганізмів буде успадковуватися домінантно. Дійсно, із часом виявилось, що сприйняття рослинами патогенів контролюється рецесивними генами. Стійкість (нечутливість) різних видів бобових рослин до бульбочкових бактерій носить рецесивний характер і контролюється рецесивними генами в гомозиготному стані. До теперішнього часу виявлено і на достатньому рівні вивчено молекулярні і генетичні фактори-гени, які детермінують здатність бобових рослин вступати в симбіоз [366, 378, 415, 427]. Отже, регуляція експресії генів симбіозу, їх активність і функціонування бульбочки носить складний спадковий характер, як у *Glycine max.* [444, 445] та інших культур [415,

418, 416, 417] і контролюється великою кількістю генів обох симбіопартнерів [444, 445]. З боку рослини симбіоз контролюється генами, їх комбінаціями, алельним станом, рівнем гетерозиготності, і ці генні ефекти звичайно проявляються на популяційному рівні [421]. За цих умов, генетичний аналіз потомства від багатьох схрещувань рослин із різним рівнем азотфіксації виявив, що гени, які контролюють розвиток цієї ознаки, являються домінантними [139-150]. Крім того у генетичній детермінації симбіозу для сої засвідчив, що кількість бульбочок є одним із найважливіших показників симбіотичної азотфіксації. Ознаки відсутності або присутності бульбочок, їх кількість, маса і місце розташування на коренях послужили критерієм у ряді генетичних і селекційних праць по азотфіксації [151-154].

Показники вірулентності відселектованих штамів прийнято оцінювати за кількістю і масою бульбочок у середньому на одну рослину. З часом виявили спадковий характер бульбочкоутворення.

Показано, що характер успадкування бульбочкоутворення залежить від штаму *Rhizobium* у *Glycine max* [366] і генетичних факторів рослини. Ідентифіковано ряд генів, які контролюють здатність до бульбочкоутворення у *Glycine max* [162-167]. Були ідентифіковані «великі» і «малі» гени господаря, які контролюють утворення бульбочок. Саме «крупні» гени часто специфічно взаємодіють із бактеріальними факторами штаму. Деякі із цих генів рослин впливають тільки на симбіотичні функції, інші – на різні аспекти фізіології і росту рослини-господаря.

У бобових сформувалася система авторегуляції бульбочкоутворення, яка регулюється надземною частиною і дозволяє контролювати нодуляцію в залежності від забезпеченості рослин «зв'язаним» азотом [172-175]. Механізм контролю кількості бульбочок – авторегуляції бульбочкоутворення, та їх розмірів, впливає на кількість фіксованого азоту – в багатьох бобових [91] і *Glycine max* [381, 386].

Інколи у *Glycine max* виникають мутації, які порушують

авторегуляцію бульбочкоутворення. Це призводить до формування надлишкового числа бульбочок, що обумовлює зниження маси рослин через перевитрати енергії, до нездатності пригнічувати бульбочкоутворення у присутності нітратів [387].

Також при утворенні бобово-ризобіального симбіозу у рослин проявилась низка процесів, які сприяли утворенню захисних реакцій при інфікуванні патогенними мікроорганізмами. Однак, у бульбочках ці реакції виражені не настільки сильно. Така регуляція захисних систем рослини можлива завдяки наявності у ризобій відповідних генів. Мутації в цих генах блокують розвиток симбіозу і замість нормальних бульбочок утворюються псевдо бульбочки, які не містять інфекційних ниток із бактеріальними клітинами і заповнені недиференційованою тканиною [134, 379].

Нині дослідження метаболічного профілю рослини за допомогою хроматомаспектрометрії є найбільш інформативним методом для вивчення особливостей функціонування бобово-ризобіальних систем [361, 398, 419, 431].

Проте переважна більшість цих праць сфокусована на вивченні процесів у періоди доконтактної взаємодії партнерів симбіозу та формування бульбочок. Питання перебігу біохімічних реакцій при фіксації азоту та їх регуляції залишається маловивченим, оскільки потребує створення модельних систем з контрастною азотфіксувальною активністю [184].

Взаємодія бобових рослин та їх мікросимбіонтів є вагомим чинником коли певний вид ризобій здатний інфікувати відповідну йому рослину живителя з утворенням на його коренях функціональних бульбочок [373].

Однак, відмічається, що на ґрунтах, де вперше культивується бобова рослина, як правило, масове утворення бульбочкових бактерій відсутнє. Тому, з метою покращення фіксації азоту та адаптації рослини до ґрунтового середовища, застосовують обробку насіннєвого матеріалу бактеріальними препаратами на основі селекціонованих активних штамів *Bradyrhizobium japonicum* [134].

У життєвому циклі бульбочкових бактерій можна виділити дві стадії: стадію вільноіснуючих гетеротрофів та стадію симбіотичної взаємодії з бобовими рослинами [135-136]. Під час сапрофітного існування (*ex planta*) екологічною нішею для ризобій є ґрунт, який забезпечує їх необхідними елементами живлення. Після проникнення мікроорганізмів у корені бобових (*in planta*) екологічною нішею для бульбочкових бактерій стає рослина.

Роботами багатьох вчених показано, що бульбочкові бактерії широко розповсюджені в ґрунтах [143-144]. Більшість екологічних досліджень щодо вивчення чисельності ризобій здійснюється за допомогою методу граничних розведень ґрунтових суспензій [152-153]. Незважаючи на те, що бульбочкові бактерії є одним з головних компонентів агроєкосистем бобових рослин, вони складають відносно невелику частину ґрунтових мікроорганізмів. Так, штами *Rhizobium* і *Bradyrhizobium* становлять 0,1–8,0 % від загальної кількості бактерій у ризосфері та 0,01–0,14 % від їх біомаси [359].

Експериментально доведено, що ризобії здатні довгий час залишатися у ґрунті без рослин і функціонувати як сапрофіти. Дані, отримані В. Brunel із співавторами [363] свідчать, що інтродуковані у нестерильний ґрунт штами *B. japonicum* після 8–13 років сапрофітного існування зберігають генетичну організацію та симбіотичні властивості.

Чисельність бульбочкових бактерій у різних ґрунтах значно варіює і залежить від низки абіотичних, біотичних та антропогенних факторів. Чисельність ризобій, специфічних до тих бобових культур, які є в складі дикої флори або культивуються довгий час у даній місцевості, вимірюється порядками від 10⁴–10⁶ клітин в 1 г ґрунту, а рослин, які рідко вирощуються від 10¹–10³ клітин в 1 г ґрунту. У сівозміні сої з небобовими культурами (рапс, тритікале) протягом 4 років не було виявлено істотного зниження титру бульбочкових бактерій сої за відсутності рослини-живителя [328-329]. Дослідження науковців [313-314] свідчать, що після тривалого існування ризобій без бобової рослини

чисельність їх знижується і вони поступово зникають з мікробного ценозу ґрунту.

Необхідно відмітити, що у ґрунті існують бульбочкові бактерії, які відрізняються за активністю, вірулентністю та конкурентноздатністю. У різних ґрунтах змінюється лише їх кількісне співвідношення [310-311]. Активні штами цих бактерій частіше трапляються в нейтральних ґрунтах (чорноземах, окультурених дерново-підзолистих).

На долю бульбочкових бактерій у ґрунті істотно впливає рослина-живитель. Це зумовлено: 1) впливом корневих виділень, 2) розмноженням бульбочкових бактерій у бульбочках з наступним виходом їх у ґрунт, 3) здатністю рослини-живителя «вибирати» певні генотипи ризобій з ґрунтової популяції [359].

Після переходу до симбіотичного стану бульбочкові бактерії ведуть зовсім інший «спосіб життя», екологічною нішею для них стають бульбочки. Вони захищають бактерії від дії зовнішніх несприятливих факторів та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді рослинних фотоасимілятів [227, 228]. Бактерії, в свою чергу, надають рослинам продукти біологічної фіксації азоту, необхідні для побудови рослинного організму.

В результаті взаємодії генетично гетерогенної популяції вірулентних ризобій з рослиною- живителем у ній збільшується частка штамів, які здатні активно фіксувати азот повітря.

Згідно «альтруїстичної» моделі [392], відбір на підтримку генів азотфіксації відбувається завдяки «альтруїзму» не бактерій по відношенню до рослини, а одних бактеріальних клітин (бактероїдів) по відношенню до інших (недиференційованих бактерій).

Таким чином, бульбочкові бактерії належать до мікроорганізмів, які здатні до гетеротрофного та симбіотрофного способу життя. В результаті взаємовигідного співіснування зростає екологічний потенціал обох партнерів симбіозу, один з яких (макросимбіонт) отримує нову метаболічну функцію –

фіксація молекулярного азоту повітря, а інший (мікросимбіонт) отримує захист від дії факторів зовнішнього середовища та елементи живлення.

Система макро- і мікросимбіонтів у мікробно-рослинній взаємодії не завжди відмічається високою ефективністю, відносно фіксації молекулярного азоту. Виявлено, що рівень ефективності бобово-ризобіального симбіозу визначається генотипами обох партнерів бульбочкових бактерій і бобових рослин [312-313]. Вплив генотипу партнерів на показники активності симбіозу суттєво залежить від комплементарності сортів рослин і штамів бактерій. Встановлено, що основним джерелом цього процесу варіювання являється внутрішньовидова зміна бобових культур за ознаками симбіозу [315]. Не менш важливим фактором залишається специфічність мікросимбіонтів, утворювати симбіоз з окремими бобовими рослинами або їх групами [317-319]. Тому для створення ефективної симбіотичної системи бульбочкових бактерій, потрібно проводити ретельний підбір симбіотичних партнерів, які потребують постійного оновлення сортів бобових рослин і штамів бульбочкових бактерій [365, 395]. Досліджено, що штами з вузькою сортовою специфічністю проявляються більш ефективно в симбіозі з відповідними сортами бобових, ніж штами з менш вираженою специфічністю.

Слід також відмітити, що симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є вигідним для макросимбіонту лише за умов дефіциту зв'язаних форм азоту, а за наявності азотовмісних сполук утворення бульбочок не завжди покращує розвиток рослин [342].

1.5. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу

Симбіотична біологічна система піддається детермінації екологічних та гідротермічних чинників впродовж вегетування рослини-хазяїна, оскільки у природі рослини зазнають різноманітних стресових впливів. Процес

симбіотичної фіксації азоту є особливо чутливим до змін умов довкілля, зокрема таких як дефіцит вологи, недостатнє освітлення, низькі та високі температури, засолення, перенасичення земель мінеральними добривами тощо [440]. Незалежно від того, який вплив має той чи інший чинник, позитивний чи негативний, його дія в будь-якому разі призводить до змін у процесах життєдіяльності рослини [382].

На взаємовідносини бульбочкових бактерій з рослиною-живителем впливають різноманітні екологічні фактори: абіотичні, біотичні та антропогенні. Ці фактори регулюють утворення бобово-ризобіального симбіозу та нерідко відіграють визначальну роль у реалізації потенційних можливостей симбіонтів і ефективності даної системи [382].

Оскільки бульбочкові бактерії довгий час існують в ґрунті як сапрофіти, на їхній розвиток, фізіологічні властивості і здатність вступати у симбіотичні взаємовідносини з рослинами істотно впливає механічний склад ґрунту та вміст у ньому гумусу. Тип ґрунту та його властивості можуть обмежувати або, навпаки, сприяти розповсюдженню та домінуванню в ньому бактерій, різних за активністю [308-309].

Одним з головних екологічних факторів для бульбочкових бактерій є температура. Вони стійкі до низьких температур (за температури нижче 10°C відбувається прояв ознаки холодового стресу) і гинуть при температурі вищій 50 °C [294-295, 301]. Значне підвищення температури призводить до зниження чисельності *V. japonicum* у ґрунті. Ю. Стояновою встановлено, що із збільшенням температури від 18 до 28 °C підсилюється ріст рослин сої в 1,4–1,7 рази, фіксація молекулярного азоту в 1,3–4,2 рази та підвищується урожайність в 1,9–3,6 рази [302]. У відповідь на дію несприятливих температур у бобових рослин, ризобій та утворених між ними симбіотичних структурах відбувається синтез стресових протеїнів [309].

Дефіцит вологи [276] або перезволоження [278] негативно впливають як на рослину-живителя, так і на бульбочкові бактерії. Вважається, що оптимальна вологість, яка необхідна для формування та ефективного

функціонування симбіотичної системи, становить 60–70 % повної вологості [267]. Так, десятиденний дефіцит ґрунтової вологи спричинював зниження кількості сумарного протеїну в бульбочках сої, а за 30 % вологості вміст протеїнів рослини-господаря в кореневих бульбочках зменшувався на 50 % порівняно з контролем [254-259]. В період посухи у бобових рослин знижується також азотфіксувальна активність та поглинання мінерального азоту кореневою системою. За умов нестачі або надлишку вологи у бульбочкових бактерій порушується респіраторна функція, внаслідок чого зменшується їх чисельність в екотопі.

На ріст та розвиток бульбочкових бактерій також істотно впливає аерація ґрунту [356]. Зниження концентрації кисню біля коренів призводить до слабкого розвитку кореневої системи та зменшення кількості бульбочок і рівня поглинання коренем калію, кальцію і фосфору [261-262]. Слід відмітити, що симбіотичні системи дуже чутливі до реакції ґрунтового розчину. Оптимальне значення рН для ефективного функціонування симбіозу становить 6,5–7,0 [236].

При збільшенні кислотності середовища у штамів *B. japonicum* порушується полярний характер розподілу екзополісахаридних рецепторів, у результаті чого знижується адсорбція бактеріальних клітин на коренях сої.

Разом з тим, існують штами, які витримують низькі значення рН (на рівні 4,5) і при цьому мають високу нодуляційну здатність [128].

Істотний вплив на бобово-ризобіальний симбіоз має вміст у ґрунті фосфору, калію та мікроелементів. Так, при використанні фосфорно-калійних добрив покращується розвиток кореневої системи рослин, підвищується кількість бульбочок та ефективність симбіозу. А вплив мікроелементів забезпечує ріст та розвиток бульбочкових бактерій, процеси нодуляції та функціонування леггемоглобіну і нітрогенази [242, 243].

Що стосується мінерального живлення, то необхідно відмітити цілий ряд досліджень, спрямованих на вивчення внесення під бобові культури азотного добрива та взаємовідносин їх із бульбочковими бактеріями [99, 184,

391]. Встановлено, що внесення мінерального азоту знижує рівень використання молекулярного азоту пропорційно використаній дозі добрива. Проте все таки існує певна необхідність щодо застосування невеликих стартових доз азотних добрив в технології вирощування сої, причиною цього є різні ґрунтово-кліматичні умовами та умовами регіону вирощування даної культури [109-112].

Вкрай негативно на функціонування симбіотичного апарату сої впливає засолення, зумовлюючи сольовий стрес [371, 431]. Він спричиняє зниження інтенсивності формування бульбочок та синтезу леггемоглобіну.

Розглядаючи вплив екологічних факторів на розвиток бобово-ризобіального симбіозу було приділено увагу також вивченню впливу біотичного фактору. Яскравим прикладом біотичного фактору є кореневі виділення бобових рослин, які відіграють важливе значення для ґрунтових ризобій. Ці виділення можуть одночасно, як стимулювати так і пригнічувати розвиток популяцій бульбочкових бактерій в екоотопі [184]. Таке явище є прикладом мутуалістичного симбіозу. Проте відомі випадки, щодо впливу на ризобії корневих ексудатів небобових рослин. Так, автор Г. Лісічкіна у своїх дослідженнях [402] виявила стимуляцію розвитку бульбочкових бактерій сої за допомогою корневих виділень ячменю.

Антропогенний вплив на бульбочкові бактерії проявляється у застосуванні в сільськогосподарській практиці речовин, які порушують природну взаємодію ризобій з рослиною-живителем, що може призвести до спрощення біологічних систем.

До найбільш вивчених ксенобіотиків належать пестициди, які широко застосовуються з метою захисту рослин від хвороб, шкідників тощо.

Використання пестицидів у технологіях вирощування сої призводить до істотного зниження активності симбіотичної азотфіксації та зменшення частки біологічного азоту в урожаї. Однак бульбочкові бактерії сої здатні пристосовуватися до дії деяких гербіцидів і активно їх метаболізувати [72].

Показано також, що деякі пестициди, які застосовуються в технологіях

виращування бобових культур, пригнічують утворення бульбочок, проте не є токсичними для макро- і мікросимбіонтів [90-93].

Встановлено, що використання пестицидів, як фізіологічно активних сполук, обумовлює їх негативну дію на симбіотичні відносини партнерів симбіозу, що призводить до зменшення долі біологічного азоту в урожаї [108-109]. При цьому вплив пестицидів залежить від хімічної будови діючої речовини, концентрації і способу застосування. Так, похідні сечовини (лінурон) і S триазин (атразин, прометрин) блокують транспорт електронів при фотосинтезі та посилюють поглинання рослинами нітратного азоту, похідні феноксикислот (2,4-Д, 2М-4Х) знижують вірулентність бульбочкових бактерій, а похідні ароматичних амінів (трефлан), діазину (базагран) інгібують активність нітрогенази [16].

Слід відмітити також вплив інсектицидів, при одночасній обробці з бульбочковими бактеріями. В результаті такої взаємодії спостерігалось зменшення кількості бульбочок на коренях рослин, а при проведенні бактеризації після обробки хімічним препаратом негативна дія інсектициду була значно слабкішою [432]. Автори [99-100], проводячи дослідження виявили, що гербіциди окрім опосередкованої дії через рослини, виявляли і пряму дію на нітрогеназний комплекс.

Вплив пестицидів, як відмічається [14, 23, 25, 26, 432] на симбіоз визначається резистентністю вищих рослин і штамом бульбочкових бактерій. Стійкість ризобій до пестицидів надає їм переваги серед інших мікроорганізмів у природних умовах за присутності у ґрунті залишків гербіцидів чи інших ксенобіотиків. Одним із механізмів стійкості до пестицидів для бульбочкових бактерій є їх здатність до деструкції цих сполук до рівня нетоксичних. Встановлено, що інокуляція штамом-деструктором забезпечує стійкість рослин до прометрину. Тому, перспективними напрямками в підвищенні ефективності симбіотичної системи за інтенсивних технологій вирощування бобових можуть бути отримані резистентні до пестицидів штами у результаті переносу плазмід

біодеградації в бульбочкові бактерії та підвищення стійкості вищих рослин за використання препаратів цитокінінового типу, які виявляють захисну дію за різних несприятливих умов.

1.6. Функціонування симбіотичного апарату сої за впливу бактеріальних та вірусних хвороб

Проблема кореневого живлення рослин біогенними елементами за участю мікроорганізмів стоїть поряд з проблемою захисту рослин від хвороб. Як уже відмічалось, відсутність у кореневій зоні сільсько-господарських культур корисної специфічної мікрофлори провокує захоплення цієї екологічної ніші іншими, нетиповими мікроорганізмами, в т.ч. патогенними. З огляду на це екологічна (як і економічна) доцільність бактеризації сільськогосподарських культур не викликає сумніву. Корисні ґрунтові мікроорганізми, заселивши ризосферу рослин, тривалий час не допускають патогенні мікроорганізми до інфікування рослин. Відмічається, що передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами сприяла затримці розвитку хвороби на 2-3 тижні, що суттєво позначалось на урожайності культур. Слід також сказати, що насіння, одержане з бактеризованих рослин, є менш зараженим збудниками хвороб, особливо грибних, що дуже важливо при зберіганні зерна [85].

Рослинам сої завдає шкоди значна кількість хвороб і шкідників. Лише у Європі відомо 43 грибних, 13 бактеріальних і 4 вірусних захворювань та 114 видів шкідників. Використання високих доз добрив та гербіцидів призводить до збільшення втрат від хвороб і шкідників.

На цьому етапі у нашій країні найбільше розповсюдження одержали фузаріоз, пероноспороз, септоріоз, церкоспороз, аскохітоз, альтернаріоз, біла гниль, вуглуватий та пустульний бактеріоз, вірусна мозаїка [16, 123, 146, 167].

За даними Інституту захисту рослин, в окремих досліджуваних зразках

насіння сої, відібраних у різних господарствах, частка ураженого грибами насіння становила – 50–100 %, бактеріями – 12–28 %, змішаною грибною і бактеріальною інфекцією – 14–35 %.

Проте розповсюдженість різних типів хвороб сої неоднакова і залежить від багатьох факторів. Найбільш розповсюдженими і шкодочинними збудниками бактеріозів сої є *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (кутаста плямистість) та *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (пустульний бактеріоз). Крім цих збудників на сої паразитують: *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (дикий опік), *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Ralstonia solanacearum*, *Bradyrhizobium japonicum* (бульбочкові бактерії); *Pantoea agglomerans* та бактерії, які виявлені деякими авторами у поодиноких випадках — *Pseudomonas viridiflava*, *Bacterium tatoense*, *Xanthomonas heterocea*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli* *Curtobacterium flaccumfaciens* [360, 361, 369, 370].

Найбільш поширеними та шкодочинними хворобами вважають з бактеріальних – кутаста плямистість, пустульний бактеріоз, бактеріальний опік, бактеріальне в'янення, іржаво бура плямистість; з грибкових – фузаріоз, аскохітоз, пероноспороз, септоріоз; з вірусних – зморшкувата та жовта мозаїка, вірус затримки росту тощо. Вони можуть знижувати урожайність насіння на 25 % і більше, а, особливо, його якість [69].

Шкідливість бактеріальних хвороб полягає в зниженні польової схожості насіння на $8 < 55$ %; урожайності – на $15 < 20$ % і більше, вмісту жиру – на $1,6 < 5,6$ %, білка – на $4 < 18$ % [29, 115, 146, 152, 422, 423].

Важливим завданням, поряд із збільшенням урожаю, є збереження та покращення якісних показників насіння сої. Тому важливим запобіжним заходом оздоровлення агроценозів є обробка насінневого матеріалу препаратами фунгіцидної та бактерицидної дії [157, 375]. Одна з найбільш унікальних особливостей сої – здатність у симбіозі з азотфіксуючими бактеріями утворювати кореневі бульбочки і накопичувати біологічний азот, що сприяє підвищенню її стресостійкості та продуктивності.

Оскільки бульбочкових бактерій у складі епіфітного та ендоефітного мікробіоценозу насіння сої не виявлено [54, 59, 61, 62-67], очевидно, для формування ефективного соєво-ризобіального симбіозу обов'язковим агрозаходом повинна бути штучна бактеризація насіння високоактивними штамами специфічних бульбочкових бактерій, що характеризуються високою екологічною пластичністю і комплементарністю до широкого спектру сучасних сортів, у тому числі – до сортів з різними строками дозрівання. Такий захід сприятиме підвищенню реалізації генетичного потенціалу культури.

У більшості досліджень вказується, що як бактеріальні так і вірусні хвороби сої впливають на її симбіотичну активність, оскільки симбіоз – складна система взаємодії хазяїна і симбіонта і стан самого хазяїна, тобто рослини значною мірою визначається відсутністю різних захворювань в тому числі пов'язаних з інфекцією збудника у насінні культури [68, 70, 71, 73, 74 369, 390, 400, 434].

Важливу роль у системі активізації симбіотичних взаємодій у ризосфері сої відіграють інокулянти у формі різноманітних штамів. Переважна більшість напрямків використання інокулянтів, систематизованих та узагальнених у ряді останніх досліджень [13, 15, 184], позитивно впливали як на онтогенез так і на реалізацію продуктивності сортів сої, підвищення їх стресової стійкості та підвищення патогеностійкості.

Так, дослідженнями В.П. Миколаєвського [80] підтверджена полівекторна дія комплексного інокулянту, яка забезпечила кращі умови для проростання насіння і розвитку проростків за рахунок покращання фосфорного живлення та ширшого спектру біологічно активних речовин з рістстимулювальними та протекторними властивостями [42, 44, 55-57, 60, 146].

Вагомим чинником зниження продуктивності рослин сої в тому числі їх симбіотичного потенціалу є віруси. Відомо, що вірусні хвороби зумовлюють великі порушення обміну речовин у рослин, особливо

протеїнового комплексу у бобових, зокрема і у сої. Близько 30 вірусів можуть викликати вірус мозаїки сої. Симптоми вірусних захворювань дуже різноманітні, але в основному вони зводяться до неправильного росту тканин, що має такі прояви: гофрованість листків; нерівномірне забарвлення листків – мозаїка, що буває присудинною, розсіяною, кінцевою, крапчастою і сітчастою; деформація листків, нерівномірний ріст стебла, недостатнє опушення листків, зміна форми бобів тощо. Вони значно пригнічують ріст і розвиток рослин, знижують урожай насіння на 33–75 % [28, 39, 68, 90, 158].

Один із найпоширеніших патогенів – вірус жовтої мозаїки квасолі, який спричиняє захворювання люпину жовтого і білого, гороху, бобів, квасолі, сої та інших бобових культур, що призводить до зниження їх продуктивності [90, 358, 435]. Як показує аналіз літературних даних, інтенсивне інфікування рослин відбувається протягом вегетаційного періоду [68, 158]. За незначної ураженості посівів гороху, люпину білого, люпину жовтого, бобів, сої у фазу повних сходів (1–6 %) поширення інфекції у фазу цвітіння–сизих бобів становило 60–80 %, при цьому середнє зниження врожайності зерна складає 20 %, але може сягати 82,4 %, залежно від сорту і умов вирощування [358]. Отже, пошук шляхів зниження втрат від вірусних хвороб бобових рослин на сьогодні є актуальним. У пошуку оптимальних варіантів покращення фітосанітарного стану посівів сьогодні збільшуються об'єми використання регуляторів росту рослин та різних штамів інокулянтів, які позитивно впливають на урожайність і якість продукції та істотно підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів середовища – коливання температури, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження хворобами і шкідниками [57].

Відомо, що шкідливість вірусних захворювань бобових може значно змінюватися залежно від видів збудників, генетично обумовлених сортових особливостей, умов вирощування культури. Застосування фізіологічно активних речовин і інокулянтів різної природи, сприяє захисту рослин від вірусних інфекцій [393, 403, 406]. Проте, дія мікробних препаратів на перебіг

вірусного ураження рослин залишається недостатньо вивченою, оскільки формування і функціонування симбіотичних систем – комплексний процес взаємодії обох партнерів симбіозу – значною мірою залежить від стану рослини [368], який може змінюватися за вірусної інфекції. Бобово-ризобіальний симбіоз є більш чутливим до негативного впливу агрохімікатів та стресових факторів середовища, ніж бобові рослини і бульбочкові бактерії поза симбіозом [357]. Тобто, вірусне ураження негативно впливає на симбіотичну систему уражених рослин, знижуючи здатність біологічної фіксації атмосферного азоту [68, 158].

На рослинах сої, інфікованих патогенним штамом вірусу жовтої мозаїки та гороху, вірусом огіркової мозаїки, відмічено зниження показників симбіотичної взаємодії у порівнянні зі здоровими рослинами і зміни вмісту в бульбочках загального, нітратного й нітритного азоту, білка, вільних амінокислот, підвищення активності нітратредуктази за підвищення активності нітрогенази [41]. Отже, бобово-ризобіальний симбіоз значною мірою піддається негативному впливу вірусної інфекції за ураження різними патогенами. Застосування біопрепаратів впливає на формування симбіотичного апарату, зокрема, збільшується кількість та маса бульбочок на коренях здорових та уражених рослин. Разом з цим спостерігається значне підвищення рівня нітрогеназної активності бульбочок здорових рослин в інтервалі від 18 до 53 % [158] та значно менше – бульбочок інфікованих рослин (на 2,5–15,3 %). Отже, бактеризація насіння бобових в тому числі і сої – сприяла підвищенню функціональних показників як здорових, так і уражених у ранні фази розвитку рослин, що забезпечує підвищення врожайності [2, 41, 50, 167, 429].

Таким чином, аналіз літературних джерел за темою досліджень свідчить, що механізм симбіозу у бобових культур і, в тому числі сої, досить детально вивчений і свідчить, що ефективна симбіотична азотфіксація забезпечує суттєве підвищення продуктивності бобових культур, а оптимальний варіант штаму для штучного зараження

симбіонтами (інокуляція насіння) гарантує оптимізацію процесу взаємодії рослини хазяїна з відповідним бактеріальним організмом та прискорену сучасну стратегію формування високопродуктивних агрофітоценозів сої. Використання інокулянтів також позитивно впливає на зниження захворюваності та підвищення резистентності до основних вірусних та бактеріальних хвороб.

Хоча недостатньо вивченою є методологія використання інокулянта, протруйника та ґрунтового гербіциду, а також специфіка реалізації сортового потенціалу сої за різних штамів інокулянта на фоні конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Також залишаються до кінця не з'ясованими процеси взаємодії симбіотичної ризобіальної системи сої з найбільш шкочинними фіто- та вірусопатогенами.

РОЗДІЛ 2.

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДІВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОРТІВ СОЇ

2.1. Азотфіксувальна активність та ефективність штамів *Bradyrhizobium japonicum* у симбіозі з *Glycine hispida* Maxim за умов вегетаційного і польового дослідів

Встановлено, що найбільша маса кореня і надземної частини зафіксована у інокульованих рослин сорту Горлиця та КиВін, де використовували у досліді штам *B. japonicum* М-8, порівняно із штамом *B. japonicum* 634б.

Дана закономірність підтверджується на всіх морфометричних показниках, які було зафіксовано у сортів, де використовувався у досліді штам *B. japonicum* М-8, як на 14 добу, так і на 21 добу після сходів, але найбільше на 35 добу після сходів, що пов'язано із формуванням симбіотичного апарату сої (табл. 2.1).

Слід зазначити, що маса коренів інокульованих рослин толерантного сорту КиВін і вірусостійкого сорту Горлиця була вищою, ніж маса коренів контрольних рослин.

На 14-у та 21-у добу після появи сходів між біометричними показниками маси надземної частини і коренів у інокульованих і контрольних сортів сої істотної різниці зафіксовано не було, що можна пояснити відсутністю сформованого симбіотичного апарату. Проте на 35-у добу після сходів маса надземної частини рослин, інокульованих штамом *B. japonicum* М-8, перевищувала контроль на 25–30 %. Маса коренів інокульованих рослин теж зростала, але менше, ніж маса надземної частини. Результати вивчення азотфіксувальної активності та ефективності симбіотичних систем сої Горлиця та КиВін показали, що використанням у досліді *B. japonicum* М-8 і *B. japonicum* 634б є ефективним і відмічалось високою азотфіксувальною активністю (табл. 2.2.).

Таблиця 2.1

Морфометричні показники рослин сої (вегетаційний дослід)						
Варіант	Доба після появи сходів					
	14-а доба		21-а доба		35-а доба	
	маса надземної частини, г	маса кореня, г	маса надземної частини, г	маса кореня, г	маса надземної частини, г	маса кореня, г
Сорт Горлиця						
Контроль (обробка водою)	0,81±0,12	0,32±0,05	1,32±0,14	0,48±0,13	2,93±0,16	1,96±0,24
Бактеризація М-8	0,82±0,14	0,30±0,04	1,35±0,06	0,56±0,05	3,80±0,18	2,41±0,16
Бактеризація 634б	0,81±0,13	0,28±0,05	1,33±0,08	0,51±0,08	3,4±0,17	2,29±0,18
Сорт КиВін						
Контроль (обробка водою)	0,69±0,10	0,27±0,10	1,27±0,1	0,46±0,07	2,46±0,17	1,60±0,20
Бактеризація М-8	0,72±0,07	0,26±0,09	1,34±0,09	0,54±0,06	3,25±0,22	2,05±0,18
Бактеризація 634б	0,71±0,08	0,26±0,1	1,32±0,1	0,51±0,06	2,9±0,2	2,0±0,19

Таблиця 2.2

Азотфіксувальна активність та ефективність штамів *Bradyrhizobium japonicum* у симбіозі з *Glycine hispida* Maxim (вегетаційний дослід)

Варіант	Сорт сої			
	Горлиця		КиВін	
	А	ΔМ	А	ΔМ
Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
Бактеризація М-8	5,23	52,7	4,09	46,5
Бактеризація 634б	4,35	45,3	3,91	40,4

Примітка: А – ацетиленредуктазна активність, мкмоль С₂Н₄ / (рослину•год), ΔМ – прибавка врожаю зеленої маси, г/посудину.

Проте, штам *B. japonicum* М-8 відрізнявся більш широкою комплементарністю, що забезпечувало найвищу азотфіксувальну активність симбіотичних систем *Glycine hispida* Maxim.– *Bradyrhizobium japonicum* на обох досліджуваних сортах. Варто також зауважити, що рівень азотфіксувальної активності штаму в значній мірі залежав від сорту сої. Найвищою вона була у сорту Горлиця.

Ефективність фіксації азоту також впливала на формування вегетативної маси рослинами сої. Як видно з таблиці, рослини сорту КиВін, симбіотична система якого мала нижчу ефективність відновлення ацетилену, порівняно із сортом Горлиця, мали приріст зеленої маси від 40,4 до 46,5 г/посудину.

У той же час бактеризація рослин сої сорту Горлиця забезпечувала достовірну прибавку урожаю від 45,3 до 52,7 г/посудину.

Разом із тим, ефективність симбіотичних систем можна достовірно оцінити лише в природних неконтрольованих умовах. Із цією метою було проведено 3-х річні польові випробування із тими ж сортами і штамми. Продуктивність симбіозу *Bradyrhizobium japonicum* – *Glycine hispida* Maxim. наведена в (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Урожайність сортів сої залежно від інокуляції

Варіант	Сорт					
	Горлиця			КиВін		
	Урожайність, т/га					
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Контроль (обробка водою)	1,90	1,60	1,36	1,56	1,41	1,19
Бактеризація М-8	2,4	2,1	1,79	1,81	1,73	1,43
Бактеризація 6346	2,1	1,9	1,55	1,7	1,52	1,28
Нір ₀₅	0,15	0,12	0,1	0,13	0,1	0,09

За результатами досліджень видно, що використання у якості мікосимбіонтів для обох сортів сої штамів *B. japonicum* М-8 і *B. japonicum* 634б приводило до суттєвого достовірного збільшення врожаю зерна рослин. Однак ефективнішою виявилась інокуляція насіння сої сорту Горлиця штамом М-8. Обробка зазначеним штамом забезпечила урожай зерна у межах 1,79–2,4 т/га.

Отже, штам *B. japonicum* М-8 виявився більш ефективним порівняно із штамом *B. japonicum* 634б, тому його було використано у подальших дослідженнях.

2.2. Вплив кліматичних умов, інокуляції та пестицидів на проходження фаз росту і розвитку сортів сої

У табл. 2.4 та табл. 2.5, наведені показники тривалості міжфазних періодів росту й розвитку рослин сої в залежності від середньодобової температури повітря, суми температур, кількості опадів.

Таблиця 2.4

Середня тривалість міжфазних періодів росту й розвитку рослин сої та гідротермічних умов вегетації, за 2013-2015 рр.

Фактори	Міжфазні періоди			
	Сівба– сходи	Сходи – цвітіння	Цвітіння– дозрівання	Веgetаційний період
Тривалість періодів, діб	12	57	45	114
Середньодобова температура повітря, °С	16,1	19,1	19,5	18,3
Сума температур, °С	156,0	1132,1	1107,9	2396,0
Сума опадів, мм	42,1	147,4	149,9	339,4

Встановлено, що середня тривалість періоду посів-сходи у сортів рослин сої, які вивчалися склав 12 діб, а період сходи-цвітіння становив 57 діб, період цвітіння-дозрівання 45 діб, а середня тривалість вегетаційного періоду у сортів сої, що вивчалися становила 114 діб.

Початок стиглості відзначають при пожовтінні 1–2 нижніх бобів у 10 – 15 % рослин, а господарську стиглість – коли у сої дозріло понад дві третіх бобів на рослині, насіння стало твердим, насіння нижніх бобів при струшуванні торохає, набуває властивих сорту забарвлення і форми.

Тривалість вегетаційного періоду від дати повних сходів до дати господарської стиглості наведено у (табл. 2.5).

Показано, що тривалість вегетаційного періоду у сортів сої Горлиця та КиВін найменшою була в контрольному варіанті і склала для сорту Горлиця – 114 діб, а для сорту КиВін – 106 діб.

Застосування інокулянту бактеріальних штамів *B. japonicum* М-8 підвищувало тривалість вегетаційного періоду у сортів, що вивчалися відповідно у сорту Горлиця – 116 діб, а у сорту КиВін – 110 діб.

У варіанті досліду де використовували *B. japonicum* М-8 сумісно з фунгіцидом Максим ХЛ тривалість вегетаційного періоду у сорту Горлиця становила – 117 діб та у сорту КиВін – 112 діб.

Послідує вивчення варіантів досліду з накладанням ґрунтового гербіциду Харнес разом з дією інокулянту бактеріальних штамів *B. japonicum* М-8, показало також незначне подовження вегетаційного періоду за рахунок затримки росту й розвитку рослин сортів сої на перших етапах, завдяки пригнічувальній дії даного гербіциду. Таким чином, тривалість вегетаційного періоду склала 118 та 114 діб.

Вегетаційний період сортів сої у варіанті досліду з використанням інокулянту *B. japonicum* М-8 сумісно із страховим гербіцидом Базагран забезпечило тривалість вегетаційного періоду на рівні 117 та 112 діб відповідно у сорту Горлиця та сорту КиВін.

Таблиця 2.5

Тривалість міжфазних періодів сортів рослин сої залежно від інкуляції та дії пестициду, (за 2013-2015 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Сівба-масові сходи	Масові сходи-перша пара справжніх листків	Перша пара справжніх листків-масове цвітіння	Масове цвітіння-кінець цвітіння	Кінець цвітіння-повне дозрівання	Тривалість періоду вегетації
Горлиця	Контроль (обробка водою)	11	19	23	26	46	114
КиВін		11	18	21	24	43	106
Горлиця	Ризобофіт	11	20	23	27	46	116
КиВін		11	19	22	25	44	110
Горлиця	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	12	21	23	27	46	117
КиВін		12	20	22	26	44	112
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Харнес	13	22	23	27	46	118
КиВін		13	21	23	26	44	114
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	11	20	24	27	46	117
КиВін		12	20	22	26	44	112

2.3. Густота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду

У процесі росту та розвитку, рослини сої, часто піддаються негативному впливу дії біотичних та кліматичних факторів довкілля. Надмірне зволоження та тривалі посухи у критичні періоди вегетації рослин можуть призводити до їх випадання, як від негативного впливу даних факторів, так і від розвитку хвороб.

Густота рослин є одним з основних показників, які в значній мірі визначають величину урожайності сільськогосподарських культур у тому числі і сої. У свою чергу вона залежить від норми висіву, польової схожості насіння та виживаності рослин [72-74].

Вплив інокуляції та пестициду на польову схожість та збереження рослин показано у (табл. 2.6).

В цілому польова схожість насіння сої змінювалася в межах від 83,4 % до 89,2 % у сорту Горлиця та від 82,6 % до 88,9 % у сорту КиВін. Вищою польовою схожістю характеризувалися варіанти дослідів, незалежно від сорту, де застосовували інокулянт М-8, а також протруювач Максим XL. Так польова схожість у сорту Горлиця на цьому варіанті дослідів склала – 89,2 %, а у сорту КиВін – 88,9 %, що пояснюється захисною функцією даного протруювача від ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Найнижчі показники польової схожості забезпечив варіант дослідів, де застосовували *V. japonicum* М-8, який є мікробним біоагентом препарату Ризобофіт, сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес – 83,4 % та 82,6 %, це пояснюється пригніченням процесів росту і розвитку рослин сої під дією ґрунтового гербіциду Харнес. Підтвердженням вказаного є наявність найбільшої кількості густоти рослин на гектарі у варіанті дослідів, де використовувався фунгіцид Максим XL у сорту Горлиця – 635 тис. рослин/га, а у сорту КиВін – 622 тис. рослин/га.

Найнижчі показники густоти рослин на гектарі були притаманні варіантам з застосуванням *V. japonicum* М-8 сумісно з ґрунтовим

гербицидом Харнес. Так, у сорту Горлиця цей показник становив – 601 тис. рослин/га, а у сорту КиВін – 678 тис. рослин/га.

Таблиця 2.6

Вплив інокуляції та пестициду на польову схожість та збереження рослин сої (у середньому за 2013-2015 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Польова схожість, %	Густота рослин, тис./га		Збереження рослин, %
			Повні сходи	Повна стиглість	
Горлиця	Контроль (обробка водою)	86,3	618	363	58,6
	Ризобофіт	88,9	634	379	59,7
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	89,2	635	392	61,7
	Ризобофіт + гербицид Харнес	83,4	601	441	73,3
	Ризобофіт + гербицид Базагран	88,8	633	429	67,7
КиВін	Контроль (обробка водою)	85,3	697	421	60,4
	Ризобофіт	87,8	715	439	61,4
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	88,9	622	449	62,3
	Ризобофіт + гербицид Харнес	82,6	678	503	74,2
	Ризобофіт + гербицид Базагран	87,9	715	499	69,6

Однак, аналізуючи отримані дані відносно виживання рослин за вегетаційний період необхідно звернути увагу на те, що найвищий відсоток збереження рослин спостерігався у варіанті досліджу, де використовувалися *jaronicum* М-8 сумісно з ґрунтовим гербицидом Харнес, де попередньо було встановлено найнижчу густоту рослин на гектарі та найнижчі показники польової схожості насіння. Таким чином, показники

виживання рослин на вказаному варіанті дослідів становили 73,3 % та 74,2 % відповідно у сортів Горлиця та КиВін, а густина рослин сої на цих варіантах була найвищою і становила у фазу повної стиглості 441 тис. рослин/га у сорту Горлиця та 503 тис. рослин/га у сорту КиВін. Даний результат пояснюється сприятливою дією гербіциду Харнес у захисті посівів рослин сої від бур'янів.

2.4. Висота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду

Враховуючи високу чутливість сої до забур'янення, особливо на початку вегетації, та неможливість надійного захисту її посівів лише механічними заходами, хімічний метод залишається невід'ємним елементом сучасних технологій її вирощування, у результаті чого створюються умови для росту і розвитку рослин.

Аналізуючи динаміку лінійного росту висоти рослин сортів сої необхідно зазначити, що найнижчі значення її показників були притаманні для варіанту контроль (обробка водою) і відповідно становили для сорту сої Горлиця – 10,7 см, 27,8 см, 69,0 см, 81,9 см та сорту сої КиВін – 11,3 см, 28,3 см, 72,0 см, 85,9 см відповідно у фазу третього трійчастого листка, початок цвітіння і кінець цвітіння, а також повної стиглості рослин (табл. 2.7). Найбільша висота рослин спостерігалась у варіанті взаємодії Ризобофіту та ґрунтового гербіциду Харнес у сорту Горлиця – 13,7 см, 31,6 см, 81,5 см, 92,7 см та у сорту КиВін – 14,5 см, 32,9 см, 84,7 см, 93,9 см відповідно у фазу третього трійчастого листка, початок цвітіння і кінець цвітіння, а також повної стиглості рослин. Це пояснюється тим, що досходовий гербіцид Харнес знищив велику кількість бур'янів на початковому етапі, коли рослини сої характеризуються низькою конкурентною здатністю. У пізніші фази росту та розвитку, сформувалася потужна вегетативна маса рослин сої, що сприяла пригніченню бур'янів. Таким чином, краще розвинуті рослини сої були конкурентоздатними у боротьбі з бур'янами в другій половині

вегетаційного періоду на варіанті досліді, де застосовували сумісно Ризобофіт та досходовий гербіцид Харнес.

Таблиця 2.7

**Висота рослин сої залежно від сорту, інокуляції та пестициду,
(у середньому за 2013–2015 рр.)**

Сорт	Варіант обробки	Висота рослин, см			
		третій трійчастий листок, см	початок цвітіння, см	кінець цвітіння, см	повна стиглість, см
Горлиця	Контроль (обробка водою)	10,7±0,8	27,8±1,9	69,0±7,8	81,9
	Ризобофіт	11,9±0,9	29,6±2,1	75,0±8,0	84,4
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	12,3±1,0	30,5±2,2	77,4±8,6	85,6
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	13,7±1,1	31,6±2,4	81,5±9,5	92,7
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	12,0±1,2	31,2±2,3	78,5±9,2	88,8
КиВін	Контроль (обробка водою)	11,3±0,9	28,3±2,1	72,0±8,3	85,9
	Ризобофіт	12,5±1,0	30,4±2,4	79,0±9,2	89,4
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	12,9±1,1	30,8±2,5	79,4±9,4	90,6
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	14,5±1,3	32,9±2,8	84,7±9,8	93,9
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	13,0±1,2	31,6±2,6	79,5±9,3	91,3

Матеріали розділу дають підстави сформулювати висновки:

1. Найбільша маса кореня і надземної частини в умовах вегетаційного дослідження зафіксована в інокульованих рослин сорту Горлиця та КиВін, де використовували у досліді штам *B. japonicum* М-8, порівняно з штамом *B. japonicum* 634б.

2. При визначенні активності відновлення ацетилену кореневими бульбочками сої сорту Горлиця та КиВін показано, що використання у досліді *B. japonicum* М-8 відрізняється більш широкою комплементарністю, що забезпечувало найвищу азотфіксувальну активність симбіотичних систем *Glycine hispida* Maxim.– *Bradyrhizobium japonicum* на обох досліджуваних сортах порівняно із штамом *B. japonicum* 634б.

3. На основі проведених спостережень та обліків за ростом і розвитком сортів сої різних груп стиглості в умовах Лісостепу Правобережного встановлено, що поряд із гідротермічними умовами регіону тривалість окремих міжфазних періодів, показники польової схожості та виживаності рослин, лінійного росту стебла, визначаються дією Ризобофіту, протруювачем Максим XL, а також ґрунтовим гербіцидом Харнес та післясходовим гербіцидом Базагран.

4. Як для середньораннього сорту Горлиця, так і для ранньостиглого сорту КиВін, найкращі умови для росту і розвитку рослин були на варіантах дослідження, де застосовували модель технології, яка передбачала обробку насіння інокулянтном Ризобофіт та внесення після посіву ґрунтового гербіциду Харнес. Застосування даних елементів технології вирощування сої забезпечило суттєве підвищення показників, які характеризують інтенсивність їх росту і розвитку.

РОЗДІЛ 3.

СИМБІОТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДУ

3.1. Динаміка утворення бульбочок у рослин сої залежно від інокуляції та пестициду

Ріст і продуктивність бобових культур у значній мірі визначається формуванням їх симбіотичних взаємовідносин з бульбочковими бактеріями, що істотно покращують азотне живлення рослин. Дієвим прийомом підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу є застосування препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій [373].

Проблема інтенсифікації аграрного виробництва й охорони навколишнього середовища викликає інтерес до біологічного азоту в усіх країнах світу. Проводяться дослідження з вивчення особливостей азотфіксації, її значення в азотному живленні рослин й азотному балансі ґрунту, оскільки азотфіксувальні мікроорганізми є важливим резервом поліпшення балансу азоту в ґрунті, збільшення урожайності сільськогосподарських культур [344]. Ефективне використання діяльності бульбочкових бактерій, які фіксують азот з повітря і мобілізують важкодоступні форми фосфору з ґрунту, підвищують родючість ґрунту і у кінцевому результаті економлять значну кількість мінеральних азотних і фосфорних добрив [347].

Потужний розвиток симбіотичного апарату зернобобових культур залежить не лише від ефективної взаємодії генотипів рослини господаря та бульбочкових бактерій в певних умовах вирощування, але і від окремих елементів технології вирощування, а саме, використанням бактеріальних препаратів, мінеральних добрив та способів застосування мікродобрив, стимуляторів росту рослин тощо [347].

Здатність проникати в корені рослини-господаря та викликати утворення бульбочок є однією з важливих симбіотичних характеристик бульбочкових бактерій. Згідно з літературними даними [373] протягом 12–18 діб від початку інфікування клітини бактерій інтенсивно діляться, і лише після цього на поверхні кореневої системи з'являється ризобіальний нарост.

Вивчаючи динаміку бульбочкоутворення, було відмічено, що кількість ризобіальних наростів у досліджуваних рослин зростала протягом усього вегетаційного періоду. Починаючи з фази бутонізації у сорту Горлиця – від 12,9 шт. до 15,2 шт., а у сорту КиВін – від 12,5 шт. до 13,6 шт. на одну рослину і до фази кінця цвітіння у сорту Горлиця – від 36,3 шт. до 39,1 шт. та у сорту КиВін – від 33,2 шт. до 36,9 шт. на одну рослину. Аналогічно пропорційно збільшувалася кількість активних бульбочок починаючи з фази бутонізації у сорту Горлиця – від 7,8 шт. до 10,1 шт., а у сорту КиВін – від 7,6 шт. до 9,0 шт. на одну рослину і до фази кінця цвітіння у сорту Горлиця – від 22,0 шт. до 26,3 шт. та у сорту КиВін – від 20,7 шт. до 23,6 шт. відповідно (табл. 3.1).

Необхідно також зазначити, що на коренях рослин контрольного варіанту протягом вегетаційного періоду бульбочок спонтанного походження не виявлено. Це дозволяє зробити висновок, що у ґрунті, на якому проводилися дослідження, місцевих штамів бульбочкових бактерій немає. Даний факт узгоджується з результатами досліджень інших вчених [373-375] які стверджують, що у ґрунтах більшості досліджених полів, на яких сою висівали вперше, 83% ризобії відсутні.

Крім того, необхідно відмітити, що кількість бульбочкових бактерій зростала за дії інокуляції насіння азотфіксувальними бактеріями при сівбі, у фазу бутонізації у сорту Горлиця – 14,4 шт., а сорту КиВін – 12,7 шт., а у фазу кінець цвітіння 37,3шт. та 36,5шт. відповідно. Найменша кількість бульбочок на рослині була на варіанті досліду сумісної взаємодії Ризобофіту з ґрунтовим гербіцидом Харнес.

Таблиця 3.1

Кількість бульбочок на рослинах сої, залежно від інюкуляції та пестицидів, шт., (у середньому за 2013–2015 рр.)

Сорт	Інокуляція + пестицид	Фази росту і розвитку						Кінець цвітіння	
		Бутонізація		Початок цвітіння		Загальна	Активних	Загальна	Активних
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних
Горлиця	I	0	0	0	0	0	0	0	0
КиВін	Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0
Горлиця	II	14,4±1,34	9,5±0,8	24,6±2,25	16,8±1,56	37,3±3,72	25±2,46		
КиВін	інокулянт M8	12,7±1,17	8,9±0,7	23,2±2,12	14,7±1,35	36,5±3,65	22,3±2,21		
Горлиця	III	15,2±1,32	10,1±0,9	25,7±2,47	17,3±1,62	39,1±3,89	26,3±2,54		
КиВін	M8 + прогруювач Максим XL	13,6±1,13	9,0±0,8	24,3±2,33	15,6±1,44	36,9±3,68	23,6±2,12		
Горлиця	IV	12,9±1,23	7,8±0,6	22,8±2,15	14,1±1,32	36,3±3,53	22,0±2,1		
КиВін	M8+гербіцид Харнес	10,8±0,8	7,6±0,6	21,1±1,9	12,6±1,13	33,2±3,30	20,7±1,9		
Горлиця	V	13,7±1,13	9,9±0,8	23,9±2,26	16,8±1,54	39,0±3,9	25,0±2,38		
КиВін	M8+гербіцид Базагран	12,5±1,12	8,9±0,7	22,8±2,18	14,9±1,36	37,8±3,76	23,2±2,21		

Так у фазу бутонізації ця кількість складала – 12,9 шт. та 10,8 шт. , а у фазу кінець цвітіння – 36,3 шт. та 33,2 шт. у сортів сої Горлиця та КиВін відповідно. Це вказує на пригнічуючу дію ґрунтового гербіциду Харнес відносно формування кількості бульбочкових бактерій на рослині. Хоча в цілому не спостерігається значного зниження кількості бульбочкових бактерій при дії ґрунтового гербіциду Харнес, а лише тенденції до зниження їх кількості. На відміну від варіанту з використанням ґрунтового гербіциду, у варіанті досліду взаємодії Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран, кількість бульбочок на рослинах не знижувалась. Так, у сорту Горлиця і сорту КиВін вона становила у фазу бутонізації – 13,7 шт. і 12,5 шт., а у фазу кінець цвітіння – 39,0 шт. і 37,8 шт.

Щодо кількості активних бульбочок на рослині, то цей показник змінювався залежно від варіанту застосованого досліду, а саме у варіанті із застосуванням Ризобофіту, кількість активних бульбочок у фазі кінець цвітіння становила – 423,7 мг/рослину та 356,9 мг/рослину у сортів Горлиця та КиВін відповідно (табл. 3.2).

При взаємодії бобової рослини з бульбочковими бактеріями може утворюватися як ефективний, так і неефективний симбіоз, який часто пов'язаний зі слабким розвитком корневих бульбочок [405, 462-542].

Проведені дослідження показали, що бактеризація насіння сої досліджуваним *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяла утворенню бульбочок рожевого забарвлення, які розміщувалися переважно на головному корені рослин, що характеризує ефективний симбіоз. В онтогенезі рослин усіх варіантів з передпосівною інокуляцією насіння маса бульбочок наростала (табл. 3.2). Так, якщо у фазу бутонізації на коренях сорту Горлиця накопичувалося в середньому від 188,2 мг/рослину до 229,6 мг/рослину біомаси активних бульбочок, а у сорту КиВін від 182,8 мг/рослину до 232,2 мг/рослину то у фазу бутонізації – початку цвітіння цей показник збільшився у 1,89–2,0 рази.

Сира маса бульбочок рослин сої, залежно від інокуляції та пестицидів, мг/ рослину, (у середньому за 2013-2015 рр.)

Сорт	Інокуляція + пестицид	Фази росту і розвитку							
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння		Загальна	Активних
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних		
Горлиця	I	0	0	0	0	0	0	0	0
КиВін	Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0
Горлиця	II	340,2±33,2	224,4±21,6	473,1±45,2	323,1±32,3	632,1±60,4	423,7±40,6		
КиВін	інокулянт M8	331,4±32,5	232,2±22,1	456,9±43,4	289,5±27,3	584,3±57,2	356,9±33,8		
Горлиця	III	345,6±33,4	229,6±21,3	460,5±45,1	309,9±28,1	627,6±60,3	422,1±40,3		
КиВін	M8 + протруювач Максим XL	336,8±32,6	222,9±21,1	439,2±42,6	281,9±27,2	575,9±56,2	368,3±34,6		
Горлиця	IV	311,2±29,4	188,2±17,4	423,8±41,5	262,1±25,3	566,3±54,8	343,2±32,4		
КиВін	M8+гербіцид Харнес	259,8±24,6	182,8±17,2	388,7±36,4	232,1±22,3	504,8±49,6	314,7±29,6		
Горлиця	V	334,6±32,7	241,8±23,4	451,2±43,2	317,2±29,5	587,2±57,3	376,4±36,2		
КиВін	M8+гербіцид Базагран	314,1±29,6	223,6±21,3	423,9±39,3	277,0±26,1	543,8±51,9	333,7±31,5		

Таким чином, найбільша біомаса активних бульбочок спостерігалася у фазу кінець цвітіння і становила у сорту Горлиця – 422,1 мг/рослину, а у сорту КиВін – 368,3 мг/рослину із застосуванням Ризобофіту сумісно з фунгіцидом Максим XL. У варіанті досліду, де застосовували бактеризацію насіння сої досліджуваним *B. japonicum* М-8 із ґрунтовим гербіцидом Харнес прослідковувалося зниження біомаси активних бульбочок у фазу кінець цвітіння у сорту Горлиця – 343,2 мг/рослину та у сорту КиВін – 314,7 мг/рослину.

Це пов'язано із пригнічувальною дією ґрунтового гербіциду Харнес на біомасу активних бульбочок, причому дана закономірність простежувалася для обох сортів у даному варіанті досліду.

Накопичення сирої маси бульбочок рослин сої показано в (табл. 3.3). Так, варіант досліду з використанням Ризобофіту сприяв підвищенню накопичення сирої маси активних бульбочок.

В онтогенезі рослин усіх варіантів з передпосівною бактеризацією насіння сира маса активних бульбочок наростала. Особливо це було помітно у другій половині вегетаційного періоду. Так, у фазу бутонізації досліджуваний показник становив – 136,64 кг/га та 139,32 кг/га відповідно у сорту Горлиця та КиВін, а у фазу кінець цвітіння їх кількість збільшувалася і складала у даних сортів – 254,22 кг/га та 214,14 кг/га.

У варіанті досліду, де застосовували сумісно Ризобофіт і ґрунтовий гербіцид Харнес сира маса активних бульбочок на рослині складала – 112,92 кг/га та 109,68 кг/га у фазу бутонізації, а у фазу кінець цвітіння становила – 205,92 кг/га та 188,82 кг/га.

Застосування страхового гербіциду Базагран сумісно із Ризобофітом сприяло формуванню більшої кількості сирої маси активних бульбочок. Так, сира маса активних бульбочок на цьому варіанті становила – 145,08 кг/га та 134,16 кг/га у фазу бутонізації, а у фазу кінець цвітіння – 255,8 кг/га та 200,22 кг/га.

**Накопичення сирової маси бульбочок рослин сої, залежно від інюкуляції та пестицидів, кг/га,
(у середньому за 2013-2015 рр.)**

Сорт	Інюкуляція + пестицид	Фази росту і розвитку									
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння					
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних				
Горлиця	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
КиВін	Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Горлиця	II	204,12±19,6	136,64±12,4	283,86±27,3	193,86±18,5	379,26±36,2	254,22±24,2				
КиВін	інюкулянт M8	198,84±19,4	139,32±12,1	274,14±26,2	173,7±16,7	350,58±34,3	214,14±19,8				
Горлиця	III	207,36±18,9	137,76±11,6	276,3±25,6	185,94±17,6	376,56±36,7	253,26±24,5				
КиВін	M8 + протруювач Максим XL	202,08±19,3	133,74±12,5	263,52±25,3	169,14±15,4	345,54±33,5	220,98±21,3				
Горлиця	IV	186,72±17,2	112,92±10,5	254,28±24,2	157,26±14,8	339,78±32,7	205,92±19,7				
КиВін	M8+гербіцид Харнес	155,88±14,6	109,68±9,8	233,22±21,7	139,26±12,3	302,88±29,6	188,82±17,8				
Горлиця	V	200,76±18,4	145,08±13,8	270,72±26,4	190,32±18,4	352,32±34,3	255,84±24,5				
КиВін	M8+гербіцид Базагран	188,46±17,6	134,16±12,4	254,34±24,2	166,2±15,4	326,28±30,4	200,22±19,2				

Таким чином, накопичення сирої маси активних бульбочок було найвищим на варіанті досліду, де застосовували мікробний препарат Ризобофіт.

У варіанті досліду, де сумісно використовували цей інокулянт із ґрунтовим гербіцидом сира маса активних бульбочок знижувалася. Чого не можна сказати про варіант досліду, де застосовували Ризобофіт сумісно із страховим гербіцидом Базагран. На цьому варіанті досліду не помічено зниження сирої маси активних бульбочок.

В онтогенезі рослин усіх варіантів з передпосівною інокуляцією насіння сира маса активних бульбочок наростала, поряд із нітрогеназною активністю. Особливо це було помітно у другій половині вегетаційного періоду. Так, у фазі кінець цвітіння інокульовані високоактивним штамом бактерій *V. japonicum* М-8 сорти Горлиця і КиВін характеризувалися найвищою нітрогеназною активністю (табл. 3.4). Так, у варіанті досліду, де застосовували *V. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофіт, нітрогеназна активність становила – 5,2 мкмоль C_2H_4 /рослину•год та 4,1 мкмоль C_2H_4 /рослину•год.

У варіанті досліду, де застосовували Ризобофіт сумісно із ґрунтовим гербіцидом Харнес, нітрогеназна активність становила – 4,3 мкмоль C_2H_4 /рослину•год. і 3,6 мкмоль C_2H_4 /рослину•год у сортів сої Горлиця та КиВін. Це пов'язано із пригнічувальною дією ґрунтового гербіциду відносно нітрогеназної активності бульбочкових бактерій на коренях рослин сої.

Меншою мірою пригнічується нітрогеназна активність бульбочкових бактерій на варіанті досліду, де застосовували Ризобофіт сумісно із страховим гербіцидом Базагран. Даний варіант досліду забезпечував вищу нітрогеназну активність бульбочкових бактерій – 5,0 мкмоль C_2H_4 /рослину•год та 3,9 мкмоль C_2H_4 /рослину•год у сортів сої Горлиця та КиВін у фазу кінець цвітіння.

Маса активних бульбочок, мг/рослину та нітрогеназна активність сої, мкмоль C₂H₄/рослину•год залежно від інокуляції та пестицидів (у середньому за 2013-2015 рр.)

Сорт	Інокуляція + пестицид	Фази росту й розвитку рослин					
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння	
		Маса бульбочок	АФА	Маса бульбочок	АФА	Маса бульбочок	АФА
Горлиця	I	0	0	0	0	0	0
КиВін	Контроль	0	0	0	0	0	0
Горлиця	II	224,4±21,2	2,1±0,21	323,1±31,2	4,1±0,41	423,7±41,3	5,2±0,52
КиВін	інокулянт M8	232,2±22,3	1,8±0,18	289,5±27,6	3,4±0,34	356,9±34,2	4,1±0,41
Горлиця	III M8 + протруювач	229,6±21,4	2,0±0,2	309,9±29,6	3,9±0,37	422,1±41,4	5,1±0,51
КиВін	Максим XL	222,9±20,4	1,7±0,17	281,9±27,4	3,5±0,35	368,3±34,6	4,0±0,4
Горлиця	IV M8+гербіцид	188,2±17,6	1,2±0,12	262,1±25,3	3,4±0,33	343,2±32,3	4,3±0,43
КиВін	Харнес	182,8±17,4	1,0±0,1	232,1±21,4	3,1±0,29	314,7±29,4	3,6±0,36
Горлиця	V	241,8±23,4	1,5±0,15	317,2±29,8	3,6±0,35	376,4±36,3	5,0±0,5
КиВін	M8+гербіцид Базагран	223,6±21,6	1,4±0,14	277,0±26,2	3,3±0,32	333,7±31,5	3,9±0,39

3.2. Симбіотичний потенціал сортів сої за дії інокуляції та пестициду

Як відомо, кількість симбіотично фіксованого азоту залежить не лише від маси бульбочок з леггемоглобіном, але і від тривалості їх активного функціонування, ці показники азотфіксації об'єднують у так званий активний симбіотичний потенціал. Активний симбіотичний потенціал (АСП) за весь період вегетації розраховують за сумою показників АСП за окремі періоди вегетації. При розрахунках АСП враховується маса лише активних бульбочок, тобто тих, які мають рожеве забарвлення. Активний симбіотичний потенціал в тій чи іншій мірі показує участь окремих факторів на накопичення біологічного азоту.

Результати отриманих даних показали, що з поміж досліджуваних факторів на формування величини активного симбіотичного потенціалу позитивний вплив мало застосування інокулянта на основі *V. japonicum* М-8, що сприяло інтенсивнішому заселенню коренів рослин сої симбіотичними бактеріями, і, як наслідок, формуванню більшої кількості бульбочок та підвищенню їх потенційної маси, внаслідок чого зростала величина АСП (табл. 3.5). В онтогенезі рослин усіх варіантів з передпосівною інокуляцією насіння активний симбіотичний потенціал рослин сої збільшується, що обумовлено наростанням кількості бульбочок на рослині поряд із нітрогеназною активністю. Особливо це було помітно у другій половині вегетаційного періоду. Найвищий активний симбіотичний потенціал було сформовано у варіанті досліді, де застосовували інокулянт на основі *japonicum* М-8 у сорту Горлиця – 22,67 тис. кг діб/га та у сорту КиВін – 20,32 тис. кг діб/га. У варіанті досліді сумісної взаємодії Ризобофіту з ґрунтовим гербіцидом Харнес спостерігалось зниження активного симбіотичного потенціалу у сортів сої Горлиця та КиВін відповідно до рівня – 18,44 і 16,94 тис. кг діб/га.

Таблиця 3.5

**Загальний та активний симбіотичний потенціал рослин сортів сої, залежно від інокуляції та пестицидів,
тис. кг діб/га (у середньому за 2013-2015 рр.)**

Сорт	Інокуляція + пестицид	Фази росту і розвитку											
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння		За весь період тривалості симбіозу					
		Загальний	Активний	Загальний	Активний	Загальний	Активний	Загальний	Активний				
Горлиця	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
КиВін	Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Горлиця	II	6,94±0,55	4,64±0,34	10,78±1,1	7,36±0,7	15,92±1,4	10,67±0,9	33,64±3,2	22,67±2,1				
КиВін	інокулянт M8	12,72±0,53	4,73±0,35	10,41±1,1	6,6±0,6	14,72±1,3	8,99±0,8	31,89±2,9	20,32±1,9				
Горлиця	III M8 + протруювач	7,05±0,62	4,68±0,34	10,49±1,0	7,06±0,7	15,81±1,4	10,63±0,9	33,35±3,1	22,37±2,1				
КиВін	Максим XL	6,87±0,54	4,54±0,34	10,01±0,9	6,42±0,5	14,51±1,3	9,28±0,8	31,39±2,9	20,24±1,9				
Горлиця	IV	6,34±0,51	3,83±0,34	9,66±0,9	5,97±0,5	14,27±1,3	8,64±0,8	30,27±2,8	18,44±1,7				
КиВін	M8+гербіцид Харнес	5,29±0,43	3,72±0,34	8,86±0,7	5,29±0,4	12,72±1,1	7,93±0,7	26,87±2,5	16,94±1,5				
Горлиця	V	6,82±0,56	4,93±0,39	10,28±0,9	7,23±0,7	14,79±1,3	10,74±0,9	31,89±2,9	22,9±2,1				
КиВін	M8+гербіцид Базагран	6,41±0,51	4,56±0,42	9,66±0,9	6,31±0,6	13,70±1,2	8,41±0,7	29,77±2,8	19,28±1,8				

У варіанті досліду Ризобофіт сумісно із страховим гербіцидом Базагран спостерігалось підвищення активного симбіотичного потенціалу до рівня – 22,9 тис. кг діб /га і 19,28 тис. кг діб /га, відповідно у сортів Горлиця та КиВін. Для визначення кількості біологічно фіксованого азоту використовувався метод розрахунку за величиною активного симбіотичного потенціалу та питомої активності симбіозу. Розрахувавши величину цих показників, було визначено і кількість біологічно фіксованого азоту за відповідний період. Виходячи із результатів дослідження, виявлено, що питома активність симбіозу бульбочкових бактерій у посівах сої змінювалась залежно від сорту та року дослідження.

Таким чином, за результатами проведених досліджень виявлено, що найвищу кількість біологічно фіксованого азоту атмосфери, рослини сої сорту Горлиця – 161,8 кг/га і сорту КиВін – 145,1 кг/га, фіксують у варіантах досліду за бактеризації насіння інокулянтном на основі *V. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофіт (табл. 3.6).

У варіанті досліду, де застосовували інокулянт на основі бактеріальних штамів *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно із ґрунтовим гербіцидом Харнес спостерігалось зниження кількості біологічно фіксованого азоту атмосфери рослини сої сорту Горлиця – 118,0 кг/га і сорту КиВін – 108,4 кг/га. У варіанті досліду, де застосовували інокулянт на основі бактеріальних штамів *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно із страховим гербіцидом Базагран, кількість біологічно фіксованого азоту атмосфери у рослин сої сорту Горлиця становив – 157,6 кг/га і сорту КиВін – 132,6 кг/га. Проводячи аналіз розділу потрібно виділити варіант досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). У даному варіанті основні показники симбіотичної діяльності рослин сої сорту Горлиця сягнули найвищого значення, порівняно з іншими варіантами досліду: кількість бульбочок в середньому за роки проведення досліджень – 37,3 шт./рослину, біомаса бульбочок – 632,1 мг/рослину, нітрогеназна

активність становила – 5,2 мкмоль C_2H_4 /год•рослину. У сорту КиВін дані показники становили: кількість бульбочок – 36,5 шт./рослину, біомаса бульбочок – 584,3 мг/рослину, нітрогеназна активність – 4,1 мкмоль C_2H_4 /год•рослину.

Таблиця 3.6

Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції та пестициду, кг/га (у середньому за 2013-2015 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Загальний	Активний	Кількість фіксованого азоту, кг/га
		тис. кг діб/га		
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0
	Ризобофіт	33,6	22,67	161,8
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	33,35	22,37	159,6
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	30,27	18,44	118,0
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	31,89	22,9	157,6
КиВін	Контроль (обробка водою)	0	0	0
	Ризобофіт	31,9	20,32	145,1
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	31,4	20,24	141,7
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	26,9	16,94	108,4
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	29,77	19,28	132,6

У варіанті сумісної взаємодії Ризобофіту та ґрунтового гербіциду Харнес було виявлено пригнічення азотфіксації, де кількість бульбочок та нітрогеназна активність знижувалася. Так показники симбіотичної діяльності рослин сої сорту Горлиця становили: кількість бульбочок в середньому за роки проведення досліджень – 36,3 шт./рослину, біомаса бульбочок – 566,3 мг/рослину, нітрогеназна активність – 4,3 мкмоль C_2H_4 /год•рослину.

У варіанті взаємодії Ризобофіту сумісно з гербіцидом Базагран симбіотична діяльність була значно активнішою. Так, основні показники симбіотичної діяльності рослин сої сорту Горлиця становили: кількість бульбочок в середньому за роки проведення досліджень – 39,0 шт./рослину, біомаса бульбочок – 587,2 мг/рослину, нітрогеназна активність склала – 5,0 мкмоль C_2H_4 /год•рослину. У сорту КиВін дані показники становили: кількість бульбочок – 37,8 шт./рослину, біомаса бульбочок – 543,8 мг/рослину, нітрогеназна активність – 3,9 мкмоль C_2H_4 /год•рослину.

Матеріали розділу дають підстави сформулювати висновки:

1. Найкращі умови для максимальної реалізації симбіотичного потенціалу як для сорту Горлиця так і сорту КиВін були у варіанті досліджу, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт).

Даний варіант забезпечив найвищі показники симбіотичної діяльності рослин сої сорту Горлиця, порівняно з іншими варіантами досліджу. Так, кількість бульбочок в середньому за роки проведення досліджень становила 37,3 шт./рослину, біомаса бульбочок – 632,1 мг/рослину, нітрогеназна активність склала – 5,2 мкмоль C_2H_4 /год•рослину. У сорту КиВін дані показники становили: кількість бульбочок – 36,5 шт./рослину, біомаса бульбочок – 584,3 мг/рослину, нітрогеназна активність – 4,1 мкмоль C_2H_4 /год*рослину.

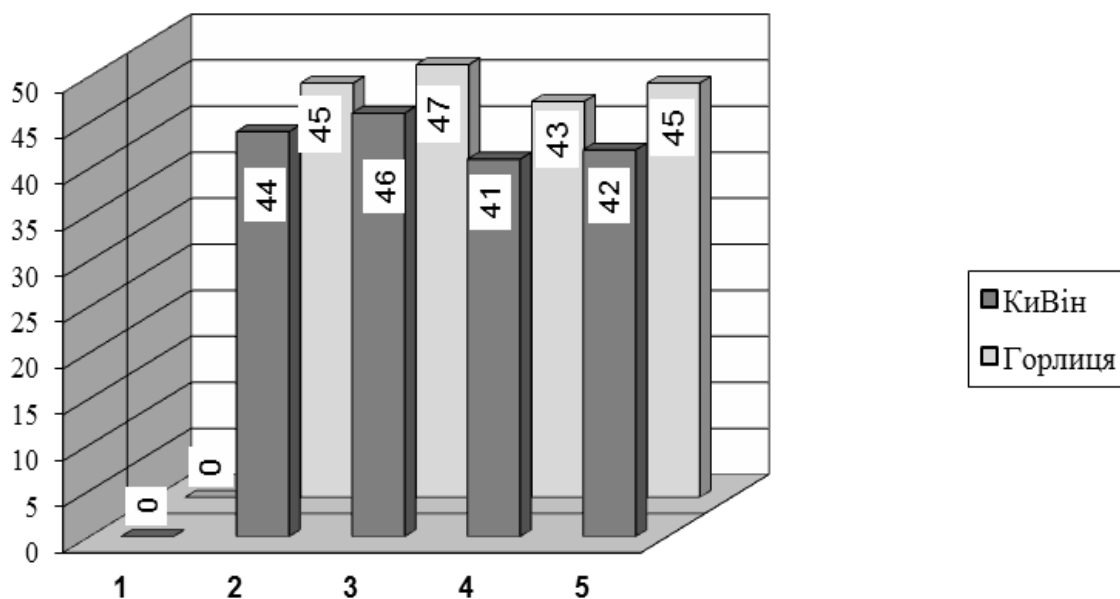
2. Кількість біологічно фіксованого азоту атмосфери рослини сої сорту Горлиця становила – 161,8 кг/га, а сорту КиВін – 145,1 кг/га.

РОЗДІЛ 4.

ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* – СОРТИ СОЇ ГОРЛИЦЯ ТА КИВІН

4.1. Формування симбіотичного апарату рослин сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду

Дослідженнями встановлено, що кліматичні умови років вирощування істотно позначилися на кількості бульбочок у сортів сої Горлиця та КиВін. У роки з достатнім зволоженням кількість і маса бульбочок була значно більшою порівняно із посушливими роками. Бульбочки в основному розміщувалися на головному корені та розгалуженнях першого порядку на глибині 0–15 см й мали світло-рожеве забарвлення, що свідчить про їх досить високий ступінь азотфіксувальної активності. Так, в умовах 2013 року, коли за період вегетації випала найбільша кількість опадів, сформувалась і найбільша кількість бульбочок на рослинах сортів сої (табл. 4.1, рис. 4.1).



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобіфіт; 3–фунгіцид – Максим XL+Ризобіфіт; 4–Ризобіфіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобіфіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.1. Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2013 року

Таблиця 4.1

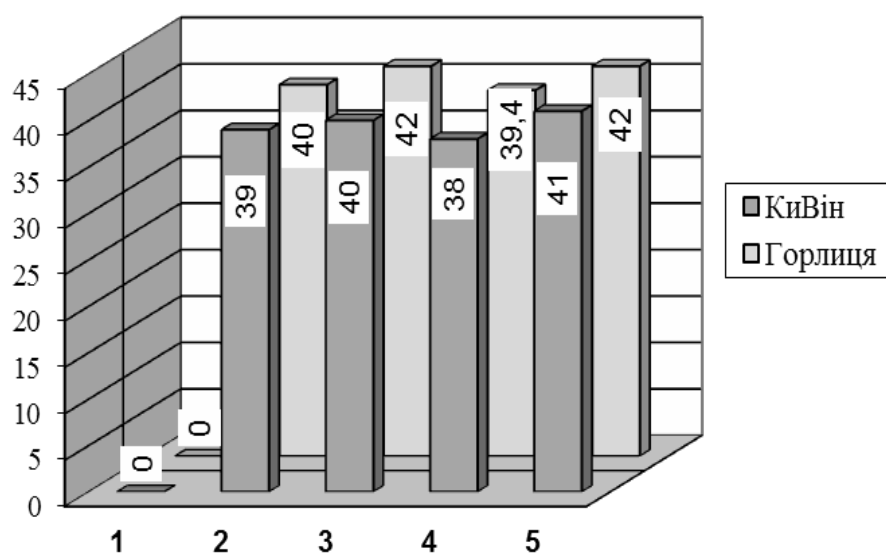
**Кількість бульбочок залежно від сорту, інокуляції, пестициду,
(фаза кінець цвітіння), за 2013–2015 рр.**

Сорт	Варіант обробки	Кількість бульбочок, од./рослину, шт.			
		2013	2014	2015	Середнє
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	45	40	27	37,3
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	47	42	28	39,0
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	43	39,4	26,5	36,3
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	45	42	30	39,0
КиВін	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	44	39	26	36,5
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	46	40	25	36,9
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	41	38	21	33,2
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	42	41	30,5	37,8

Так, незалежно від варіанту дослідження, кількість бульбочок, що сформувалась в умовах 2013 року, у сорту Горлиця була найбільшою і становила для варіанту дослідження, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 45 шт. У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом – 47 шт. У варіанті дослідження, де використовували Ризобофіт з ґрунтовим гербіцидом Харнес, кількість бульбочок на рослині становила – 43 шт. На противагу варіанту дослідження, де застосовували страховий гербіцид Базагран разом з Ризобофітом,

кількість бульбочок становила – 45 шт. Показники кількості бульбочок на варіантах дослідів в умовах 2013 року на сорті сої КиВін також були найвищими і становили для варіанту дослідів, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 44 шт. У варіанті дослідів, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом – 46 шт. У варіанті дослідів, де використовували Ризобофіт з ґрунтовим гербіцидом Харнес, кількість бульбочок на рослині становила – 41 шт. На противагу варіанту дослідів, де застосовували страховий гербіцид Базагран сумісно з Ризобофітом, кількість бульбочок становила – 42 шт.

Умови 2014 року також були сприятливими для формування значної кількості бульбочок на рослині, зокрема, за період вегетації випала достатня кількість опадів. Це, в свою чергу, зумовило порівняно високі значення кількості бульбочок на рослині (див. табл. 4.1. рис. 4.2).



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

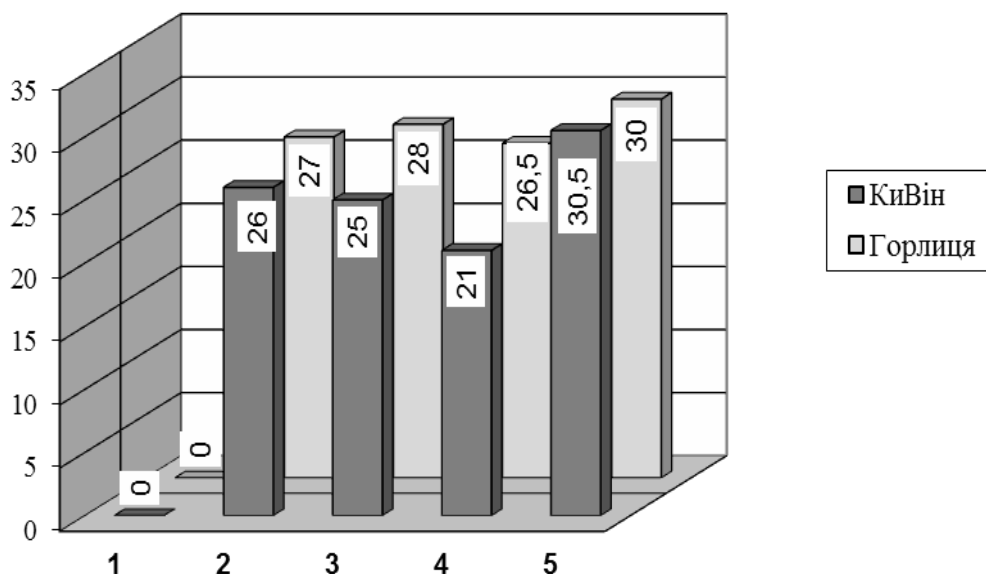
Рис. 4.2 Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2014 року

Так, для варіанту дослідів, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) у сорту Горлиця кількість бульбочок становила – 40 шт. У варіанті дослідів, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом – 42 шт. У варіанті дослідів, де використовували Ризобофіт

з ґрунтовим гербіцидом Харнес, кількість бульбочок на рослині становила – 39,4 шт. На противагу варіанту дослід, де застосовували страховий гербіцид Базагран сумісно з Ризобофітом, кількість бульбочок склала – 42 шт.

Показники кількості бульбочок на варіантах дослід в умовах 2014 року на сорті сої КиВін також були найвищими і становили для варіанту дослід, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 39 шт. У варіанті дослід, де застосовували фунгіцид Максим ХЛ сумісно з Ризобофітом – 40 шт. У варіанті дослід, де використовували Ризобофіт з ґрунтовим гербіцидом Харнес, кількість бульбочок на рослині становила – 38 шт. На противагу варіанту дослід, де застосовували страховий гербіцид Базагран сумісно з Ризобофітом, кількість бульбочок становила – 41 шт. Проводячи аналіз кількості бульбочок, які сформувалися в умовах 2015 року необхідно відмітити, що гідротермічні умови цього року були несприятливі для процесів росту і розвитку сортів рослин сої. Зокрема, випала найменша кількість опадів порівняно із 2013 та 2014 роком. Крім того, високі абсолютні значення середньодобових температур зумовили разом із низькою кількістю опадів несприятливі умови для продуктивного процесу розвитку рослин сої. Таким чином, в умовах 2015 року сформувалася найменша кількість бульбочок незалежно від варіантів дослід (див. табл. 4.1, рис. 4.3). Проте, у межах кожного з варіантів дослід прослідковується певна закономірність прояву цієї ознаки залежно від умов.

Так, у цей період спостерігалось, що у сорту Горлиця кількість бульбочок сформувалася у варіанті дослід, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 27 шт. У варіанті дослід, де застосовували фунгіцид Максим ХЛ сумісно з Ризобофітом кількість бульбочок становила – 28 шт., а застосування ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з Ризобофітом зумовило зниження кількості бульбочок на рослині до 26,5 шт.



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.3 Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2015 року

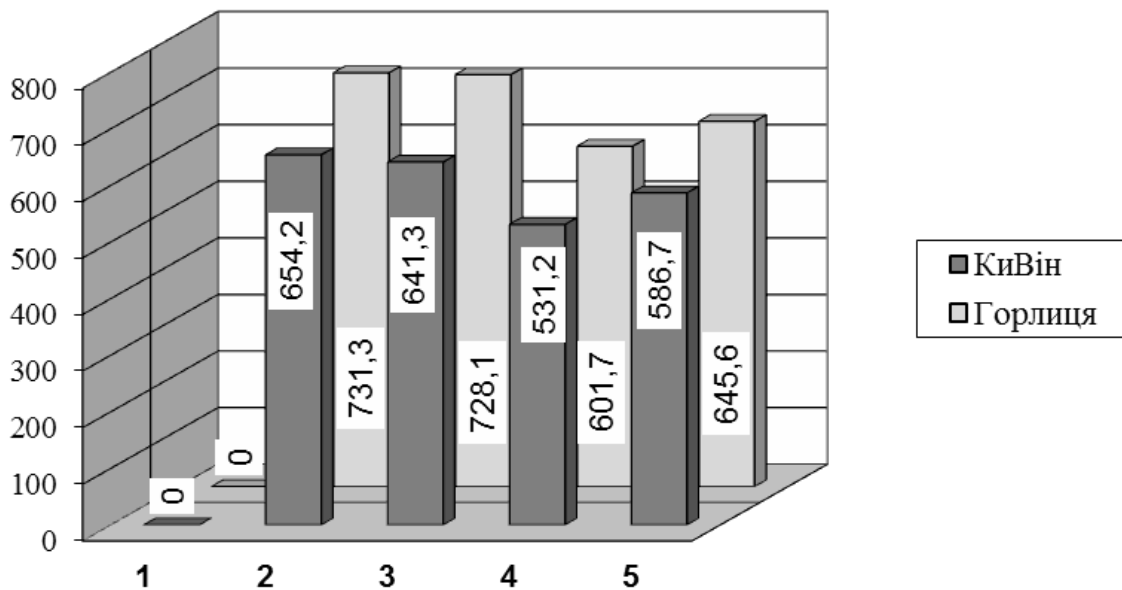
Застосування страхового гербіциду Базагран сумісно з Ризобофітом сприяло підвищенню показника кількості бульбочок на рослині до 30 шт.

Ідентична закономірність між варіантами дослідів спостерігалася і у ранньостиглого сорту КиВін. Так варіант дослідів де використовували *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) показав наявність бульбочок у кількості – 36,5 шт. Однак, застосування фунгіциду Максим XL разом з Ризобофітом, навіть підвищило показники кількості бульбочок на рослині до 36,9 шт. У варіанті ж дослідів, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з Ризобофітом кількість бульбочок на рослині зменшилася і становила – 33,2 шт. Крім того, застосування гербіциду Базагран сумісно з Ризобофітом підвищило кількість бульбочок на рослині до 37,8 шт.

Показником ефективної взаємодії рослини і ризобій є також маса активних бульбочок на коренях бобових – вона характеризує здатність бобово-ризобіальних систем до інтенсивної фіксації атмосферного азоту.

Аналізуючи масу бульбочок на рослині залежно від кліматичних умов року, генотипу та дії інокулянта і пестициду необхідно відмітити, що

в умовах 2013 року формувалась найбільша маса бульбочок на рослині (табл. 4.2, рис. 4.4).



*Примітка: 1–Контроль (обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.4. Маса бульбочок на рослині сої, мг в умовах 2013 року.

Так, в умовах 2013 року у варіанті досліді, де було застосовано інокулянт Ризобофіт одержано найвищу масу бульбочок на рослині – 731,3 мг.

У варіанті досліді, де застосовували Ризобофіт сумісно з фунгіцидом Максим XL, було отримано масу бульбочок – 728,1 мг. У варіанті досліді, де застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з Ризобофітом отримано найменшу масу бульбочок – 601,7 мг. Застосування ж у варіанті досліді страхового гербіциду Базагран у поєднанні з Ризобофітом підвищило масу бульбочок до 645,6 мг.

Подібна тенденція спостерігалась і у сорту КиВін де було застосовано інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв формуванню значній масі бульбочок на рослині – 654,2 мг. У варіанті досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок на рівні – 641,3 мг.

У варіанті досліді, де було використано інокулянт Ризобофіт сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес отримано найменшу масу бульбочок на

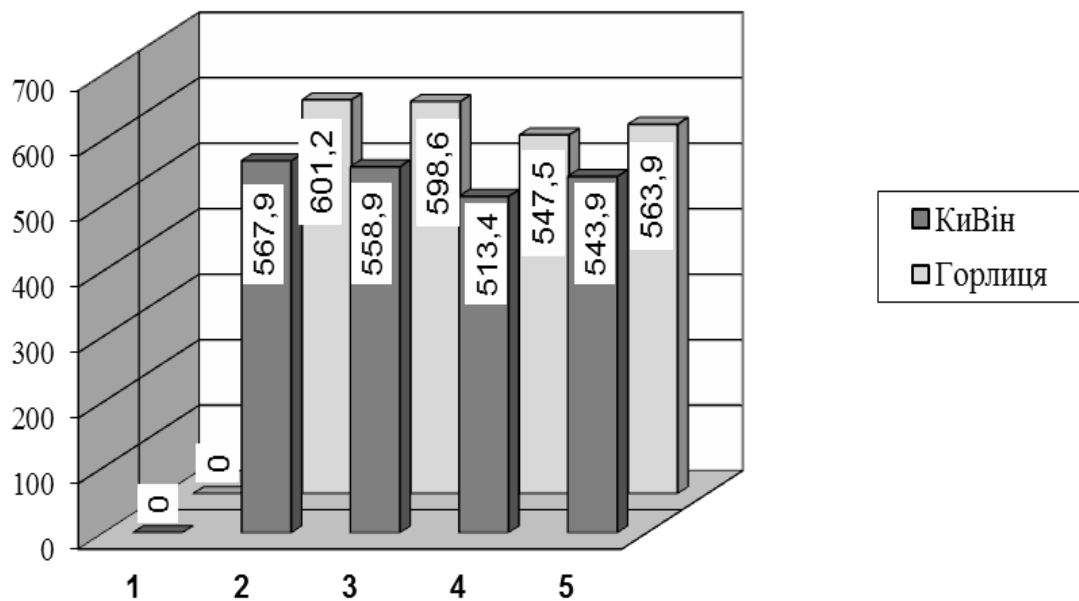
рослині – 531,2 мг. Використання у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран за дії бактеризації насіння штамом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), підвищило масу бульбочкових бактерій до 586,7мг.

Таблиця 4.2

Маса бульбочок на рослині сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, (фаза кінець цвітіння), мг, за 2013-2015 рр.

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	731,3	601,2	563,8	632,1
	Фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	728,1	598,6	556,0	627,6
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	601,7	547,5	549,6	566,3
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	645,6	563,9	552,0	587,2
КиВін	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	654,2	567,9	530,8	584,3
	Фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	641,3	558,9	526,9	575,9
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	531,2	513,4	468,9	504,8
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	586,7	543,9	501,0	543,8

В умовах 2014 року спостерігалось зменшення маси бульбочок на рослині порівняно з умовами 2013 року. Однак, це зниження не було настільки суттєвим, так як умови 2014 року, як за рівнем волого забезпечення, так і за температурним режимом були сприятливими для процесів росту і розвитку рослин сої (див. табл. 4.2, рис. 4.5).



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.5. Маса бульбочок на рослині сої в умовах 2014 року, мг

Так, в умовах 2014 року у сорту Горлиця у варіанті дослідження, де було застосовано *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) було одержано найвищу масу бульбочок на рослині – 601,2 мг.

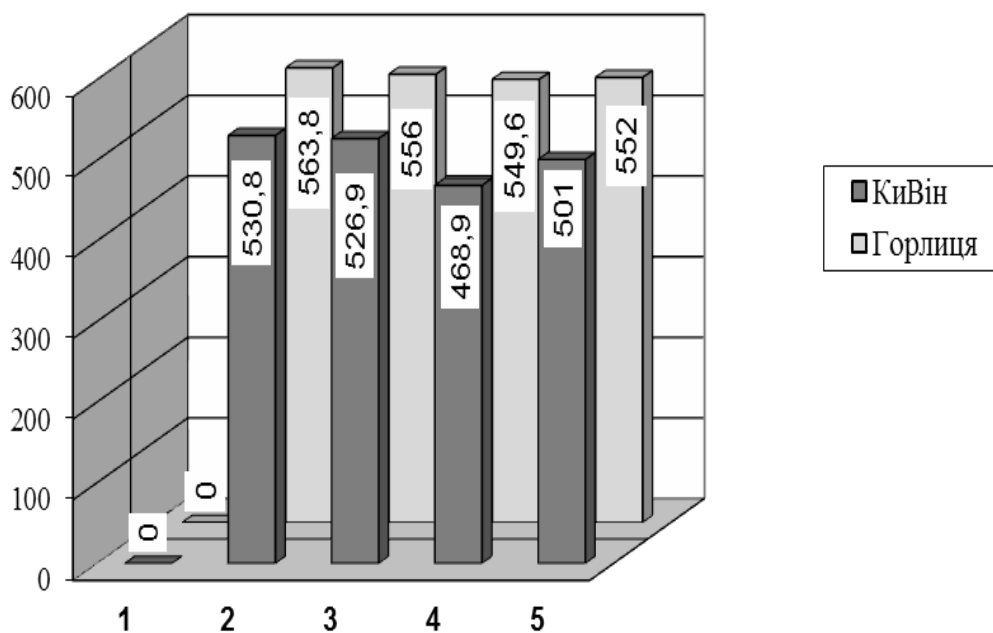
У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL у поєднанні з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок – 598,6 мг. У варіанті дослідження, де було використано Ризобофіт сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес, отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 547,5 мг.

Застосування у варіанті дослідження страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяла збільшенню маси бульбочок до 563,9мг.

Подібна тенденція спостерігалась і у сорту КиВін де було застосовано інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв формуванню значній масі бульбочок на рослині – 567,9 мг. У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок на рівні – 558,9 мг.

У варіанті дослідження, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 513,4 мг. Застосування у варіанті дослідження страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяла збільшенню маси бульбочок до 543,9 мг.

Кліматичні умови 2015 року сприяли зниженню формуванню показників маси бульбочок на рослині залежно від варіанта досліду, так і в цілому по всіх варіантах, зокрема (див. табл. 4.2, рис. 4.6).



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL + Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.6. Маса бульбочок на рослині сої в умовах 2015 року, мг.

Застосування інокулянту *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло одержанню найвищої маси бульбочок на рослині – 563,8 мг у сорту Горлиця. У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з інокулянтом Ризобофіт, отримано масу бульбочок – 556 мг.

У варіанті досліду, де було застосовано Ризобофіт та ґрунтовий гербіцид Харнес отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 549,6 мг.

Застосування ж Ризобофіту у досліді разом із страховим гербіцидом Базагран підвищило масу бульбочкових до 552,0 мг.

Подібна тенденція спостерігалась і у сорту КиВін де було застосовано інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв формуванню значній масі бульбочок на рослині – 530,8 мг.

У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок на рівні – 526,9 мг.

У варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на

фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 468,9 мг.

Застосування у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяла збільшенню маси бульбочок до 501,0 мг.

Найважливішим критерієм оцінки бобово-ризобіального симбіозу є азотфіксувальна активність корневих бульбочок бобової рослини.

У фазі кінець цвітіння сорти сої Горлиця та КиВін, насіння яких оброблялось високоактивним штамом бактерій *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) характеризувалися найвищою нітрогеназною активністю – показником, який відображає функціонування симбіотичної системи. Висока нітрогеназна активність спостерігається за наявності специфічного штаму ризобій, збалансованості С- і N-метаболізму в бульбочках і потреби рослини в азоті [396]

Так, найвища нітрогеназна активність спостерігалася в умовах 2013 року, що пов'язано із найбільш сприятливими гідротермічними умовами, які склалися в цих умовах. У варіанті досліду, де було застосовано інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) одержано найвищу нітрогеназну активність – 6,5 нмоль C_2H_4 /рослину•год (табл. 4.3, рис. 4.7).

У варіанті досліду, де застосовували Ризобофіт сумісно з фунгіцидом Максим XL, було одержано нітрогеназну активність на рівні – 6,3 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

У варіанті досліду, де було застосовано Ризобофіт та ґрунтовий гербіцид Харнес отримано низьку нітрогеназну активність – 4,9 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

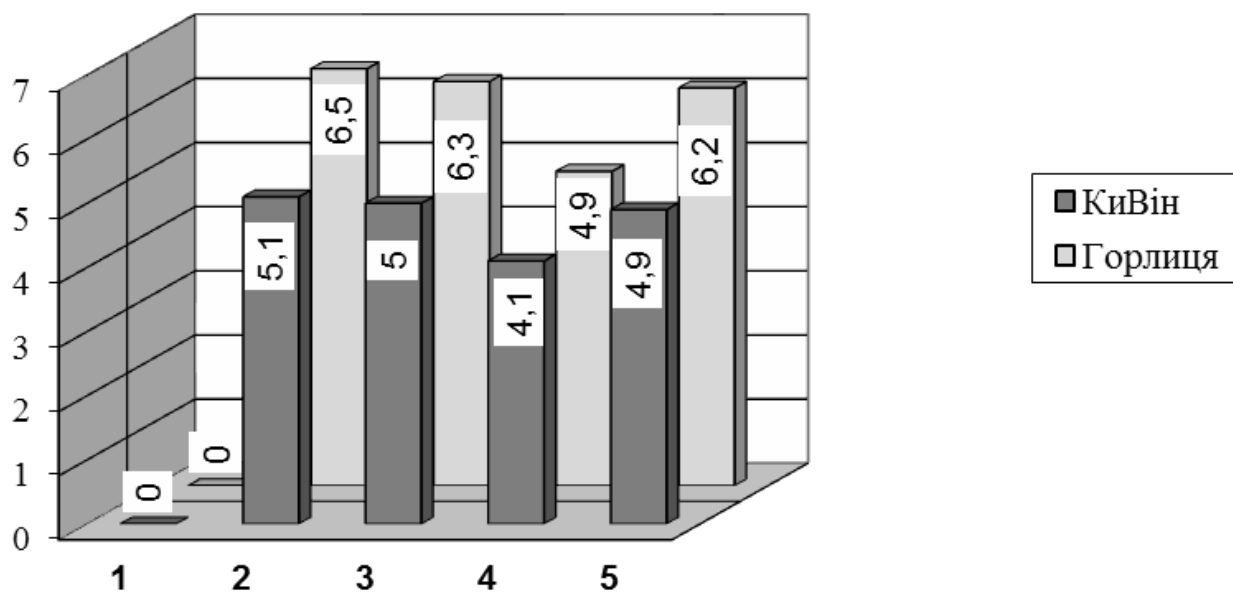
У варіанті досліду взаємодії Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран відмічалось підвищення нітрогеназної активності на рівні – 6,2 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

Таблиця 4.3

**Нітрогеназна активність сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду,
нмоль С₂Н₄ /рослину•год**

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	середнє
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	6,5	5,2	3,9	5,2
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	6,3	5,1	3,8	5,1
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	4,9	4,7	3,3	4,3
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	6,2	5,1	3,8	5,0
КиВін	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0
	Ризобофіт	5,1	4,2	3,0	4,1
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	5,0	4,1	2,9	4,0
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	4,1	3,6	3,0	3,6
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	4,9	4,0	2,8	3,9

Подібна тенденція спостерігалась і у сорту КиВін де було застосовано інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв одержанню нітрогеназної активності на рівні – 5,1 нмоль С₂Н₄ /рослину•год. У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 5,0 нмоль С₂Н₄ /рослину•год.



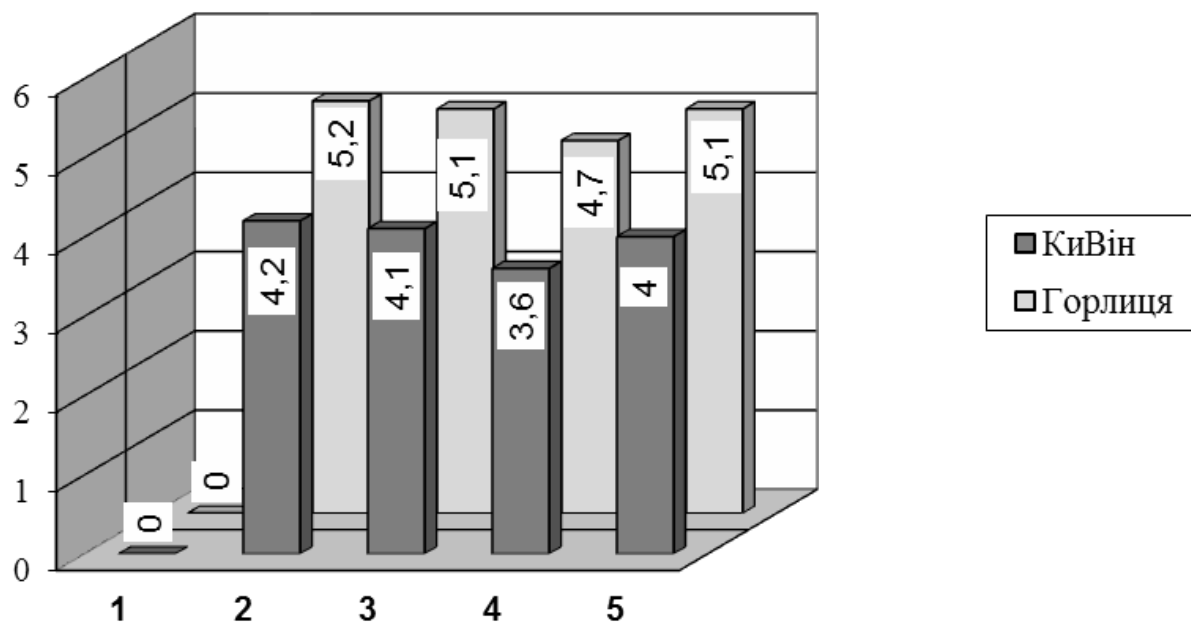
*Примітка: 1–Контроль (обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.7. Нітрогеназна активність в умовах 2013 року, нмоль С₂Н₄/рослину•год

У варіанті досліді, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу нітрогеназну активність – 4,1 нмоль С₂Н₄ /рослину•год. Застосування у варіанті досліді страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяло збільшенню нітрогеназної активності до 4,9 нмоль С₂Н₄ /рослину•год.

Гідротермічні умови 2014 року незначною мірою поступалися умовам 2013 року, таким чином, нітрогеназна активність рослин сої у всіх варіантах досліді була доволі високою. У варіанті досліді на рослинах сорту Горлиця, де було застосовано Ризобофіт одержано найвищу нітрогеназну активність – 5,2 нмоль С₂Н₄ /рослину•год (див. табл. 4.3, рис. 4.8). У варіанті досліді, де використовували фунгіцид Максим XL сумісно з інокулянтом Ризобофіт, нітрогеназну активність одержано на рівні – 5,1 нмоль С₂Н₄ /рослину•год. У варіанті досліді з бактеризацією насіння інокулянтом Ризобофіт та внесенням ґрунтового гербіциду Харнес отримано нітрогеназну активність на рівні – 4,7 нмоль С₂Н₄ /рослину•год. Бактеризація Ризобофітом та внесення страхового гербіциду Базагран сприяло підвищенню нітрогеназної активності до рівня – 5,1 нмоль С₂Н₄ /рослину•год.

Подібна тенденція спостерігалась і у сорту КиВін де було застосовано інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв одержанню нітрогеназної активності на рівні – 4,2 нмоль C_2H_4 /рослину•год. У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 4,1 нмоль C_2H_4 /рослину•год.



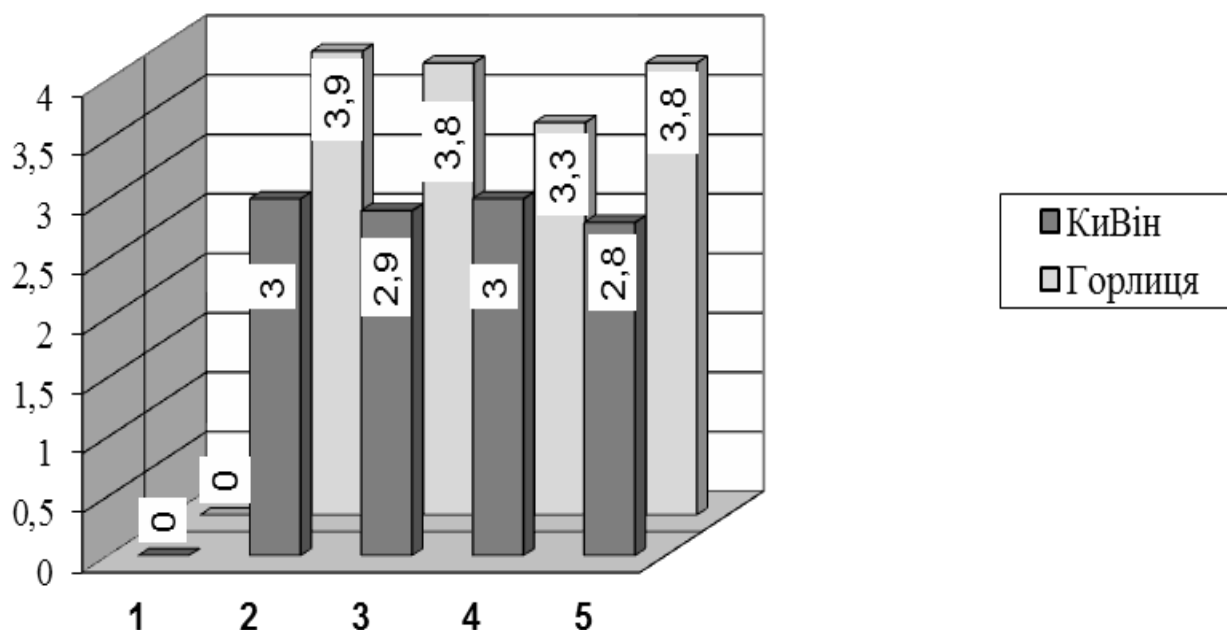
*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.8. Нітрогеназна активність в умовах 2014 року, нмоль C_2H_4 /рослину•год

У варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу нітрогеназну активність – 3,6 нмоль C_2H_4 /рослину•год. Застосування у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяла збільшенню нітрогеназної активності до 4,0 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

Умови 2015 року значно відрізнялися за кількістю опадів та температурним режимом від умов 2014 року і тим більше від умов 2013 року. Це в свою чергу кардинально відобразилося на погіршенні нітрогеназної активності сортів сої Горлиця та КиВін в цілому.

Таким чином, на варіанті досліду, де на рослинах сорту Горлиця було застосовано інокулянт Ризобофіт одержано найвищу нітрогеназну активність – 3,9 нмоль C_2H_4 /рослину•год (див. табл. 4.3, рис. 4.9).



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.9. Нітрогеназна активність в умовах 2015 року, нмоль С₂Н₄/рослину•год

У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 3,8 нмоль С₂Н₄/рослину•год.

У варіанті дослідження, де було застосовано Ризобофіт та ґрунтовий гербіцид Харнес отримано низьку нітрогеназну активність – 3,3 нмоль С₂Н₄/рослину•год. Бактеризація Ризобофітом та внесення страхового гербіциду Базагран сприяла підвищенню нітрогеназної активності до рівня – 3,8 нмоль С₂Н₄ /рослину•год.

Подібна закономірність нітрогеназної активності була відмічена на показниках сорту КиВін, де застосування інокулянту Ризобофіт сприяло формуванню нітрогеназної активності на рівні – 3,0 нмоль С₂Н₄/рослину•год. У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було одержано дещо нижчу нітрогеназну активність відносно варіанту де застосовували Ризобофіт, що становило – 2,9 нмоль С₂Н₄ /рослину•год. У варіанті дослідження, взаємодії Ризобофіту та ґрунтового гербіциду Харнес, отримано нітрогеназну активність на рівні – 3,0 нмоль

C_2H_4 /рослину•год. Застосування у варіанті досліджуваного страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофит отримано низькі показники нітрогеназної активності до 2,8 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

Окрім показників симбіотичної активності з такою ж закономірністю змінювалися і маса коренів у досліджуваних сортів сої. Встановлено, що цей показник залежав, від біологічних особливостей сорту, кліматичних умов та від бактеризації насіння. Значний вплив на кореневу систему рослини мала дія пестицидів, зокрема таких як: фунгіцид Максим XL, ґрунтовий досходовий гербіцид Харнес та гербіцид контактної дії Базагран. Найбільш розвинута коренева система сої формувалася у сприятливому за зволоженням 2013 та 2014 роках, чого не можна відмітити за 2015 рік, який вирізнявся посухою.

З огляду на багаторічні дослідження, соя формувала добре розвинену кореневу систему з боковими галуженнями додаткових корінців, основна маса яких розміщувалася у верхньому (0–30 см) шарі ґрунту.

Проте, вона проникала значно глибше і її заглиблення в ґрунт визначали в шарі 0–100 см. Спостереження показали, що бокові корінці рослин сої із значними галуженнями становили основну її масу (до 65–75 %), при цьому коренева система була добре розвинена і залежно від сорту, формувалася переважно у верхньому (0–30 см) шарі ґрунту.

Найкращий результат щодо накопичення сухої маси кореневої системи за широкорядного способу сівби, був отриманий: у шарі ґрунту 0–30 см у сорту Горлиця у варіанті контроль (обробка водою) – 1,77 т/га, з послідовним його збільшенням у варіант з Ризобофітом, що забезпечило масу кореневої системи – 1,89 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту забезпечила – 1,9 т/га. Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 2,0 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,95 т/га (табл. 4.4).

Маса коренів сої у шарі ґрунту 0–30 см (фаза бутонізації), залежно від сорту, інокуляції, пестициду, т/га

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, т/га
Горлиця	Контроль (обробка водою)	1,77	1,18	0,74	1,23	-
	Ризобофіт	1,89	1,27	0,89	1,35	0,12
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	1,9	1,28	0,85	1,34	0,11
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	2,0	1,3	0,9	1,4	0,17
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	1,95	1,3	0,87	1,37	0,14
КиВін	Контроль (обробка водою)	1,57	1,08	0,65	1,1	-
	Ризобофіт	1,68	1,18	0,75	1,2	0,1
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	1,7	1,2	0,8	1,23	0,13
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	1,8	1,27	0,85	1,3	0,2
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	1,75	1,24	0,82	1,29	0,19

Тобто згідно результатів досліджень збільшення маси кореневої системи у 30 см шарі ґрунту спостерігалось у варіанті досліду, де насамперед було застосовано сумісно Ризобофіт та ґрунтовий гербіцид Харнес, а також меншою мірою варіант дослідження де застосовували Ризобофіт та страховий гербіцид Базагран. Дані варіанти забезпечили суттєве зменшення бур'янів на цих посівах і як наслідок сприяли кращому розвитку вегетативної

маси рослин сортів сої Горлиця та КиВін, а це безпосередньо підвищувало розвиток та масу коренів у шарі ґрунту 0–30 см.

Аналогічна закономірність спостерігалася і у ранньостиглого сорту КиВін. Так найкращий результат щодо накопичення сухої маси кореневої системи: у шарі ґрунту 0–30 см спостерігався у варіанті контроль (обробка водою) – 1,57 т/га, з послідуєчим його збільшенням у варіанті із застосуванням інокулянта Ризобофіт – 1,68 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту сприяла формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,7 т/га. Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 1,8 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,75 т/га.

Умови 2014 року забезпечили доволі високі показники щодо накопичення сухої маси кореневої системи: у шарі ґрунту 0–30 см у сорту Горлиця на контролі (обробка водою) – 1,18 т/га, з послідуєчим його збільшенням у варіанті із застосуванням інокулянта Ризобофіт – 1,27 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту сприяла формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,28 т/га.

Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 1,3 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,3 т/га. Така ж сама залежність спостерігалася і у ранньостиглого сорту КиВін. Так накопичення сухої маси кореневої системи: у шарі ґрунту 0–30 см становило у сорту КиВін на контролі (обробка водою) – 1,08 т/га, з послідуєчим його збільшенням у варіанті із застосуванням інокулянта Ризобофіт – 1,18 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту сприяла формуванню маси кореневої системи на рівні – 1,2 т/га. Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 1,27 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси

кореневої системи на рівні – 1,24 т/га. Найнижчі показники, щодо накопичення сухої маси кореневої системи у шарі ґрунту 0–30 см спостерігалися у 2015 році, що пов'язано із несприятливими гідротермічними умовами, які склалися в цей період. Тобто, за вологозабезпеченням і температурним режимом, гідротермічні умови були незадовільними, а саме низька кількість опадів та високі середньодобові температури. Тому накопичення сухої маси кореневої системи: у шарі ґрунту 0–30 см у сорту Горлиця на контролі (обробка водою) становила – 0,74 т/га, з послідуєчим його збільшенням у варіанті із застосуванням інокулянта Ризобофіт – 0,89 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту сприяла формуванню маси кореневої системи на рівні – 0,85 т/га. Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 0,9 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси кореневої системи на рівні – 0,87 т/га.

Подібна тенденція була притаманна ранньостиглому сорту КиВін. Накопичення сухої маси кореневої системи: у шарі ґрунту 0–30 см складало у цього сорту на контролі (обробка водою) – 0,65 т/га, з послідуєчим його збільшенням у варіанті із застосуванням інокулянта Ризобофіт – 0,75 т/га, а взаємодія фунгіциду Максим XL та Ризобофіту сприяла формуванню маси кореневої системи на рівні – 0,8 т/га. Використання Ризобофіту із сумісним внесенням ґрунтового гербіциду Харнес сприяло утворенню – 0,85 т/га. Застосування Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню маси кореневої системи на рівні – 0,82 т/га.

4.2. Фотосинтетична діяльність сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду

Відомо, що формування врожаю значно залежить від розмірів та фотосинтетичної діяльності листкового апарату рослин. Основними

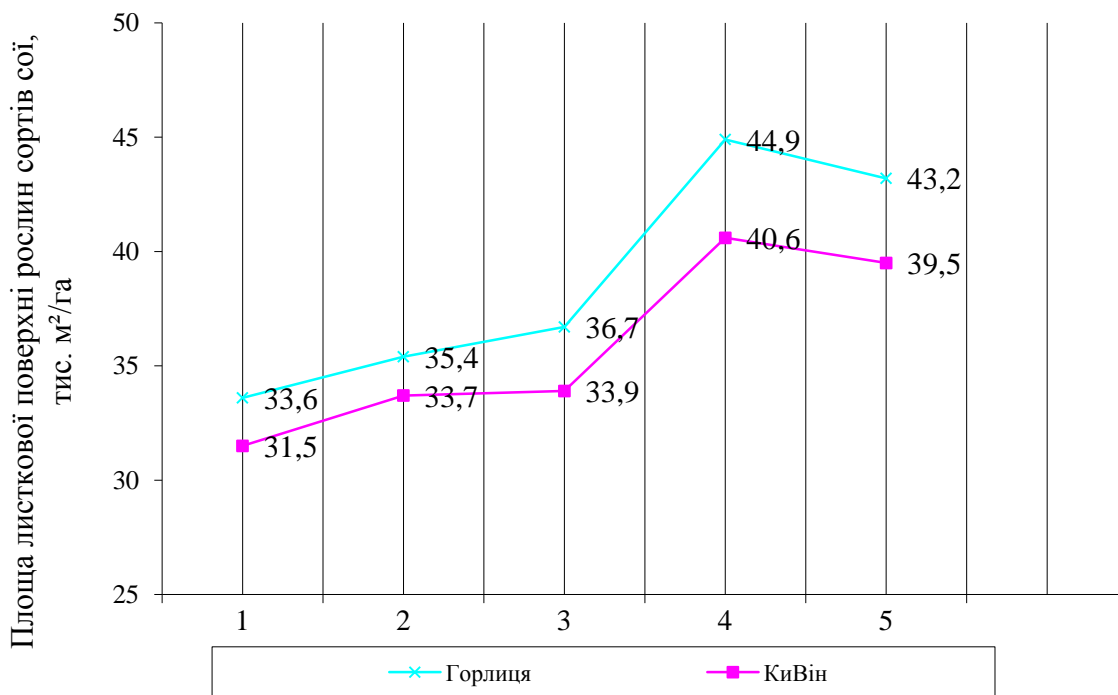
факторами, що визначають можливість нормального проходження процесу фотосинтезу, є світлова сонячна енергія, температура середовища, забезпеченість рослин водою й елементами живлення. Величина врожаю будь-якої сільськогосподарської культури значною мірою визначається розміром листкового апарату рослини, який акумулює сонячну енергію в процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини.

Важливим показником фотосинтетичної діяльності посіву є площа асиміляційної листової поверхні. Продуктивність фотосинтезу сої також залежить від освітлення листків і розташування рослин в посіві. Підвищувати реалізацію фотосинтетичного потенціалу сої в умовах регіону можна за рахунок активізації цих процесів, особливо процесу фотосинтезу.

Проведені дослідження стосовно визначення площі листкової поверхні показали, що найвищі показники посіви сої формували у фазу «цвітіння – налив бобів». Максимальну площу листків спостерігали у 2013 році на всіх варіантах дослідження порівняно із іншими роками досліджень, що вказує на сприятливі гідротермічні умови, які склалися.

Враховуючи високу чутливість сої до забур'янення, особливо на початку вегетації, та неможливість надійного захисту її посівів лише механічними заходами, хімічний метод залишається невід'ємним елементом сучасних технологій її вирощування, у результаті чого створюються умови для росту і розвитку рослин. Проведені дослідження показують, що в контрольному варіанті (обробка водою) за великої кількості бур'янів, а звідси і значного затінення культури, наростання листкової поверхні сої було пригніченим, тому у фазу (цвітіння–налив бобів) площа листкової поверхні склала – 33,6 тис.м²/га (табл. 4.5, рис. 4.10).

У варіанті дослідження, де використовували інокулянт Ризобофіт площа листкової поверхні збільшилася і становила – 35,4 тис. м²/га. Краще проявив себе варіант з фунгіцидом Максим XL сумісно з Ризобофітом і становив – 36,7 тис м²/га.



*Примітка: 1–Контроль (обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.10. Площа листкової поверхні рослин сої у 2013 році ,тис. м²/га.

Однак найвищою площею листкової поверхні була, при застосуванні ґрунтового гербіцида Харнес – 44,9 тис. м²/га сумісно з інокулянтом Ризобофіт. Причиною збільшення площі листкової поверхні є контроль бур'янів протягом вегетації, тобто посіви сої не були забур'янені.

У варіанті, де застосовували страховий гербіцид Базагран сумісно з Ризобофітом, площа листкової поверхні становила – 43,2 тис. м²/га, тобто нижча порівняно із попереднім варіантом досліджу. Це пояснюється вузькою дією даного гербіциду стосовно контролю бур'янів на даному варіанті.

Подібна закономірність формування площі листкової поверхні рослин сортів сої залежно від варіанту досліджу в умовах 2013 року була притаманна і ранньостиглому сорту КиВін, однак абсолютні значення площі листкової поверхні були нижчими, що пов'язано із сортовими особливостями даного сорту. Так, на контрольному варіанті за великої кількості бур'янів, тобто значного затінення культури, ріст листкової поверхні сорту сої КиВін був пригніченим, а площа листкової поверхні становила – 31,5 тис. м²/га.

Таблиця 4.5

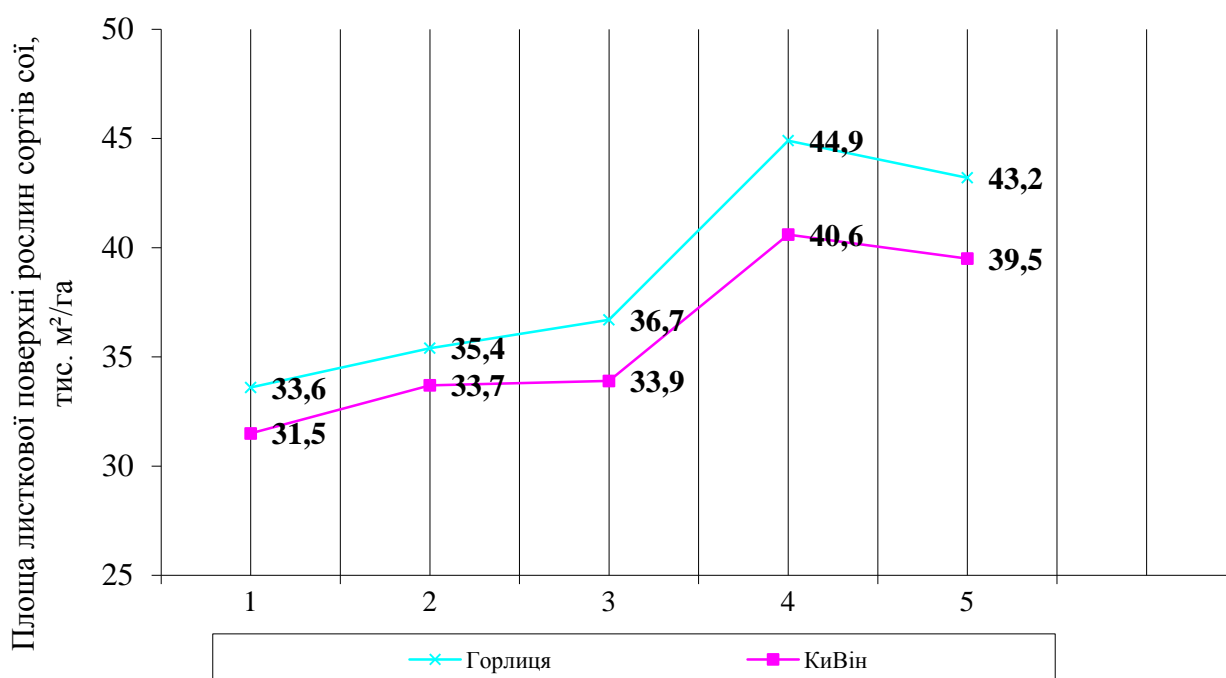
Площа листкової поверхні рослин сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, тис. м²/га у фазу (цвітіння-налив бобів), 2013 – 2015 рр.

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, тис. м ² /га
Горлиця	Контроль (обробка водою)	33,6	31,3	27,4	30,8	-
	Ризобофіт	35,4	32,1	29,8	32,4	1,6
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	36,7	32,3	30,6	33,2	2,4
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	44,9	41,8	39,6	42,1	11,3
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	43,2	40,7	39,5	41,1	10,3
КиВін	Контроль (обробка водою)	31,5	30,2	26,4	29,4	-
	Ризобофіт	33,7	32,0	28,6	31,4	2,0
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	33,9	32,1	29,5	31,8	2,4
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	40,6	39,1	37,3	39,0	9,6
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	39,5	38,4	36,2	38,0	8,6

За використання у варіанті досліду інокулянта *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) площа листкової поверхні підвищилася до – 33,7 тис. м²/га. Краще порівняно із попереднім варіантом проявив себе варіант з фунгіцидом Максим XL сумісно з інокулянту *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) і становив – 33,9 тис м²/га. Проте, найвищою площа листкової поверхні була, при взаємодії ґрунтового гербіциду Харнес – 40,6 тис. м²/га сумісно з

інокулянтом Ризобофіт. Це є наслідком кращого контролю бур'янів протягом періоду вегетації, тобто посіви сої були порівняно чистими від бур'янів. Застосування ж у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран сумісно з інокулянтном *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні – 39,5 тис. м²/га, відповідний результат був нижчим порівняно із попереднім варіантом досліду. Це пояснюється вузьким рівнем контролю бур'янів на даному варіанті.

Проводячи аналіз формування площі листової поверхні в умовах 2014 року (див. табл. 4.5, рис. 4.11) необхідно відмітити, що гідротермічні умови цього року були також сприятливими для процесів росту й розвитку сортів сої. За великої кількості бур'янів та значного затінення культури, ріст листової поверхні сої був пригніченим, а площа листової поверхні склала – 31,3 тис. м²/га.



*Примітка: 1– Контроль (обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 4.11. Площа листової поверхні рослин сої у 2014 році, тис. м²/га

У варіанті досліду з використанням інокулянту *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової поверхні збільшилася до – 32,1 тис. м²/га. Однак, найвищою площа листової поверхні була, при застосуванні

грунтового гербіциду Харнес – 41,8 тис. м²/га сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Що є наслідком кращого контролю бур'янів протягом вегетації, тобто посіви сої були менш забур'янені. Застосування ж у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні – 40,7 тис. м²/га, тобто нижче порівняно із попереднім варіантом досліду. Це пояснюється більшою забур'яненістю на даному варіанті.

Аналогічна ситуація спостерігалась із сортом КиВін. Суттєве забур'янення, а як наслідок і затінення рослин сприяло утворенню площі листової поверхні у варіанті контроль (обробка водою) – 30,2 тис. м²/га. Тоді, як у варіанті досліду з використанням інокулянту *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової поверхні збільшилася до 32 тис. м²/га. Варіант застосування ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) знову проявив себе найкраще і становив – 39,1 тис. м²/га. Застосування ж у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні – 38,4 тис. м²/га,

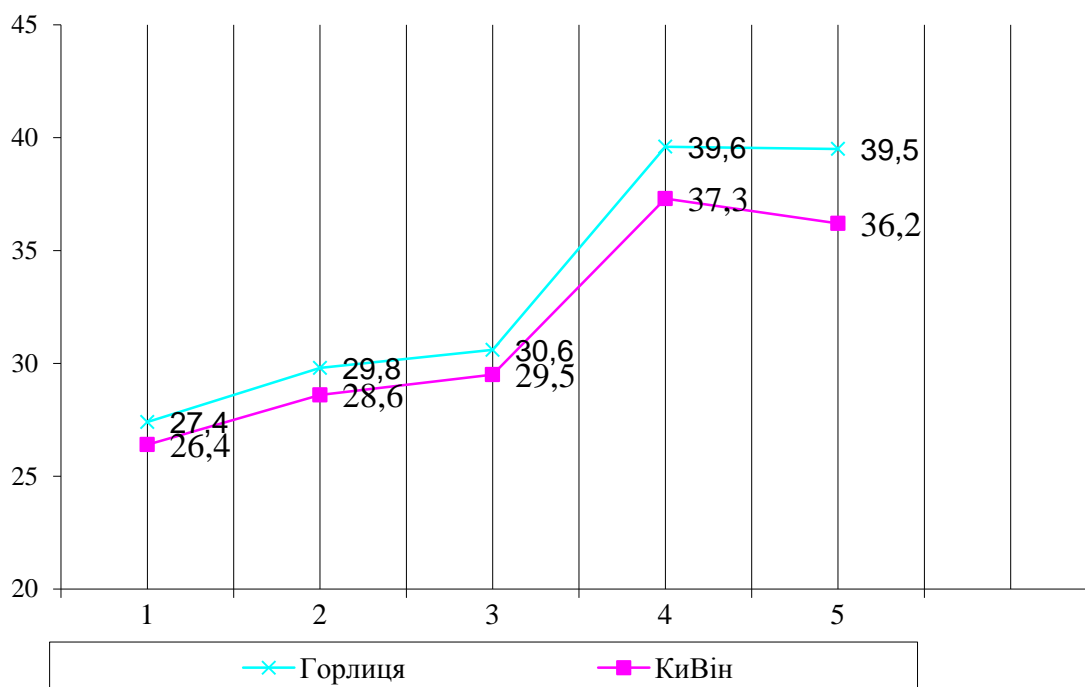
Площа листової поверхні, яка формувалася в умовах 2015 року (див. табл. 4.5, рис. 4.12) була набагато нижчою порівняно з показниками площі листової поверхні в умовах 2013 та 2014 років досліджень.

Це пов'язано незадовільними гідротермічними умовами, які склалися протягом цього періоду року. Незважаючи на порівняно нижчу забур'яненість, що пов'язано із значною посухою протягом вегетаційного періоду, площа листової поверхні сортів сої також значно поступалася за розмірами порівняно з аналогічними варіантами дослідів 2013 та 2014 років. За значної кількості бур'янів та затінення культури, ріст листової поверхні сої був занадто пригніченим, а площа листової поверхні становила – 27,4 тис. м²/га.

За використання інокулянта *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової поверхні підвищилася – 29,8 тис. м²/га. Проте, найвищою площа

листяної поверхні була, при застосуванні ґрунтового гербициду Харнес 39,6 тис. м²/га сумісно з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Що є наслідком кращого контролю бур'янів, таким чином посіви сої були менш забур'янені.

Застосовування ж у варіанті дослідів інокулянту Ризобофіт та страхового гербициду Базагран сприяло формуванню площі листяної поверхні на рівні – 39,5 тис. м²/га.



*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+ Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербицид Харнес; 5–Ризобофіт+гербицид Базагран.

Рис. 4.12 Площа листяної поверхні рослин сої у 2015 році, тис. м²/га.

Подібна залежність формування площі листяної поверхні сої формувалася у сорту КиВін у варіантах дослідних посівів.

Різниця на цих варіантах дослідів з попередніми даними лише полягала у нижчих абсолютних значеннях площі листяної поверхні, яка формувалася у ранньостиглого сорту КиВін, як менш урожайного, що характеризується нижчою фотосинтетичною діяльністю листяного апарату.

Застосування гербициду має велике значення і в тому, що знищуючи бур'яни, він підвищує конкурентоспроможність по відношенню до

сегетальної рослинності, сприяє збільшенню фотосинтетичної продуктивності рослин, а звідси підвищує масу органічних речовин у процесі фотосинтезу, що в цілому призводять до зростання урожайності.

Висока продуктивність сої значною мірою залежить не тільки від інтенсивності процесів фотосинтезу, але й синтезу й транспорту метаболітів.

Тому підвищувати реалізацію фотосинтетичного потенціалу сої в умовах регіону можна за рахунок активізації цих процесів, зокрема процесу фотосинтезу.

Важливий показник, який характеризує потенційні можливості рослин, щодо формування врожаю, є чиста продуктивність фотосинтезу [419].

Фотосинтетичний потенціал залежить, як від біологічних особливостей рослин, так і від комплексу зовнішніх факторів: сонячної радіації, температури повітря, вологості ґрунту, рівня мінерального живлення, а також від кількості бур'янів, які ростуть в агрофітоценозі і ведуть безперервну боротьбу за фактори життя [424].

Для оцінки фотосинтетичної продуктивності досліджуваних посівів сої використано такі показники: фотосинтетичний потенціал (ФП) за вегетаційний період кожного із варіантів дослідження та чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), яка свідчила про середнє нагромадження сухої речовини упродовж вегетаційного періоду.

Встановлено, що в посівах у варіантах дослідження, де застосовували інокулянт *V. jarrowii* М-8 (Ризобіофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес отримано найвищі показники ФП – на ділянках сорту Горлиця.

Максимальний фотосинтетичний потенціал на посівах відповідно до варіантів дослідження коливалася в межах 2,85 млн. м² діб/га у сорту КиВін та 3,0 млн. м² діб/га у сорту Горлиця або на 0,6–0,65 млн. м² діб/га більше порівняно з контролем в найбільш сприятливих умовах 2013 року (табл. 4.6).

Порівняно подібна закономірність встановлена в умовах 2014 року, що за гідротермічними умовами наближався до сприятливих умов 2013 року.

Таблиця 4.6

Фотосинтетичний потенціал за період (повні сходи – фізіологічна стиглість) рослин сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, млн. м² діб/га

Сорт	Варіант дослідю	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю млн.м ² діб/га
Горлиця	Контроль (обробка водою)	2,4	2,1	1,9	2,13	-
	Ризобофіт	2,6	2,3	2,1	2,33	0,2
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,65	2,3	2,2	2,38	0,25
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	3,0	2,8	2,6	2,8	0,67
	Ризобофіт + гербіцин Базагран	2,85	2,66	2,47	2,66	0,53
КиВін	Контроль (обробка водою)	2,2	2,0	1,8	2,0	-
	Ризобофіт	2,35	2,16	1,94	2,15	0,15
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,4	2,25	2,0	2,21	0,21
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	2,85	2,49	2,37	2,57	0,57
	Ризобофіт + гербіцин Базагран	2,76	2,38	2,29	2,47	0,47

Так у варіантах дослідю, де застосовували інокулянт *V. jarrowii* М-8 (Ризобофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес одержано найвищі показники ФП – на ділянках сорту Горлиця. Максимальний фотосинтетичний потенціал на посівах відповідно до варіантів дослідю, що

вивчалися змінювався у межах – 2,49 млн. м² діб/га у сорту КиВін та 2,8 млн. м² діб/га у сорту Горлиця, або на 0,49–0,7 млн. м² діб/га більше порівняно з контролем.

Найнижчий фотосинтетичний потенціал сортів сої встановлений в умовах 2015 року, що пов'язано з несприятливими гідротермічними умовами, які склалися протягом вегетаційного періоду даного року.

У варіантах досліду, де застосовували інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес одержано вищі показники ФП – на ділянках сорту Горлиця. Максимальний фотосинтетичний потенціал на посівах цього сорту відповідно до даного варіанту досліду, змінювався у межах – 2,37 млн. м² діб/га у сорту КиВін та 2,6 млн. м² діб/га у сорту Горлиця, або на 0,57–0,7 млн. м² діб/га більше порівняно з контролем. Важливим показником, який характеризує потенційні можливості рослин, щодо формування врожаю, є чиста продуктивність фотосинтезу, що залежить, як від біологічних особливостей самих рослин, так і від комплексу зовнішніх факторів, в тому числі і бур'янів, при зменшенні яких підвищується фотосинтетична продуктивність культурних рослин, а звідси підвищується рівень урожайності.

Встановлено, що ґрунтовий гербіцид Харнес у поєднанні з інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяє посиленню накопичення сухих речовин одиницею листкової поверхні сої, що проявилось в рості чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). При цьому цей показник змінювався протягом вегетації і відрізнявся по роках залежно від нарощеної біомаси рослин сої та вмісту сухих речовин.

ЧПФ знаходилась в прямій залежності від рівня забур'яненості та впливу гербіциду Харнес. Сумісне використання даного гербіциду з інокулянтом *B. japonicum* М-8, забезпечило отримання найвищого показнику чистої продуктивності фотосинтезу на рівні – 2,75 г/м² добу – 2,83 г/м² добу, в умовах 2013 року, відповідно у ранньостиглого сорту КиВін та середньораннього сорту Горлиця, що забезпечило приріст ЧПФ

на рівні – 0,51–0,54 г/м² добу та порівняно із контрольним варіантом досліду – 2,21 – 2,32 г/ м² добу (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) у листках сої, залежно від сорту, інокуляції, пестициду, г/ м² добу

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю г/м ² добу
Горлиця	Контроль (обробка водою)	2,32	2,23	2,12	2,22	-
	Ризобофіт	2,43	2,3	2,15	2,29	0,07
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,56	2,4	2,1	2,35	0,13
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	2,83	2,69	2,58	2,7	0,48
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	2,67	2,56	2,41	2,54	0,32
КиВін	Контроль (обробка водою)	2,21	2,12	2,05	2,12	-
	Ризобофіт	2,32	2,2	2,1	2,2	0,08
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,45	2,3	2,0	2,25	0,13
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	2,75	2,64	2,45	2,61	0,49
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	2,63	2,52	2,36	2,5	0,38

Нижчі показники порівняно із попереднім варіантом досліду були отримані у варіанті застосування страхового гербіциду Базагран сумісно із інокулянтом *V. jarrowii* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило приріст ЧПФ порівняно із контрольним варіантом досліду – 0,46–0,52 г/ м² добу.

Умови 2014 року за режимом зволоження та температурними умовами практично не відрізнялися від гідротермічних умов 2013 року, це в цілому забезпечило формування високих показників ЧПФ. ЧПФ

знаходилась в прямолінійній залежності від впливу гербіциду Харнес, який застосовували сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило отримання найвищого показнику чистої продуктивності фотосинтезу на рівні – 2,64–2,69 г/ м² добу, в умовах 2014 року, відповідно у ранньостиглого сорту КиВін та середньораннього сорту Горлиця і забезпечило приріст ЧПФ – 0,46–0,52 г/ м² добу та порівняно із контрольним варіантом дослідів – 2,12 – 2,23 г/ м² добу.

Нижчі показники порівняно із попереднім варіантом дослідів були отримані у варіанті застосування страхового гербіциду Базагран сумісно із інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило приріст ЧПФ порівняно із контрольним варіантом дослідів – 0,33–0,40 г/ м² добу.

Умови 2015 року сприяли формуванню значно нижчих показників ЧПФ у всіх варіантах дослідів, що зв'язано із незадовільними гідротермічними умовами цього року. ЧПФ знаходилась в прямій залежності від впливу гербіциду Харнес, застосованого сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило отримання найвищих показників чистої продуктивності фотосинтезу на рівні – 2,58–2,45 г/ м² добу в умовах 2015 року, відповідно у ранньостиглого сорту КиВін та середньораннього сорту Горлиця і забезпечило приріст ЧПФ – 0,44–0,46 г/ м² добу та порівняно із контрольним варіантом дослідів – 2,12–2,05 г/ м² добу.

Висота рослин сої і швидкість її росту за фазами розвитку має важливе значення в конкуренції з бур'янами, що проявляє суттєвий вплив на формування фотосинтетичного апарату, синтез хлорофілу, площу листової поверхні, врожайність та якість вирощуваної культури.

За лінійними промірами висоти рослин, ідентично, як і за площею листової поверхні, найкращим варіантом дослідів був варіант де застосовано *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно з гербіцидом ґрунтової дії Харнес. Це в свою чергу обумовило підвищення висоти рослин до рівня – 102,5 см та 103,4 см, що відповідно більше порівно із контролем на – 13,7 см та 10,6 см у сортів Горлиця та КиВін (табл. 4.8, додаток А.1-Б.1).

Висота рослин сої залежно від сорту, інокуляції та пестициду, см

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, см
Горлиця	Контроль (обробка водою)	88,8	85,1	71,8	81,9	-
	Ризобофіт	92,4	87,0	73,9	84,4	2,5
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	93,9	87,5	75,5	85,6	3,7
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	102,5	91,6	84,5	92,7	10,8
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	97,4	89,1	79,8	88,8	6,9
КиВін	Контроль (обробка водою)	92,8	89,1	75,8	85,9	-
	Ризобофіт	97,4	92,0	78,9	89,4	3,5
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	98,9	92,5	80,5	90,6	4,7
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	103,4	92,6	85,5	93,9	8,0
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	101,1	90,3	83,1	91,3	5,4
<i>НІР₀₅ А</i>		1,74	1,67	1,90		
<i>НІР₀₅ В</i>		2,76	2,59	3,01		
<i>НІР₀₅ АВ</i>		2,47	2,32	2,69		

Таким чином, висота рослин знаходилась в прямій залежності від рівня забур'яненості та впливу гербіциду Харнес. Тобто, за застосування ґрунтового гербіциду в даному варіанті дослідження спостерігалися високі показники за лінійними промірами висоти рослин.

Аналогічна залежність спостерігалася у варіанті дослідження де

застосовували Ризобофіт та ґрунтового гербіциду Харнес в умовах 2014 року, однак абсолютні значення цього показника були дещо нижчими, що пов'язано модифікаційною мінливістю висоти рослин у даних ґрунтово-кліматичних умовах.

Відповідно результати даного варіанту становили – 91,6 см та 92,6 см на сортах сої Горлиця та КиВін, порівняно із контролем, де висота рослин середньораннього сорту Горлиця становила 85,1 см та ранньостиглого сорту КиВін – 89,1 см. Тобто приріст висоти рослин по цьому варіанті дослідів становив – 6,5 см і 3,5 см.

Висота прикріплення нижніх бобів є важливою ознакою, яка визначає придатність сорту до механізованого збирання. Втрати врожаю у сортів з низьким прикріпленням нижніх бобів під час збирання можуть становити від 3–20 %. Варіювання фенотипового вираження цієї ознаки досягає 22,3 %, причому 28 % мінливості визначається спадковими факторами, а решта залежить від умов вирощування рослин [426-428].

Висота прикріплення нижніх бобів є похідною ознакою від висоти рослин, тобто у варіантах дослідів, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) отримано найвищі показники за висотою прикріплення нижніх бобів до рослини, що становило – 22,3 см та 13,8 см відповідно у сортів Горлиця та КиВін (табл. 4.9).

Приріст відносно контрольного варіанта склав 3,4 см та 1,6 см в умовах 2013 року. Аналогічна залежність прослідковувалася у даному варіанті дослідів, але в умовах 2014 року. Тобто найвищі показники висоти прикріплення нижніх бобів спостерігалися у варіанті дослідів, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес разом з *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) на рівні – 21,0 см та 13,5 см, порівняно із контрольним варіантом 17,6 см та 9,7 см дана залежність спостерігалася у обох сортів сої. Приріст за даним варіантом дослідів склав 3,4 см та 3,8 см. Нижчі показники за висотою прикріплення нижніх бобів спостерігалися в умовах 2015 року для всіх варіантів дослідів.

Таблиця 4.9

**Висота прикріплення нижніх бобів сої залежно від сорту, інокуляції,
пестициду, см**

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, см
Горлиця	Контроль (обробка водою)	18,9	17,6	15,7	17,4	-
	Ризобофіт	19,4	18,2	16,8	18,1	0,7
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	20,1	19,3	17,2	18,9	1,5
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	22,3	21,0	19,5	20,9	3,5
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	21,6	20,5	18,7	20,3	2,9
КиВін	Контроль (обробка водою)	10,3	9,7	8,5	9,5	-
	Ризобофіт	12,2	11,4	10,6	11,4	1,9
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	12,7	12,9	11,3	12,3	2,8
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	13,8	13,5	12,4	13,2	3,7
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	12,9	13,0	11,9	12,6	3,1

Проте, загальна тотожна залежність підвищення висоти прикріплення нижніх бобів у варіанті досліду, що забезпечує одержання чистих від бур'янів посівів зберігається. Так на варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло підвищенню висоти прикріплення нижніх бобів на рослині на 3 см та 3,9 см відповідно у сортів Горлиця та КиВін.

4.3. Формування елементів структури врожаю сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду

У процесі дослідження насінневої продуктивності сої виявилось, що найбільша кількість плодів утворилася на рослинах у варіанті з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) в умовах 2013–2015 років на обох сортах сої. У сорту Горлиця – 19,4 шт.; 17,6 шт.; 16,7 шт., порівняно із контрольним варіантом – 17,4 шт.; 15,8 шт.; 14,6 шт., що на 2,0 шт.; 1,8 шт.; 2,1 шт. більше (табл. 4.10, додаток Б.2-В.2).

Найвищу ефективність по збільшенню кількості бобів на рослині було відмічено у варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно із інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Кількість бобів на рослині для сортів Горлиця та КиВін становила 25,9 шт.; 22,6 шт.; 20,7 шт. та 21,9 шт.; 20,7 шт.; 17,6 шт., що на 8,5 шт.; 6,8 шт.; 6,1 шт. та 7,6 шт.; 7,0 шт.; 4,7 шт. більше відповідно.

Кількість насінин на рослині є похідною ознакою від кількості бобів на рослині, тобто якщо за результатами обліку встановлено велику кількість бобів, тоді на цьому варіанті буде спостерігатися значна кількість насінин на рослині. За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільшу кількість насінин на рослині було встановлено у варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Захисна дія ґрунтового гербіциду полягала у пригніченні росту переважної кількості бур'янів на

Таблиця 4.10

Кількість бобів на рослині залежно від сорту, інокуляції, пестициду, шт.

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, шт.
Горлиця	Контроль (обробка водою)	17,4	15,8	14,6	15,9	-
	Ризобофіт	19,4	17,6	16,7	17,9	2,0
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	20,5	18,2	17,3	18,7	2,8
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	25,9	22,6	20,7	23,1	7,2
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	23,6	20,7	18,9	21,1	5,2
КиВін	Контроль (обробка водою)	14,3	13,7	12,9	13,6	-
	Ризобофіт	15,6	15,4	14,1	15,0	1,4
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	16,5	15,8	14,7	15,7	2,1
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	21,9	20,7	17,6	20,1	6,5
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	19,8	18,6	16,1	18,2	4,6
<i>НІР₀₅ А</i>		1,15	0,9	0,86		
<i>НІР₀₅ В</i>		1,81	1,43	1,36		
<i>НІР₀₅ АВ</i>		1,62	1,28	1,21		

початкових етапах вегетаційного періоду, коли рослини сої мають низьку конкурентну спроможність в боротьбі із бур'янами, які починають свій

інтенсивний ріст після пригнічувальної дії ґрунтового гербіциду. Таким чином, найбільш ефективним був варіант досліду, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з інокулянтном *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), кількість насінин при цьому становила у сорту сої Горлиця – 62,2 шт.; 54,4 шт.; 49,7 шт. та зниження кількості насінин у ранньостиглого сорту КиВін до 52,6 шт.; 49,7 шт.; 42,2 шт. за період дослідження протягом 2013–2015 рр. (табл. 4.11, додаток Д.1-Е.1).

Таблиця 4.11

Кількість насінин на рослині залежно від сорту, інокуляції, пестициду, шт.

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, шт.
Горлиця	Контроль (обробка водою)	40,0	36,3	33,6	36,6	-
	Ризобофіт	46,6	42,2	40,1	42,9	6,3
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	49,2	43,7	41,5	44,8	8,2
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	62,2	54,2	49,7	55,4	18,8
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	56,6	49,7	45,4	50,6	14,0
КиВін	Контроль (обробка водою)	34,3	32,9	31,0	32,7	-
	Ризобофіт	37,0	36,9	33,8	35,9	3,2
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	39,6	37,9	35,3	37,6	4,9
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	52,6	49,7	42,2	48,2	15,5
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	47,5	44,6	38,6	43,6	10,9
<i>НІР₀₅ А</i>		1,85	2,04	1,49		
<i>НІР₀₅ В</i>		2,93	3,22	2,36		
<i>НІР₀₅ АВ</i>		2,62	2,88	2,11		

Даний варіант дослідю забезпечив приріст кількості насінин у сорту Горлиця на рівні – 22,2 шт.; 17,9 шт.; 16,1 шт. до контролю. Аналогічна тенденція відмічалась у сорту КиВін, даний варіант забезпечив приріст насіння на рівні – 18,3 шт.; 16,8 шт.; 11,2 шт. до контролю. Нижчі показники кількості насінин на рослині було забезпечено у варіанті дослідю, де застосовано інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно із страховим гербіцидом Базагран. Кількість насінин на рослині сортів сої склала – 56,6 шт.; 49,7 шт.; 45,4 шт. у сорту Горлиця та зниження кількості насінин у ранньостиглого сорту КиВін до 47,5 шт.; 44,6 шт.; 38,6 шт. за період 2013–2015 рр. Даний варіант дослідю забезпечив приріст кількості насінин у сорту Горлиця на рівні – 16,6 шт.; 13,4 шт.; 11,8 шт. до контролю. У сорту КиВін даний варіант дослідю забезпечив приріст порівняно із контролем на рівні – 13,2 шт.; 11,7 шт.; 7,6 шт. до контролю.

Найбільшу масу 1000 насінин у розрізі років досліджень було отримано в умовах 2013 року. Так як умови 2013 року були найбільш сприятливими для росту й розвитку рослин сої. Зокрема за вологозабезпеченням та середньодобовими температурами, що зумовило найбільшу масу 1000 насінин в умовах цього року.

У рослин сортів сої в умовах 2015 року на всіх варіантах дослідю насіння було дрібне і його маса була значно меншою, ніж в інших варіантах в умовах 2013 та 2014 років (табл. 4.12).

Найбільшу масу 1000 насінин було отримано у варіанті дослідю, де застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Так масу 1000 насінин на даному варіанті дослідю було отримано у сорту Горлиця у розрізі років досліджень –141,0 г; 138,7 г; 128,9 г, порівняно із контрольним варіантом дослідю – 129,7 г; 123,5 г; 111,9 г., що забезпечило приріст у даному варіанті – 11,3 г; 15,2 г; 12 г.

Тотожна закономірність була отримана на варіанті дослідю, де застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Так маса 1000 насінин на даному варіанті дослідю була отримана

у сорті КиВін у розрізі років досліджень – 136,9 г; 131,7 г; 120,2 г, порівняно із контрольним варіантом досліду – 125,6 г; 119,4 г; 107,1 г., що забезпечило приріст у даному варіанті –11,3 г; 12,3 г; 13,1 г.

Таблиця 4.12

**Маса 1000 насінин у рослин сої залежно від сорту, інокуляції,
пестициду, г**

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, г
Горлиця	Контроль (обробка водою)	129,7	123,5	111,9	121,7	-
	Ризобофіт	135,9	129,7	117,8	127,8	6,1
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	136,3	130,8	121,5	129,5	7,8
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	141,0	138,7	128,9	136,2	14,5
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	138,4	134,9	125,6	132,9	11,2
КиВін	Контроль (обробка водою)	125,6	119,4	107,1	116,4	-
	Ризобофіт	130,8	124,7	112,6	122,7	6,3
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	131,5	125,8	113,2	123,5	7,1
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	136,9	131,7	120,2	129,6	13,2
	Ризобофіт + гербіцид Базагран	134,3	129,6	117,5	127,1	10,7

Нижчі показники маси 1000 насінин було отримано у варіанті досліду, де застосовано страховий гербіцид Базагран та інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Так маса 1000 насінин у сорту Горлиця була збільшена і склала – 138,4 г; 134,9 г; 125,6 г порівняно із контролем – 129,7 г; 123,5 г; 111,9 г, це забезпечило приріст маси 1000 насінин на рівні – 8,7 г; 11,4 г; 13,7 г. У

варіанті досліду, де застосовано страховий гербіцид Базагран та інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) у сорту КиВін становила – 134,3 г; 129,6 г; 117,5 г порівняно із контролем – 125,6 г; 119,4 г; 107,1 г, що забезпечило приріст маси 1000 насінин на рівні – 8,7 г; 10,2 г; 10,4 г.

Дослідженнями встановлено, що кліматичні умови років вирощування, які характеризувалися недостатніми атмосферними опадами, а саме у критичний період рослин сої – від початку зав'язування бобів до формування і наливу насіння, істотно позначилися на продуктивності сої (табл. 4.13).

Наведені дані свідчать, що соя є вимогливою культурою до ґрунтової родючості. Продуктивність обох сортів сої зростає під впливом бактеризації насіння азотфіксувальними бактеріями.

Проте, зазначені фактори значно слабкіше позначаються на рівнях урожайності сої порівняно з кліматичними умовами років вирощування її, перш за все, забезпеченими впродовж критичного періоду вегетації, про що йшлося вище. Стосовно обраних для досліджень сортів сої, доведено, що вищою продуктивністю як у окремі роки, так і в середньому за три роки вирощування, відрізнявся сорт Горлиця.

Застосування гербіциду сумісно з інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) має велике значення і в тому, що знищуючи бур'яни, вони підвищують конкурентоспроможність по відношенню до сегетальної рослинності, сприяють збільшенню фотосинтетичної продуктивності рослин, а звідси підвищують масу органічних речовин у процесі фотосинтезу, що в цілому призводять до зростання урожайності.

Так, в 2013 році найвища врожайність сої сформувалася на рівні – 3,85 т/га у варіанті із внесенням Харнесу сумісно з інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), тоді як у контролі без препаратів і ручних прополювань вона становила – 1,9 т/га. В 2014 році врожайність сої також формувалась найвищою у варіантах досліду з сумісним застосуванням Харнесу на рівні – 3,31 т/га, що на – 1,71 т/га перевищувало контроль (табл. 4.13, додаток Е.2-Ж.2).

Урожайність сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду

Сорт	Інокуляція + пестицид	Урожайність, т/га				Вплив інокуляції та пестициду на рівень урожайності, т/га
		2013	2014	2015	Середнє	середнє
Горлиця	I Контроль	1,90	1,60	1,36	1,6	-
	II інокулянт М8	2,4	2,1	1,79	2,08	0,48
	III М8 + протруювач Максим XL	2,63	2,2	1,97	2,27	0,67
	IV М8+гербицид Харнес	3,85	3,31	2,81	3,3	1,7
	V М8+гербицид Базагран	3,36	2,87	2,45	2,89	1,29
КиВін	I Контроль	1,56	1,41	1,19	1,38	-
	II інокулянт М8	1,81	1,73	1,43	1,65	0,27
	III М8 + протруювач Максим XL	2,01	1,83	1,54	1,79	0,41
	IV М8+гербицид Харнес	3,1	2,82	2,2	2,69	1,31
	V М8+гербицид Базагран	2,73	2,47	1,94	2,37	0,99
НІР ₀₅ головного ефекту чинника А		0,09	0,15	0,09		
НІР ₀₅ головного ефекту чинника В		0,14	0,24	0,15		
НІР ₀₅ взаємодії АВ		0,12	0,21	0,13		

У 2015 аномально посушливому році прибавка врожаю у всіх варіантах досліді були меншими в порівнянні з попередніми роками, однак найвищі показники врожаю формувалися при застосуванні ґрунтового гербициду Харнес сумісно з інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 2,81 т/га, що на 1,45 т/га більше.

Незначною мірою за урожайністю поступився варіант досліду, де було застосовано інокулянт *V. jarrowicum* М-8 (Ризобофіт) та страховий гербіцид Базагран у сорту Горлиця. У 2013 році врожайність сої даного сорту становила – 3,36 т/га, тоді як у контролі без препаратів вона становила – 1,9 т/га.

У 2014 році врожайність сої становила – 2,87 т/га, що на – 1,27 т/га перевищувало контроль. У несприятливому 2015 році за гідротермічним режимом прибавка врожаю у всіх варіантах досліду були меншими в порівнянні з попередніми роками, однак найвищі показники врожаю формувалися при застосуванні Харнесу сумісно з інокулянтом *V. jarrowicum* М-8 – 2,45 т/га, що на 1,09 т/га більше.

Нижчий рівень урожайності на даному варіанті пояснюється недостатнім захистом страхового гербіциду Базагран порівняно із ґрунтовим гербіцидом Харнес від бур'янів.

Селективні препарати з іншими механізмами дії (бентазон) контролюють лише частину спектра видів бур'янів, що в цілому відобразилося на зниженні урожайності порівняно із дією ґрунтового гербіциду Харнес.

Аналіз морфологічних ознак і елементів продуктивності рослин сої на ділянках з внесенням гербіцидів показав, що їх дія була в значній мірі тотожною їх впливу на забур'яненість посіву. Тобто, чим ефективніше гербіциди контролювали бур'яни, тим величини морфологічних ознак і елементів продуктивності були вищими, і як наслідок формувалася вища урожайність.

4.4. Вплив дії гербіцидів на забур'яненість посівів та формування урожайності сої

Відомо, що система боротьби з бур'янами базується як на ґрунтових, так і післясходових діях гербіцидів. Такий підхід дає можливість використати переваги того чи іншого способу внесення гербіцидів адекватно до

фітосанітарної ситуації та економічних можливостей товаровиробника [433, 435].

Останнім часом все більшого поширення набуває післясходова система захисту від бур'янів, із використанням так званих страхових гербіцидів. Переваги її заключаються в тому, що більш в повній мірі можна оцінити видовий склад бур'янів, визначитися з гербіцидом, нормою витрати препарату [439, 448-452].

Обліки забур'яненості виконували двічі: перший – після закінчення комплексу всіх робіт по догляду за посівами, а другий – перед збиранням врожаю.

В останньому випадку поряд з підрахунком кількості бур'янів визначали їх сиру масу в розрізі основних агробіологічних груп.

Результати досліджень з використання ґрунтового гербіциду у посівах сої показали, що найбільше зниження загальної маси бур'янів забезпечував ґрунтовий гербіцид Харнес у нормі внесення 2,2 л/га.

За результатами трирічних досліджень (2013–2015 рр.) встановлено, що ґрунтовий гербіцид Харнес найбільш ефективно контролював масу злакових однорічних і дводольних малорічних бур'янів у посівах сої (Табл. 4.14).

Ґрунтові гербіциди не діють на коренепаросткові бур'яни, що не дає підстав аналізувати їх. Тому, характеризуючи ефективність ґрунтового гербіциду Харнес, слід розглядати його вплив лише на злакові однорічні та дводольні малорічні бур'яни.

Встановлено, що у попередника пшениця озима цей препарат у середньому зменшував кількість і сиру масу злакових однорічних бур'янів відповідно на 92 % і 93 %, а дводольних малорічних – на 93 % і 95 %. У посівах сої гербіцид Харнес знищував плоскуху звичайну відповідно на 93 % і 92 %, а мишій сизий – на 96 % і 92 %. Щирицю звичайну цей гербіцид знищував на 97 %.

Забур'яненість посівів сої, у середньому за 2013–2015 рр.

Сорт	Варіант обробки	Кількість бур'янів шт./м ²												Сира маса бур'янів перед збиранням урожаю г/м ²			
		На початку вегетації*						Перед збиранням урожаю**									
		Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Корене- парост- кових	Всього	Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Корене- парост- кових	Всього	Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Корене- парост- кових	Всього	Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Корене- парост- кових	Всього
Горлиця	Контроль (обробка водою)	133	141	1,6	275,6	90	79	2,3	171,3	185	376	26	587				
КиВін																	
Горлиця	Ризобофіт	131	138	1,5	270,5	88	76	2,2	166,2	181	368	25	574				
КиВін																	
Горлиця	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	129	135	1,5	265,5	86	75	2,1	163,1	178	361	25	564				
КиВін																	
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Харнес	9,2	2,1	1,2	12,5	8,0	2,0	2,0	12,0	46	18	21	85				
КиВін																	
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	128	63	1,2	192,2	86	32	2,0	120	201	116	21	338				
КиВін																	

* Строки визначення на початку вегетації в посівах сої :2-3 справжніх листків.

** Строки визначення перед збиранням урожаю в посівах сої : бурі боби.

У подальшому добре розвинутий листковий апарат сої затіняв значну частину бур'янів, що негативно позначилося на їх масі і в деякій мірі на їх кількості.

На заключному етапі вегетаційного періоду соя скидала своє листя, що зменшувало її фітоценотичний пресинг на бур'янисті рослини, але вони в кінцевому рахунку, вже не могли сформувати значну вегетативну масу.

Проводячи аналіз потрібно відмітити, що найбільша кількість однорічних злакових – 133 шт./м² і дводольних малорічних – 141 шт./м² бур'янів спостерігалася на контрольному варіанті посівів (див. табл. 4.14). Найменша кількість бур'янів була відмічена на варіанті досліду, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес, кількість однорічних злакових становила – 9,2 шт./м² і дводольних малорічних – 2,1 шт./м² бур'янів на початку вегетації.

Менша кількість, особливо дводольних малорічних бур'янів спостерігалася на варіанті досліду де застосовували страховий гербіцид Базагран – 63 шт./м² бур'янів, тобто він знищив значну частину цих бур'янів. Що стосується однорічних злакових і коренепаросткових, то цей гербіцид немає ефективною дію на даний спектр бур'янів.

Перед збиранням урожаю кількість бур'янів зменшилася, як на контрольному варіанті, так і на варіантах із застосування ґрунтового гербіциду Харнес та страхового гербіциду Базагран.

Так найбільша кількість однорічних злакових становила – 90 шт./м² і дводольних малорічних – 79 шт./м² бур'янів спостерігалася на контрольному варіанті посівів. Найменша кількість бур'янів була відмічена на варіанті досліду, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес, кількість однорічних злакових – 8 шт./м² і дводольних малорічних – 2 шт./м² бур'янів перед збиранням. На варіанті досліду, де було застосовано страховий гербіцид Базагран особливо зменшилася кількість дводольних малорічних бур'янів – 32 шт./м².

**Симбіотична діяльність сої, залежно від інокуляції та пестицидів у фазу наливу бобів
(у середньому за 2013–2015 рр.)**

Сорт	Варіант обробки	Кількість бульбочок, шт. на рослину	Маса бульбочок, мг на рослину	Нітрогеназна активність, нмоль C ₂ H ₄ /год•росли	Урожайність, т/га
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	1,6
КиВін		0	0	0	1,38
Горлиця	Ризобофіт	37,3	632,1	5,2	2,08
КиВін		36,5	584,3	4,1	1,65
Горлиця	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	39,1	627,6	5,1	2,27
КиВін		36,9	575,9	4,0	1,79
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Харнес	36,3	566,3	4,3	3,3
КиВін		33,2	504,8	3,6	2,69
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	39,0	587,2	5,0	2,89
КиВін		37,8	543,8	3,9	2,37

Гербицид Харнес контактної дії, знищує переважну більшість бур'янів, які на етапі сходів. Висіане насіння у початковий період росту дещо пригнічене в тому числі і бульбочки, які фіксують азот на коренях сої. Обробка ділянки чистим Харнесом призводить до пригнічення утворення бульбочок. Відомо, що Харнес інгібує синтез білка. Отже, внесення перед сівбою або в період посіву гербициду Харнес викликає загибель ранніх бур'янів, але стримує розвиток бульбочок – 36,3 шт. та 33,2 шт., порівняно із варіантом досліду, де самостійно вносили інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 37,3 шт. і 36,5 шт. (див. табл. 4.15).

Якщо обробляти посіви в більш пізні терміни тільки гербицидом Базагран, то спостерігається стимуляція біологічної фіксації азоту, відбувається збільшення кількості бульбочок – 39,0 шт. і 37,8 шт., а також їх маса – 587,2 мг. і 543,8 мг.

Однак, врожайність спостерігалася при цьому невисокою – 2,89 т/га і 2,37 т/га, на противагу – 3,3 т/га та 2,69 т/га за використання ґрунтового гербициду Харнес. Так як забур'яненість посівів пригнічує сою, а бур'яни використовують біологічний азот для свого розвитку.

При застосуванні Бентазону у мінімальній рекомендованій нормі – не спостерігалось видимих проявів фітотоксичної дії. Гальмування утворення симбіотичного апарату та пригнічення азотфіксувальної активності за дії гербициду Бентазону не пов'язано з їх прямим впливом на бульбочкові бактерії *B. japonicum* М-8, а опосередковано впливом гербицидів на рослини сої.

Таким чином, в умовах польового досліду встановлено, що ґрунтовий гербицид Харнес затримує формування азотфіксувального симбіозу соя – *B. japonicum* М-8 та проявляють фітотоксичну дію на рослини. Фітотоксична дія гербициду на бобову рослину супроводжується зниженням числа бульбочок, зменшенням їхньої маси та зміною мікроструктури.

Проте, врожайність сої напряму залежала від забур'яненості посівів.

Так, чим меншою була кількість бур'янів на варіантах дослідів, тим спостерігалася вища урожайність і навпаки на забур'янених посівах формувалася низька урожайність сої незалежно від сортових особливостей. У контрольному варіанті рівень урожайності сої сортів Горлиця та КиВін склав – 1,6 т/га та 1,38 т/га, застосування ж інокулянта *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) підвищило рівень урожайності сої у цих сортів до – 2,08 т/га та 1,65 т/га. Однак, при застосуванні ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), не дивлячись на пригнічення кількості і маси бульбочок під дією ґрунтового гербіциду було отримано найвищий рівень урожайності сортів сої – 3,3 т/га та 2,69 т/га, що на пряму обумовлено знищенням і контролем переважної більшості бур'янів на варіанті цього дослідів.

Підтвердженням сказаного є варіант дослідів, де на фоні застосування інокулянта *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), використовували страховий гербіцид Базагран, який подавляв значну кількість дводольних малорічних бур'янів, проте не був ефективним до однорічних злакових.

Таким чином, на цьому дослідному варіанті було отримано урожайність на рівні 2,89 та 2,37 т/га.

У середньому за 2013–2015 рр. врожайність сої також була тісно пов'язана доказовою від'ємною кореляцією з кількістю ($r = - 0,81$) і сирогою масою ($r = - 0,86$) бур'янів у посівах культури (табл. 4.16). З огляду на це, найнижчу врожайність в досліді отримано на забур'яненому контролі (обробка водою) – 1,6 т/га та 1,38 т/га.

Найбільшу врожайність сої серед варіантів з використанням гербіцидів отримано де був найменший рівень забур'яненості посівів культури у варіанті дослідів (Ризобофіт сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес) – 3,3 т/га і 2,89 т/га. Ця тенденція простежувалась і в окремі роки досліджень.

На рівень урожайності сої в окремі роки досліджень значною мірою впливав режим зволоження та температурний режим в критичний для

Таблиця 4.16

Забур'яненість посівів сої за період досліджень залежно від варіанту досліджень, за 2013 – 2015 рр.

Сорт	Варіант обробки	Бур'янів у кінці вегетації*	2013	2014	2015	Середнє
Горлиця	Контроль (обробка водою)	Кількість, шт./м ²	138,7	181	194,3	171,3
КиВін		Сира маса, г/м ²	475,2	620,1	665,7	587
Горлиця	Ризобофіт	Кількість, шт./м ²	135,6	175,4	187,6	166,2
КиВін		Сира маса, г/м ²	468,3	605,8	647,9	574
Горлиця	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	Кількість, шт./м ²	134,0	173,2	182,3	163,1
КиВін		Сира маса, г/м ²	463,4	598,9	630,4	564
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Харнес	Кількість, шт./м ²	9,0	12	15	12,0
КиВін		Сира маса, г/м ²	63,72	84,96	106,2	85
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	Кількість, шт./м ²	98,0	123,5	138,8	120
КиВін		Сира маса, г/м ²	275,9	347,7	390,7	338

* Строки визначення перед збиранням урожаю в посівах сої: бурі боби.

формування врожайності період (від червня по серпень включно). Зокрема у 2013, 2014, 2015 рр. за кількістю опадів у цей період відповідно – 269 мм, 251,5 мм, 51 мм, а середньодобова температура повітря в цей період становила – 18,6 °С, 19,9 °С та 20,4 °С. При цьому урожайність на варіанті досліду (Ризобофіт сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес), була в розрізі сортів Горлиця і КиВін – 3,85 т/га, 3,31 т/га, 2,81 т/га та 3,13 т/га, 2,82 т/га, 2,20 т/га відповідно.

Ефективність ґрунтового гербіциду Харнес залежала від кількості опадів, що випали в перші дні після його внесення, більша кількість опадів випала у травні 2013 року – 60 мм, а менша в умовах 2014 та 2015 років – 32 мм та 34 мм.

4.5. Мінливість якісних показників зерна сортів сої

На сучасному етапі розвитку сільського господарства соя займає особливе місце серед інших культур, і належить до найважливіших високобілкових культур не тільки вітчизняного, але й світового виробництва. Проведені польові дослідження показали, що при комплементарній взаємодії певного сорту сої та штаму бульбочкових бактерій *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) утворюється ефективний симбіоз, який характеризується не тільки високою азотфіксувальною здатністю, але і високою продуктивністю, яка до того ж має оптимальні якісні показники.

Отримані дані (табл. 4.17) свідчать про те, що найбільш продуктивним сортом сої була Горлиця в симбіозі зі штамом бульбочкових бактерій *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Значення сирого протеїну в зерні сої, а також збору сирого протеїну з 1 га при цьому також були високими, порівняно з контролем і становив для сорту Горлиця – 35,63 %, а збір сирого протеїну склав – 0,74 т/га. Для сорту КиВін сирий протеїн становив – 36,1 %, а збір сирого протеїну 0,59 т/га. Проте, застосування ґрунтового гербіциду Харнес

**Вміст сирого протеїну в зерні сої різних сортів залежно від обробки
іноінокулянтном *V. japonicum* М-8, середнє за 2013–2015 рр.**

Варіант обробки	Загальний азот, %	Сирий протеїн, %	Збір сирого протеїну з 1 га, т
Сорт Горлиця			
Контроль (обробка водою)	4,34±0,06	27,55±0,06	0,44
Ризобофїт	6,07±0,04	35,63±0,04	0,74
фунгіцид Максим XL + Ризобофїт	5,98±0,05	35,03±0,05	0,79
Ризобофїт + гербіцид Харнес	6,0±0,04	35,5±0,04	1,17
Ризобофїт + гербіцид Базагран	5,95±0,05	33,6±0,03	0,97
Сорт КиВін			
Контроль (обробка водою)	4,72±0,08	32,76±0,09	0,44
Ризобофїт	5,76±0,07	36,10±0,07	0,59
фунгіцид Максим XL + Ризобофїт	5,55±0,07	35,8±0,08	0,64
Ризобофїт + гербіцид Харнес	5,6±0,08	36,0±0,07	0,97
Ризобофїт + гербіцид Базагран	5,5	34,9±0,08	0,83

сумісно з інокулянтном *japonicum* М-8 (Ризобофїт), забезпечило практично однаковий вміст сирого протеїну порівняно із внесенням інокулянту *V. japonicum* М-8 (Ризобофїт) – 35,5 % і 36,0 %, однак за рахунок зменшення забур'яненості посівів, а відтак підвищення урожайності збір сирого протеїну був найвищим і склав 1,17 т/га і 0,97 т/га. При застосуванні післясходового гербіциду Базагран, отримано нижчий вміст сирого протеїну – 33,6 % і 34,9 %, порівняно із варіантом, де вносили інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофїт), однак збір сирого протеїну становив 0,97 т/га і 0,83 т/га. Це обумовлено рівнем урожайності на цьому варіанті досліду що визначався

збільшенням сирої маси злакових однорічних бур'янів за рахунок зменшення рівня дводольних малорічних бур'янів згаданим вище Базаграном. Всі варіанти цього досліду мали більший збір білка з одиниці площі, порівняно з контролем.

Отже, збір білка з одиниці площі в досліді залежав від кількості врожайності на окремому варіанті досліду.

Виявлено, що показник вмісту білка в насінні сої залежав від бактеризації *B. japonicum* М-8 насіння культури та рівня забур'яненості посіву. Не встановлено негативного впливу гербіцидів Харнес, Базагран на вміст білка в насінні сої, вирощеної за їх використання.

Насіння сої характеризуються не тільки високим вмістом білка, а й оптимальним набором амінокислот, особливо незамінних – лізину і триптофану. Дослідження, спрямовані на вивчення амінокислотного складу сої, нечисленні, причому основна увага в них приділяється утриманню найбільш дефіцитної амінокислоти – метіоніну. Що стосується якісних характеристик врожаю бобових культур, то за твердженням В. І. Січкаря [129, 130], амінокислотний склад білкової фракції сої досить стабільний. За його даними це пов'язано з генетичними особливостями культури. Рівень практично всіх незамінних амінокислот у різних за білковості генотипів сої в основному однаковий, деякі розбіжності виявлені лише за кількістю метіоніну.

Дослідження за визначенням біологічної цінності білків показали, що при передпосівній обробці насіння сої штамами *B. japonicum* М-8 різко зростала кількість глютамінової кислоти в зерні сортів Горлиця і КиВін. Інокуляція насіння ризобії сприяла також збільшення загального вмісту амінокислот. Таким чином, симбіоз цих сортів з *B. japonicum* М-8 сприяв не тільки підвищенню врожайності, а й збільшенню кількості білка в зерні і глютамінової кислоти в ньому.

Представлені в дані свідчать про високий вміст в зерні рослин сої таких амінокислот, як аспарагін, глютамін, серин, пролін, гліцин і аргінін

(табл. 4.18). Серед незамінних амінокислот перевага належить лізину і лейцину, що характеризує харчову цінність білка. Фенілаланін, валін, треонін, ізoleyцин представлені в невеликій кількості. Найменше метіоніну, який є самим дефіцитним компонентом білку сої.

Таблиця 4.18

Вплив передпосівної бактеризації насіння сої Горлиця *V. japonicum*

М-8 на їх амінокислотний склад, мг /г

Амінокислота	Середнє за 2013–2015 рр.	
	Контроль (обробка водою)	<i>V. japonicum</i> М-8
Незамінні		
Лізін	2,09±0,06	2,91±0,09
Фенілаланін	0,71±0,04	0,91±0,04
Валін	1,23±0,04	1,68±0,04
Треонін	1,11±0,02	1,41±0,02
Лейцин	3,23±0,10	3,77±0,10
Ізолейцин	0,99±0,03	1,49±0,03
Метіонін	0,02±0,001	0,02±0,001
Всього незамінних АК	9,38±0,2911	12,19±0,32
Замінні		
Аспарагін	6,66±0,08	7,75±0,17
Серін	2,08±0,08	2,65±0,09
Глютамін	3,35±0,07	6,05±0,10
Пролін	1,97±0,05	2,45±0,05
Гліцин	2,07±0,05	2,75±0,10
Аланін	1,85±0,02	2,25±0,05
Тирозин	0,56±0,01	1,17±0,01
Гістидін	0,61±0,02	0,76±0,01
Аргінін	1,87±0,06	1,51±0,03
Всього замінимих АК	24,02	27,34±0,65
Загальний вміст	33,40	39,53±0,116

Застосування найбільш комплементарного штаму для бактеризації посівного матеріалу сприяло підвищенню маси амінокислот в насінні досліджуваних сортів. Так, в залежності від рівня відповідності мікросимбіонта в зерні сорту Горлиця.

Необхідно відзначити, що амінокислотний склад зерна сої в межах генотипу одного сорту залишається постійним. Збільшення масової частки

цих сполук відбувається за рахунок підвищення вмісту білка в насінні досліджуваних рослин. Деякі розбіжності виявлені лише за кількістю метіоніну, що узгоджується з даними В. І. Січкаря [130].

Матеріали розділу дають підстави сформулювати висновки:

1. Умови 2013 року були найбільш сприятливими для успішного формування і функціонування симбіотичного потенціалу системи соя – *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило найвищі показники кількості бульбочок на рослині – 45 шт. і 44 шт.; масу бульбочок на рослині – 731,3 мг та 654,2 мг; нітрогеназну активність – 6,5 і 5,1 мкмоль C_2H_4 /рослину•год, для сортів сої Горлиця та КиВін порівняно з контрольним варіантом. Ця ж закономірність була притаманна і показникам симбіотичного потенціалу сортів сої в умовах 2014 та 2015 року, однак з меншими абсолютними значеннями, враховуючи гідротермічні умови цих років досліджень.

2. Проведений аналіз фотосинтетичної діяльності сортів сої Горлиця та КиВін, протягом 2013–2015 рр. показав, що найбільша площа листової поверхні становила – 42,1 та 39,0 тис. m^2 /га; фотосинтетичного потенціалу – 2,8 і 2,57 млн. m^2 діб/га; чистої продуктивності фотосинтезу – 2,7 та 2,61 г/ m^2 добу було отримано на варіанті дослідів взаємодії *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес, який найбільш ефективно контролював масу злакових однорічних і дводольних малорічних бур'янів у посівах сої протягом 30–40 діб після його внесення.

3. Найбільша кількість однорічних злакових – 133 шт./ m^2 і дводольних малорічних – 141 шт./ m^2 бур'янів спостерігалася на контрольному варіанті посівів. Найменша кількість бур'янів відмічена на варіанті, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес, кількість однорічних злакових – 9,2 шт./ m^2 і дводольних малорічних – 2,1 шт./ m^2 бур'янів на початку вегетації.

4. При застосуванні ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт), не дивлячись на пригнічення кількості і маси бульбочок

під дією ґрунтового гербіциду, було отримано найвищий рівень урожайності сортів сої – 3,32 т/га та 2,69 т/га, що напряду обумовлено знищенням і контролем переважної більшості бур'янів на варіанті цього досліду.

5. Взаємодія *V. jaronicum* М-8 сумісно з гербіцидом Базагран, пригнічувала значну кількість дводольних малорічних бур'янів, проте даний гербіцид неефективний до однорічних злакових, що забезпечило урожайність на рівні – 2,89 та 2,37 т/га.

6. У середньому за 2013–2015 рр. врожайність сої була тісно пов'язана доказовою від'ємною кореляцією з кількістю ($r = -0,81$) і сирою масою ($r = -0,86$) бур'янів у посівах культури. З огляду на це, найнижчу врожайність в досліді отримано на забур'яненому контролі – 1,6 та 1,38 т/га.

7. Виявлено, що показник вмісту білка в насінні сої залежав від бактеризації насіння інокулянтном *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) та рівня забур'яненості посіву. Не встановлено негативного впливу гербіцидів Харнес та Базагран на вміст білка в насінні сої, вирощеної за їх використання. Застосування ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з *V. jaronicum* М-8 забезпечило практично однаковий вміст сирого протеїну порівняно із варіантом внесення *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) – 35,5 % і 36,0 %, однак за рахунок зменшення забур'яненості посівів, а відтак підвищення урожайності збір сирого протеїну був найвищим і склав 1,17 т/га і 0,97 т/га.

8. Дослідження за визначенням біологічної цінності білків показали, що при передпосівній бактеризації насіння сої *V. jaronicum* М-8 різко зростала кількість глютамінової кислоти в зерні сортів сої.

РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА ФІТОПАТОГЕНІВ НА МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ СОЇ

5.1. Роль інокулянтів у формуванні мікробних угруповань ґрунту у ризосфері сої

Важливою функціональною ланкою системи ґрунт – мікроорганізм – рослина є мікробоценоз ризосфери, що являє собою складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, які взаємодіють на основі екологічних і трофічних потреб і зв'язків. Відомо, що визначальним фактором мікробного ценозу ризосфери є рослина [448, 449]. Проте, мікробне угруповання є сприйнятливим щодо дії будь-яких чинників навколишнього середовища [418].

Для мікробного ценозу ризосфери характерна здатність стабілізувати рівновагу. Дія ж абіотичних і біотичних чинників порушує цю рівновагу [439]. Досліджуючи кількісний та якісний склад мікробних угруповань ризосфери сої, властивості домінуючих видів, можна зрозуміти процеси, які відбуваються у ґрунті ризосфери. Наприклад, розповсюдження в ґрунті видів, які засвоюють мінеральні форми азоту, свідчить про активний перебіг процесів мінералізації органічних речовин. Показником родючості ґрунту може бути превалювання ферментативно активних видів, які розріджують желатин, пептонізують молоко, гідролізують крохмаль тощо. Домінування у ґрунті факультативно-анаеробних видів може вказувати на погіршення умов аерації ґрунту. Про підсилення фунгістатичного потенціалу ґрунту свідчить наявність сприятливих умов для розмноження бактеріальної мікробіоти.

Наявність спорових бактерій свідчить про забезпеченість ґрунту органічним джерелом азоту та про активність мінералізаційних процесів [452].

Важливими є питання формування мікробного оточення, яке сприяє реалізації ефективної взаємодії сої з асоціативними мікроорганізмами. Такі

дослідження впливу інтродукованих мікроорганізмів на кількісний і якісний склад мікробоценозу сої та його активність мають сприяти ширшому застосуванню біопрепаратів при вирощуванні бобових культур. Прикладом зазначеного є наукова праця Л. Симочко зі співавторами [128] про роль перцю *Capsicum annuum* L. у формуванні мікробіоти дерново- підзолистих ґрунтів Закарпаття. Авторами встановлено, що еколого-трофічні групи ґрунтових мікроорганізмів по-різному реагували на вирощування перцю за різних видів і норм добрив. Праця В.П. Патики зі співавторами [27] теж узагальнює дані щодо впливу ріпаку озимого на склад і біологічну активність ґрунтових мікроорганізмів за вирощування його в сівозміні і беззмінно.

Дослідження мікрофлори ґрунту під посівами сої і попередників, які реагують на вплив зовнішніх чинників та слугують індикаторами стану екосистеми і сукцесійних процесів, що в ній відбуваються, є надзвичайно актуальним. Показано, що співвідношення різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів змінюється залежно від рослини. Так, чисельність амоніфікаторів зі зміною культури (soя → люпин → пшениця → ріпак) зменшувалась з $18,7 \cdot 10^6$ до $4,3 \cdot 10^6$, аналогічна закономірність спостерігалася для оліготрофів і педотрофів (табл. 5.1).

Як видно з табл. 6.1, для сої вміст амоніфікаторів був у – 4,4 рази вищим, ніж при вирощування хрестоцвітої культури ріпаку, і складав – 18,7 млн. КУО / г абс. сухого ґрунту, що свідчить про значне збагачення ґрунту органічною речовиною рослинного походження та забезпечення амонійним азотом за рахунок його фіксації з повітря. Відповідні зміни чисельності спостерігались у випадку з бактеріями, що використовують для свого живлення мінеральний азот. Максимальна чисельність цих мікроорганізмів у ґрунті була відзначена при вирощуванні пшениці й ріпаку і становила відповідно – 9,1 і 9,4 млн. КУО / г абс. сухого ґрунту. Це свідчить про значне використання цими культурами мінерального азоту. Позитивний баланс спостерігали і для азотобактера. Що стосується мікроміцетів, то слід зазначити, що коливання їх чисельності не було таким значним, як

бактеріальної флори, але в агроценозах пшениці, люпину, ріпаку вона була вищою, ніж у ґрунті під соєю.

Таблиця 5.1

Чисельність ґрунтових мікроорганізмів під посівами сої та інших сільськогосподарських культур

Культура	Чисельність ґрунтових мікроорганізмів (КУО на 1 г абс. сухого ґрунту)					%
	Мікроміцети •10 ³	Амоніфікатори •10 ⁶	Оліготрофи •10 ⁶	Педотрофи •10 ⁶	Бактерії, що асимілюють мінеральний азот, •10 ⁶	Azotobacter
Соя	21	18,7	14,4	11,8	6,2	120
Люпин	28	13,5	12,1	9,4	8,5	101
Пшениця	30	8,6	6,3	7,0	9,1	60
Ріпак	31	4,3	3,1	4,0	9,4	51
НІР ₀₅	1,5	1,6	1,9	1,5	1,0	10

Примітка: середні значення за роки досліджень

Для того, щоб оцінити спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті під посівами сої та інших сільськогосподарських культур здійснювався розрахунок коефіцієнтів оліготрофності, педотрофності та коефіцієнта мінералізації-імобілізації (табл. 5.2). Як видно з табл. 5.2, показники оліготрофності та педотрофності ґрунту зростали зі зміною культури у такому порядку (соя → люпин → пшениця → ріпак) і свого максимального значення сягали при вирощуванні ріпаку та становили відповідно 1,20 і 2,40. Підвищення показника педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук, а збільшення оліготрофності ґрунту вказує на зниження вмісту в ґрунті поживних речовин, зокрема доступного азоту.

Мінімальними ці показники були при вирощуванні сої і становили: коефіцієнт оліготрофності – 0,30; коефіцієнт педотрофності – 0,45, що в 4 та в 5,3 рази менше порівняно до максимальних значень цих показників при вирощуванні ріпаку. Напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті теж збільшувалася пропорційно, від сої до ріпаку, і максимального значення сягала для ріпаку, коефіцієнт мінералізації-іммобілізації складав – 1,42, що в 2,4 рази вище, ніж при вирощуванні сої. Сукцесійно-динамічні зміни мікробного угруповання ґрунту пов'язані, в першу чергу, з впливом на біоценоз вирощуваних культур та абіотичних чинників, таких як температура та вологість.

Таблиця 5.2

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті під посівами сої та інших сільськогосподарських культур

Варіант (культура)	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт педотрофності	Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації
Соя	0,30	0,45	0,60
Люпин	0,41	0,56	0,84
Пшениця	0,94	1,27	1,07
Ріпак	1,20	2,40	1,42

У дослідженнях біомаса бактерій при застосуванні мінеральних добрив збільшувалася порівняно з варіантом без добрив у понад – 1,2 рази, при застосуванні *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) і сумісному застосуванні з $N_{60}P_{60}K_{60}$ – в 1,7 і 1,4 разів відповідно. Тобто застосування мінеральних азотних добрив знижувало азотфіксувальний потенціал сої. Чисельність олігонітрофільних бактерій, що беруть участь у трансформуванні залишкових кількостей органічної речовини в 1,77 разів, а стрептоміцетів – у 2,15 разів. Слід також зазначити, що ґрунт варіанта з Ризобофітом і сумісно з мінеральним удобренням характеризувався максимальним вмістом целюлозоруйнівних мікроорганізмів у 11,0 і 9,5 рази вищим, порівняно з

контролем. Вміст мікроскопічних грибів мав тенденцію до збільшення від контролю до мінерального фону і до варіантів з застосуванням Ризобофіту (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Кількість і біомаса мікроорганізмів у сірому лісовому середньосуглинковому ґрунті при вирощуванні сої за різних видів добрив і норм їх унесення (середні дані за 2013 – 2015 рр.)

Варіант	Біомаса бактерій, т/га	Бактерії				Мікроскопічні гриби	Стрептоміцети	Целюзоруйнівні бактерії
		Амоніфікуючі	Спороутворюючі	Педотрофи	Олігонітрофільні			
		МПА	МПА + СА	ГА	Середовище Ешбі			
10 ⁶ КУО/г сухого ґрунту							тис/г сухого ґрунту	
Контроль – без добрив	6,1	16	3,1	78	198	3,9	46	4,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	7,0	24	7,3	159	277	5,0	76	12,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,3	28	8,4	176	311	4,9	99	24,4
Ризобофіт	10,4	53	11,5	264	350	5,4	152	50,7
Ризобофіт + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,6	59	11,9	260	348	5,8	153	44,5
НІР _{0,5}	0,9	4,0	2,1	21	34	0,7	29	3,2

Підвищення чисельності бацил і стрептоміцетів у ґрунті із застосуванням ризобофіту і мінеральних добрив свідчить про глибшу деструкцію органічної речовини. Ці групи мікроорганізмів засвоюють сполуки, які часто недоступні для неспоривих бактерій, а розвиваються на субстраті збідненим доступними сполуками [128, 414].

Якщо порівнювати з контролем варіанти із застосуванням Ризобофіту і мінеральних добрив за різних норм, то вони поступаються зазначеним варіантам.

Показником мобілізаційних процесів у ґрунті є також целюлозоруйнівні мікроорганізми. Вміст цих мікроорганізмів у 11,0 і 9,5 рази вищий за внесення різних добрив і норм порівняно з варіантом без добрив. Внесення різних норм мінеральних добрив значно поступається за кількістю целюлозоруйнівних мікроорганізмів варіантам з використанням Ризобофіту. Отримані результати досліджень підтверджують, що мобілізаційні процеси у ґрунті при внесенні добрив та Ризобофіту позитивно впливають на життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів.

Аналогічні зміни виявлено і в динаміці чисельності мікрофлори, що, вочевидь, зумовлено певними процесами надходження і розкладання органічної речовини. Найчисельніша група сапрофітних мікроорганізмів – бацили, переважають у сірому лісовому середньосуглинковому ґрунті з сумісним застосуванням мінеральних добрив і Ризобофіту у фазі бутонізації сої, проте кількість олігонітрофільних бактерій водночас зменшується (табл. 5.4). Для стрептоміцетів і грибів різниця у варіантах досліді незначна.

Таблиця 5.4

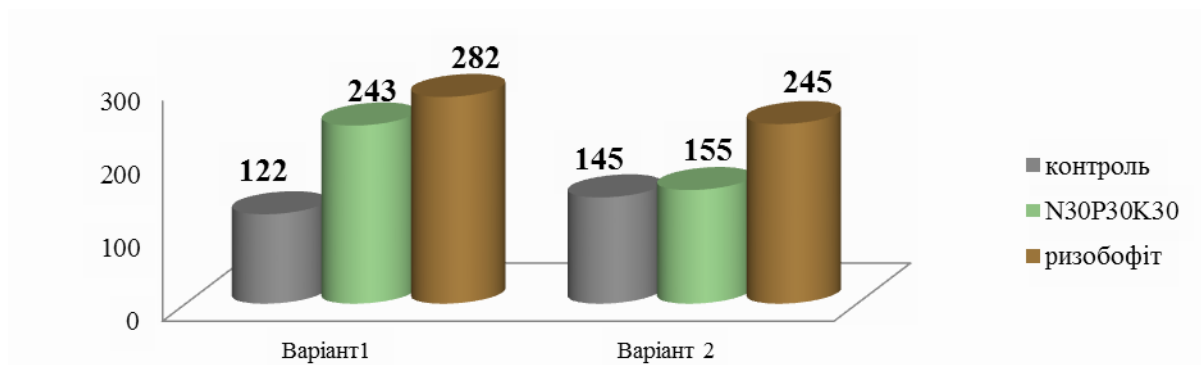
Динаміка чисельності мікроорганізмів у ґрунті при вирощуванні сої за дії мінерального добрива та Ризобофіту (у середньому за 2013 –2015 рр.)

Варіант	Контроль	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Ризобофіт
1	2	3	4
Бацили (млн/г)			
Травень	0,88	1,91	3,20
Червень	1,20	2,95	5,90
Липень	2,09	5,15	9,23
Серпень	1,07	3,06	6,10
Вересень	0,96	2,02	4,06
НІР _{0,5}	0,41	0,62	1,01
Олігонітрофіли (млн/г)			
Травень	5,35	8,19	9,98
Червень	2,10	4,01	5,45
Липень	1,89	3,75	5,15
Серпень	1,71	2,13	4,05
Вересень	0,60	2,10	4,23
НІР _{0,5}	1,32	2,05	1,97

продовження табл. 5.4

1	2	3	4
Варіант	Контроль	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Ризобофіт
Гриби (тис/г)			
Травень	0,07	0,09	3,90
Червень	2,07	3,98	5,03
Липень	1,92	3,78	5,18
Серпень	1,48	2,15	4,05
Вересень	1,45	2,20	4,53
НІР _{0,5}	0,44	0,97	0,38

Дослідження амоніфікуючої та нітрифікуючої здатності ґрунту при вирощуванні сої показали, що використання *V. japonicum* М-8 (Ризобофіту) позитивно впливає на ці показники. Амоніфікуюча здатність ґрунту порівняно з контролем зростає до 282 мг NH₃/100 г ґрунту, а нітрифікуюча – до 62 мг NO₃/100 г ґрунту (рис. 5.1, рис. 5.2).



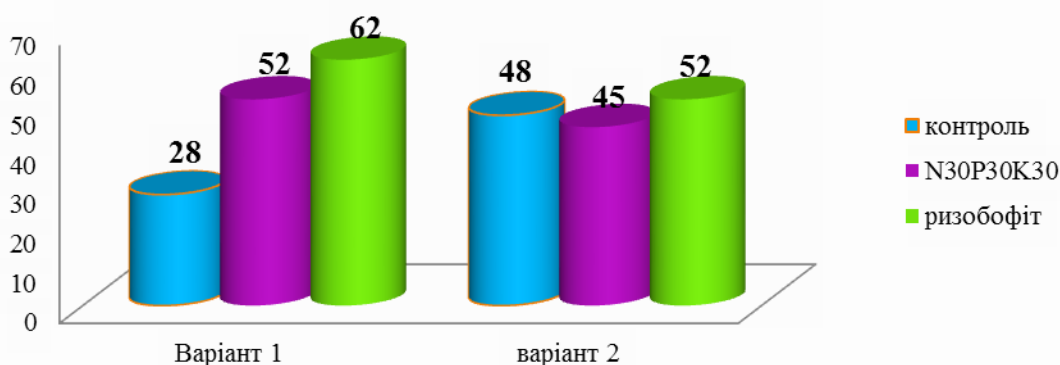
Примітка: 1 – варіант без добрив; 2 – варіант N₃₀P₃₀K₃₀ + Ризобофіт.

Рис. 5.1 Амоніфікуюча активність сірого лісового середньосуглинкового ґрунту при вирощуванні сої сорту Горлиця за різних видів добрив, NH₃ мг/100г ґрунту

Результати досліджень показали, що вирощування сої без добрив порівняно з використанням Ризобофіту сприяє збільшенню виділення CO₂ у 2 рази (табл. 5.5).

Такі самі закономірності спостерігали і за визначення поглинання O₂. При вирощуванні сільськогосподарських культур без добрив у ґрунті

складаються менш сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів, у результаті чого знижується його біологічна активність.



Примітка: 1 – варіант без добрив; 2 – варіант N₃₀P₃₀K₃₀ + Ризобіфіт.

Рис. 5.2. Нітрифікуюча активність сірого лісового середньосуглинкового ґрунту при вирощуванні сої сорту Горлиця за різних видів добрив, NO₃ мг/100г ґрунту

Таблиця 5.5

Інтенсивність виділення CO₂ і поглинання O₂ сірим лісовим середньосуглинковим ґрунтом при вирощуванні сої за різних видів добрив (у середньому за 2013 – 2015 рр.)

Варіант	Інтенсивність виділення CO ₂ і поглинання O ₂ , мкг/г	
	CO ₂	O ₂
Контроль– без добрив	2,8	2,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,4	5,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + <i>B. japonicum</i> M-8 (Ризобіфіт)	6,5	6,8

Примітка: x/P=0,05; t_{st}=3,31

Вивчення видового складу бактерій (табл. 5.6) показало, що здебільшого ті самі види зустрічались при вирощуванні сої без добрив.

У ризосфері не виявлено п'яти видів неспорутворюючих бактерій, що зустрічались у ризосферному ґрунті при внесенні органічних добрив, а саме: *Arhtrobacter oxydans*, *Arhtrobacter ureafaciens*, *Nocardia albicans*, *Serratia plymuthica*. Спільними для двох досліджуваних варіантів удобрення були

п'ять видів ризосферних неспорівих бактерій. Коефіцієнт видової спільності неспорутворюючих бактерій у ризосфері сої становить понад 30%.

Таблиця 5.6

**Типові і домінуючі види неспорівих бактерій у ризосфері сої сорту
Горлиця за використання Ризобофіту
(у середньому за період 2013 –2015 рр.)**

Вид	Контроль– без добрив		Ризобофіт	
	I	II	I	II
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	2	3	9	3
<i>Arhtrobacter globiformis</i>	65	27	40	9
<i>Arhtrobacter oxydans</i>	–	–	76	21
<i>Arhtrobacter pascens</i>	39	8	–	–
<i>Arhtrobacter simplex</i>	69	7	–	–
<i>Arhtrobacter tumescens</i>	70	3	66	4
<i>Arhtrobacter ureafaciens</i>	–	–	35	4
<i>Brevibacterium fuscum</i>	40	2	–	–
<i>Flavobacterium diffusum</i>	51	7	34	5
<i>Flavobacterium harrisonii</i>	39	4	–	–
<i>Flavobacterium suaveolens</i>	–	–	69	3
<i>Mycobacterium lacticum</i>	58	6	–	–
<i>Nocardia albicans</i>	–	–	37	4
<i>Nocardia rubropertincta</i>	15	2	31	3
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	89	12	73	9
<i>Pseudomonas fragi</i>	54	4	–	–
<i>Pseudomonas putida</i>	35	3	–	–
<i>Serratia plymuthica</i>	–	–	34	4

Примітка: I – частота трапляння виду, %; II – частка виду, %

У варіантах з Ризобофітом зростала частота трапляння і частка *B. subtilis* і *B. megaterium* (табл. 5.7). Збільшення у ґрунті із Ризобофітом питомої ваги у складі спороутворюючих бактерій цих видів, здатних використовувати мінералізований азот, вказує на те, що мобілізаційні процеси при застосуванні системи органічних добрив відбуваються значно інтенсивніше, ніж у варіантах без добрив.

Типові і домінуючі види спорових бактерій у ризосфері сої сорту Горлиця за використання Ризобофіту (у середньому за період 2013 – 2015 рр.)

Вид	Контроль – без добрив		Ризобофіт	
	I	II	I	II
Ризосфера				
<i>Bacillus cereus</i>	90	18	80	21
<i>B. macerans</i>	90	64	100	34
<i>B. megaterium</i> ,	43	6	60	8
<i>B. subtilis</i>	70	8	86	30
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	67	20	70	28
Міжряддя				
<i>Bac. macerans</i>	90	45	50	19
<i>Bac. cereus</i> + <i>Bac. mycoides</i>	90	19	96	35
<i>Bac. megaterium</i>	55	10	90	15
<i>Bac. subtilis</i>	70	20	93	40
<i>Bac. idosus</i>	17	7	19	4

Примітка: I – частота трапляння виду, %; II – частка виду, %.

5.2. Роль інокулянтів сої у підвищенні її стресостійкості до фітопатогенів та пестицидів у рамках ефективності функціонування симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – соя

Сою уражують понад 50 хвороб, з яких понад 30 грибних, 12 бактеріальних, 6 вірусних та інші. Збудники хвороб можуть уражувати сою на всіх етапах росту та розвитку рослин – від проростання насіння до повної стиглості. За даними ФАО світові середньорічні втрати врожаю сої становлять: від хвороб – 11 %, від шкідників – 13 %, від бур'янів – 35 % [422]. Найбільш поширеними та шкодочинними хворобами вважають з бактеріальних – кутаства плямистість, пустульний бактеріоз, бактеріальний опік, бактеріальне в'янення, іржаво бура плямистість; з грибкових фузаріоз, аскохітоз, пероноспороз, септоріоз; з вірусних – зморшкувата та жовта мозаїка, вірус затримки росту тощо. Вони можуть знижувати урожайність насіння на 25% і більше, а, особливо, його якість (додатки З, К, Л, М, Н) [360,

370, 369].

Поширення, шкодочинність та розвиток хвороб сої у Вінницькій області по результатах оцінки на основі зведення результатів фітопатологічного моніторингу наведено у (табл. 5.8). Ці показники, особливо в комплексі, істотно впливають на загальні втрати урожаю.

Таблиця 5.8

Фітосанітарний моніторинг хвороб сої у Вінницькій області, %

Хвороби	% захворювань рослин
Фузаріоз	30–40
Пероноспороз	до 30
Септоріоз	15–17
Аскохітоз	25–40
Бактеріоз	50 і більше
Мозаїка	до 40
Борошниста роса	10–15
Церкоспороз	25–30
Рак стебла	30–70
Вірусні хвороби	25% і більше

Узагальнюючи дані моніторингу за ураженістю рослин сої на посівних площах Вінницької області у 2013–2015 рр. слід зазначити, що найпоширенішими хворобами, які спостерігали в усіх зонах вирощування сої були: септоріоз, пероноспороз, коренева гниль, церкоспороз, бактеріальні і вірусні (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Загальне ураження рослин сої хворобами на посівних площах Вінницької області (2013–2015 рр., середні дані), %

Хвороби та фаза розвитку рослин	Показники хвороби	
	поширення	ураження (розвиток)
Пероноспороз (бутонізація–дозрівання)	(6,0–26,0)*0,6–6,6 до 12,0–18,0	0,5–4,0

Хвороби та фаза розвитку рослин	Показники хвороби	
	поширення	ураження (розвиток)
Коренева гниль (бутонізація–дозрівання)	(3,0–13,0)* до 16,0–20,0	0,1–6,2
Церкоспороз (бутонізація–дозрівання)	(3,0–13,0)* до 16,0–20,0	0,1–6,2
Аскохітоз (дозрівання)	10,0–18,0	0,3–5,0
Фузаріоз (бутонізація–дозрівання)	(11,0–59,0)* 1,8–15,0	0,2–5,0
Бактеріальний опік	(7,7–77,0)* 1,4–10,2	0,8–0,9
Вірусні хвороби: жовта і зморшкувата мозаїки	(18,0–30,0)* 2,0–6,0	0,1–3,0

Примітки: * – заселених площ

Аналіз захворювання досліджуваних сортів сої Горлиця, КиВін, в умовах Вінницької області показав, що вони досить стійкі до бактеріального ураження. Що стосується грибних захворювань, то сорт КиВін був уражений на 13 %, а Горлиця – 8 %. Сорти були стійкими до вірусних інфекцій (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

Ураження різних сортів сої хворобами на посівних площах Вінницької області (2013–2015 рр., середні дані), %

Сорти	Хвороби сої, %		
	Бактеріальні	Грибні	Вірусні
Горлиця	4	8	0
КиВін	6	13	0,5

Отже, сорти Горлиця і КиВін є перспективними як у селекційному процесі, так і для промислового вирощування.

Сукупність відносин, які складаються у біотичній спільноті, дуже складні, різноманітні і відповідають вище переліченим варіаціям залежно від того, стимулюється чи обмежується життєдіяльність кожного з них, і часто до кінця не вивчені. Це стосується перш за все відносин між ризобіями та

фітопатогенними бактеріями. З літературних джерел відомо поодинокі випадки про можливість інфікування сої агресивним штамом *B. japonicum* [146], тому можливо було б передбачити наявність певного антагонізму або конкуренції між бульбочковими бактеріями та бактеріальними фітопатогенами. В той же час за даними Кириленко Л. [38] штучна інокуляція рослин сої високоефективними штамми *Bradyrhizobium* опосередковано зменшує чутливість рослин до зараження бактеріальними фітопатогенами, підвищує їх загальну стійкість до біотичних та абіотичних факторів. Проведене у дослідженнях штучне моделювання взаємовідносин в лабораторних умовах між бульбочковими бактеріями та представниками найбільш поширених та агресивних збудників бактеріозів сої показали відсутність будь-якого впливу усіх бактеріальних агентів на ріст одне одного. Стабільний потужний ріст кожної культури не нівелювався ростом іншої (табл. 5.11, 5.12).

Таблиця 5.11

Визначення характеру взаємодії *B. japonicum* з представниками основних збудників бактеріальних захворювань сої, 2015 р.

Використані в дослідженні тест-культури		діаметр зони пригнічення росту тест-культури в мм.	
		в якості можливого антагоніста <i>B. japonicum</i>	
		штам М-8	штам 6346
Збудник пустульного бактеріозу сої <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	штам 3	0	0
	штам 8562	0	0
	штам 8835	0	0
	штам 8609	0	0
	штам 9075	0	0
	штам 8	0	0
Збудник кутастої плямистості сої <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i>	штам 8541	0	0
	штам 9072	0	0
	штам 9074	0	0
Бактеріальний опік <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i>	штам 225	0	0

Використані в дослідженні тест-культури		діаметр зони пригнічення росту тест-культури в мм	
		в якості можливого антагоніста <i>B. japonicum</i>	
		штам М-8	штам 634б
<i>Solanacearum formae sojae</i>	штам 8543	0	0
Збудник смугастості стебла с.-г. рослин <i>Pantoea agglomerans</i> штам	8490	0	0
Збудник іржаво-бурої плямистості квасолі <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	штам 6566	0	0

Примітка: 0- відсутність антагонізму

Отримані результати свідчать про те, що взаємодія між бульбочковими бактеріями та збудниками бактеріозів сої та іншими патогенами сільськогосподарських рослин носить характер нейтралізму який уособлює взаємовідносини, за яких організми, що розвиваються у складі одного ценозу, безпосередньо не впливають одне на одного.

Таблиця 5.12

Визначення характеру взаємодії *B. japonicum* з представниками основних збудників бактеріальних захворювань с.-г. рослин, 2015 р

Використані в дослідженні тест-культури		Діаметр зони пригнічення росту тест-культури в мм	
		в якості можливого антагоніста <i>B. japonicum</i>	
		штам М-8	штам 634б
<i>Pseudomonas syringae</i> УКМ В-1027 ⁷		0	0
<i>Pseudomonas fluorescens</i>		0	0
<i>Pectobacterium carotovorum</i> УКМ В-1095 ^Т		0	0
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> – УКМ В-1049		0	0
<i>Clavibacter michiganensis</i>		0	0
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 8628		0	0

Тому опосередкована взаємозалежність організмів при цьому неминуча, оскільки вони є елементами однієї спільноти. Вище зроблені висновки підтверджуються і результатами вивчення впливу бактеріальних, грибних метаболітів та вірусної інфекції на нітрогеназну активність бульбочок. Дослідження безпосереднього впливу фільтратів культуральних рідин *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (кутаста плямистість), *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (пустульний бактеріоз), *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (дикий опік), – *Fusarium oxysporum* (фузаріоз), *Ascochyta sojaecola* Abramov (аскохітозу) та водного екстракту хворих рослин сої на вірусну мозаїку на симбіотичну систему соя – бульбочкові бактерії показали, що під їх дією змінюється азотфіксувальна активність бульбочок сої. При замочуванні бульбочок в культуральних рідинах та водному екстракті зазначених фітопатогенних мікроорганізмів значно знижувалась їх нітрогеназна активність у порівнянні з контрольним варіантом (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

Вплив культуральної рідини фітопатогенних бактерій, грибів та ВМС на нітрогеназну активність бульбочок сортів сої, 2015 р.

Варіант	Нітрогеназна активність, мкмоль С ₂ Н ₄			
	на 1 рослину за годину		на 1г бульбочок за годину	
	Горлиця	КиВін	Горлиця	КиВін
1	2	3	4	5
Контроль (поживне середовище для бактерій)	5,87 ± 0,29	4,88 ± 0,17	6,03 ± 0,38	5,23 ± 0,24
Контроль (поживне середовище для грибів)	4,53 ± 0,32	4,76 ± 0,21	4,35 ± 0,21	5,05 ± 0,18
Культуральна рідина <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i>	0,12 ± 0,02	0,09 ± 0,02	відсутня	відсутня
Культуральна рідина <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	0,31 ± 0,09	0,20 ± 0,05	0,12 ± 0,01	відсутня
Культуральна рідина <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tabaci</i>	0,24 ± 0,07	відсутня	0,09 ± 0,01	відсутня
Культуральна рідина <i>Fusarium oxysporum</i>	0,27 ± 0,06	відсутня	відсутня	відсутня

1	2	3	4	5
Варіант	Нітрогеназна активність, мкмоль С ₂ Н ₄			
	на 1 рослину за годину		на 1г бульбочок за годину	
	Горлиця	КиВін	Горлиця	КиВін
Культуральна рідина <i>Ascochyta sojaecola</i> <i>Abramov</i>	0,30±0,12	0,14±0,02	0,09±0,01	відсутня
Водний екстракт хворих рослин сої на вірусну мозаїку	5,33±0,44	відсутня	5,76±0,32	відсутня

Проте, при дії вірусу мозаїки сої (ВМС) зниження азотфіксувального потенціалу бульбочкових бактерій сої сорту Горлиця не виявлено. Дослідження безпосереднього впливу фільтратів культуральних рідин *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (кутаста плямистість), *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (пустульний бактеріоз), *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (дикий опік), – *Fusarium oxysporum* (фузаріозу), *Ascochyta sojaecola* *Abramov* (аскохітозу) та водного екстракту хворих рослин сої на вірусну мозаїку та симбіотичну систему соя сорту КиВін – бульбочкові бактерії показали, що під їх дією змінюється азотфіксувальна активність бульбочок сої. Це дає змогу зробити висновок, що дія фітопатогенних бактерій, грибів та вірусів (ВМС) на симбіотичний апарат сої залежала від сорту, виду та агресивності штаму.

Крім того, отримані результати свідчать про те, що взаємодія між бульбочковими бактеріями та збудниками бактеріозів сої та іншими патогенами сільськогосподарських рослин носить характер нейтралізму який уособлює взаємовідносини, за яких організми, що розвиваються у складі одного ценозу, безпосередньо не впливають одне на одного. Тому опосередкована взаємозалежність організмів при цьому неминуча, оскільки вони є елементами однієї спільноти.

В останні часи в зв'язку з широким використанням зарубіжних та вітчизняних фунгіцидів та гербіцидів гомеостаз між поширенням і функціонуванням патогенних грибів і бактерій значно порушено, адже

дієвих препаратів хімічного походження проти фітопатогенних бактерій практично не існує, а доля біопрепаратів їх використання не перевершує. Фітопатогенні бактерії займають місце грибною мікрофлори, все частіше констатується їх поширення наприкінці вегетативного сезону або сумісний паразитизм на сходах [13]. Проведене визначення можливої токсичної дії на фітопатогенні збудники бактеріозів сої ряду пестицидів (табл. 5.14) показало, що переважна кількість дослідних препаратів не виявляють токсичної дії до представників основних родів та видів фітопатогенних бактерій, за виключенням препарату – фунгіциду Ридоміл, який токсичний до фітопатогенів, а фунгіциди Ранкона та Максим XL – вибірково до збудників пугульного бактеріозу сої *Axonopodis pv. glycines*. Що узгоджується із попередніми дослідженням де визначено можливу токсичну дію хімічних речовин манкоцебу та металаксилу на фітопатогенні бактерії.

Таблиця 5.14

Визначення чутливості представників основних родів фітопатогенних бактерій до препаратів хімічного походження, 2015 р.

Дослідний штам	Хімічні засоби захисту рослин							
	Фунгіциди						Гербициди	
	Максим XL	Ридоміл	Пропульс	Ранкона	Фалькон	Замір	Харнес	Прометрин
	Діюча речовина							
	Металаксил-М, флудіоксонил	Манкоцеб, металаксил-М	Протиоконазол, флуопирам	Іпконазол	Тебуконазол, триадименол, спіроксамін	Прохло-раз, тебуконазол	Ацетонхлорид	Прометрин
Діаметр зони пригнічення (мм)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>Glycines</i> 10 штамів	20-35	35-40	0	30-35	0	0	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>Glycinea</i> 13 Штамів	0-15	15-25	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> 2 штами	0	15	0	0	0	0	0	0
<i>Pantoea Agglomerans</i> 5 штамів	0	10-15	0	0	0	0	0	0

Примітка: «цифрові позначки» - позитивна реакція, наявність зони пригнічення.

У подальших дослідженнях встановлено, що ряд дослідних пестицидів різного призначення (гербіциди, фунгіциди) не виявляють токсичної дії до *B. japonicum* М-8 та *B. japonicum* 634б у лабораторних умовах. До таких пестицидів можна віднести Харнес, Прометрин, Ранкона, Максим XL (табл. 5.15). Їх можна рекомендувати для сумісного або паралельного застосування інокуляції насіння сої вказаним штамом і препаратів на його основі. При цьому застосування препаратів Ранкона та Максим XL, які не мають токсичної дії до досліджених штамів *B. japonicum*, можливе як бактереріцидів до низки фітобактерій.

Таблиця 5.15

Визначення чутливості *B. japonicum* М-8 та *B. japonicum* 634б до препаратів хімічного походження, 2015 р.

Дослідний препарат	Діаметр зон пригнічення росту (мм), <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	
	штам М-8	штам 634б
1	2	3
Ридоміл	45	55
Пропульс	25	20
Ранкона	0	0
Максим XL	0	0

1	2	3
Харнес	0	0
Прометрин	0	0
Пончо	15	22
Замір	35	30
Фалькон	38	35

Примітка: «цифрові позначки» - позитивна реакція, наявність зони пригнічення росту, «0» - відсутність зони пригнічення росту, активний ріст тест-культури.

Однак, такі широкоживані фунгіциди як Ридоміл, Замір, Фалькон виявляють значну токсичну дію до дослідних штамів *B. japonicum*. Відмічається також, що фунгіцид Пропульс та інсектицид Пончо виявились токсичними до штамів бульбочкових бактерій, проте в дещо меншому ступені. Тому за потреби використання цих препаратів при інокуляції бульбочковими бактеріями потрібно додержуватись почерговості їх використання. Отримані результати вказують на необхідність постійного визначення сумісності препаратів хімічного та біологічного походження при їх застосуванні в сільському господарстві.

Таким чином, результати досліджень представлені у цьому розділі дають змогу зробити слідуючі висновки. Важливою функціональною ланкою системи ґрунт – мікроорганізм - рослина є мікробоценоз ризосфери, досліджуючи який у ризосфері сої, можна зрозуміти процеси, що впливають на формування мікробного оточення, яке сприяє реалізації ефективної взаємодії сої з асоціативними мікроорганізмами. У дослідженнях біомаса бактерій при застосуванні мінеральних добрив збільшувалася порівняно з варіантом без добрив у понад 1,2 рази, при застосуванні Ризобофіту і сумісному застосуванні з $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,7 і 1,4 разів відповідно. Чисельність олігонітрофільних бактерій, що беруть участь у розкладанні рештків органічної речовини в 1,77 разів, а стрептоміцетів – у 2,15 разів. Варіант з

Ризобіофітом і сумісно з мінеральним добривом характеризувався максимальним вмістом целюлозоруйнівних мікроорганізмів у 11,0 і 9,5 рази вищим порівняно з контролем. Вміст мікроскопічних грибів мав тенденцію до збільшення від контролю до мінерального фону і до варіантів з застосуванням Ризобіофіту. Використання Ризобіофіту позитивно вплинуло на амоніфікуючу та нітрифікуючу здатність ґрунту: амоніфікуюча здатність ґрунту порівняно з контролем зросла до 282 мг $\text{NH}_3/100$ г ґрунту, а нітрифікуюча – до 62 мг $\text{NO}_3/100$ г ґрунту. Вирощування сої без добрив порівняно з використанням Ризобіофіту призводить до зменшення виділення CO_2 у 2 рази, те саме спостерігали і при визначенні поглинання O_2 .

За умов жорсткого інфекційного навантаження окрім збільшення поширення та розвитку хвороби спостерігається зниження ефективності функціонування бобово-ризобіальної системи. Встановлено що взаємодія між бульбочковими бактеріями та збудниками бактеріозів сої та іншими патогенами сільськогосподарських рослин носить характер нейтралізму який уособлює взаємовідносини. Серед гербіцидів та протруйників насіння методом лабораторних оцінок можна підібрати ефективні препарати не токсичні до штамів бактерій для інокуляції, що відкриває можливість одночасного застосування інокулянтів, протруйників, та ґрунтових гербіцидів в єдиному технологічному циклі.

РОЗДІЛ 6.

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ НА ФОНІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТРУЙНИКА ТА ҐРУНТОВИХ ГЕРБІЦИДІВ

На сьогоднішній день у досить складних умовах ведення сільського господарства на фоні постійного зростання цін на енергоносії одним із пріоритетних завдань товаровиробників є не тільки отримання максимального виходу продукції з посівної площі із максимальним збереженням та покращенням показників родючості ґрунту, але й попри це забезпечити мінімальні матеріальні та енергетичні витрати.

Виходячи з цього при моделюванні технології вирощування сортів сої на зерно приділили значну увагу оцінці показників енергетичної та економічної ефективності досліджуваних елементів.

6.1. Економічна ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів

Поряд з дослідженими аспектами ефективності розглянутих препаратів, окремого аналізу потребує економічна ефективність їх застосування в технології вирощування сої. Адже саме зазначений аспект є одним із визначальних у формуванні ринкового успіху будь-якого виробничого засобу, в даному разі інокулянта у ефективному поєднанні з варіантом ґрунтового гербіциду. З цією метою нами проаналізовано такі основні показники економічної ефективності: собівартість одиниці продукції, прибуток, рівень рентабельності виробництва, окупність додаткових витрат. При визначенні витрат, пов'язаних із застосуванням мікробних препаратів, нами враховано зміну не лише показників, які безпосередньо пов'язані з інокуляцією (прямі витрати: вартість препарату, витрати на проведення бактеризації, на доробку і транспортування додаткового урожаю тощо) та

аналогічні за внесення ґрунтового гербіциду і використання протруйника, але і зміну накладних витрат, які при калькуляції собівартості продукції розподіляють пропорційно прямим. Тобто розраховано повну собівартість продукції (зерна), оскільки прибуток, як один із кінцевих показників економічної ефективності, є різницею між ціною та повною собівартістю продукції. Такий методологічний і методичний підхід дещо підвищує розрахунковий рівень затрат на застосування препаратів, але, в той же час, сприяє більш об'єктивній оцінці економічної ефективності препаратів [80]. Оскільки наші польові дослідження проведено на невеликих ділянках, для визначення економічної ефективності різних варіантів досліду ми застосували моделювання типової технології до умов виробничих масштабів. Технологічні операції, витрати ресурсів і алгоритм калькуляції продукції прийнято на базі методики Національного наукового центру „Інститут аграрної економіки НААН з включенням додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням досліджуваних мікробних препаратів. Ціни на матеріально-технічні ресурси, сільськогосподарську продукцію та рівень заробітної плати прийнято на середньому рівні 2015 р.

Розробка технологічного процесу вирощування будь-якої культури, в тому числі і сої, із використанням окремих елементів інтенсифікації технології вирощування в першу чергу повинна бути економічно обґрунтованою і вигідною. Розрахунки показників економічної ефективності вирощування сортів сої проводили з урахуванням сучасних цін на матеріальні ресурси (технологічні прийоми, насіння, пестициди, добрива та пальне) та виконані роботи станом на 2015 рік. Ціна реалізації продукції, зерна сої, відповідала біржовій ціні на кінець 2015 року і становила 8000 грн./т. У характеристиці структури прямих витрат на вирощування сої в умовах 2015 року становили на мінеральні добрива – 31,2 %, на насіння – 17,7 %, засоби захисту – 16,8 %, паливно-мастильні матеріали – 13,8 %, оплату праці – 3,7 %, на поточний ремонт та амортизацію – 1,7 % та 2,6 %, на страхові та загальновиробничі витрати – 12,5 % [88].

На основі проведених нами обрахунків виявлено, що чинники, які досліджувалися мали безпосередній вплив на економічну ефективність вирощування сортів сої (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Економічна ефективність вирощування сортів сої залежно від інокуляційна фоні застосування протруйника та ґрунтових гербіцидів (у середньому за 2013 – 2015 рр.)

Варіант досліджу	Виробничі витрати, грн.	Вартість вирощеної продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн.	Собівартість 1 т насіння, грн.	Рівень рентабельності, %
Горлиця					
1	9750	12800	3050	6094	31,3
2	10580	16640	6060	5087	57,3
3	10790	18160	7370	4753	68,3
4	12860	26400	13540	3897	105,3
5	12180	23120	10940	4215	89,8
КиВін					
1	9380	11040	1660	6797	17,7
2	10350	13200	2850	6273	27,5
3	10640	14320	3680	5944	34,6
4	11960	21520	9560	4446	79,9
5	11390	18960	7570	4806	66,5

Примітка: 1. Контроль (обробка водою); 2. Ризобофіт; 3. фунгіцид Максим XL +Ризобофіт; 4. Ризобофіт + гербіцид Харнес; 5. Ризобофіт + гербіцид Базагран.

На основі детального аналізу показників економічної ефективності встановлено, що в середньому за роки досліджень найнижча вартість вирощеної продукції (12800 грн./га у сорту Горлиця та 11040 грн./га у сорту КиВін) спостерігалась на контрольних варіантах досліджу без використання інокулянта, протруйника та ґрунтових гербіцидів. Максимальна вартість вирощеної продукції сформувалась у обох сортів у варіанті використання штаму за внесення гербіциду Харнес (2,2 л/га) – 13540 та 9560 грн/га,

відповідно. Для даного варіанту досліджень також для обох сортів було встановлено і найвищі рівні рентабельності – 105,3 % у сорту Горлиця та 79,9 % у сорту КиВін. Нижча рентабельність другого сорту пояснюється як значно нижчою продуктивністю за період вивчення, так і нижчою технологічністю сорту та його пластичністю, що з огляду на ознаки різноякісності дозрівання, меншої стійкості до патогенів зумовлює зростання додаткових витрат на вирощування та доробку врожаю.

Отже, глибокий економічний аналіз результатів досліджень підтвердив зроблені висновки щодо оптимізації системи вирощування досліджуваних сортів сої. Так, найбільш ефективною з економічної точки зору є модель технології вирощування сої, як сорту Горлиця так і сорту КиВін, яка передбачає інокуляцію посівного матеріалу *B. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофіт на основі активних штамів бульбочкових бактерій концентрація титру якої становила 10^8 КУО/мл у день сівби з внесенням одразу після сівби селективного досходового гербіциду Харнес 90 к. е. (д. р. ацетохлор 900 г/л) у дозі 2,2 л/га, що забезпечує щонайменше в тричі вищий рівень рентабельності порівняно з контролем.

6.2. Енергетична ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів

Моделювання тієї чи іншої технології вирощування сільськогосподарських культур повинно бути енергетично та економічно вигідним. Проведення енергетичного аналізу дає змогу достовірно визначити і дати об'єктивну оцінку ефективності вирощування культури, провести порівняльну оцінку запропонованих елементів технології вирощування та встановити причини неефективного виробництва сільськогосподарської продукції, досконало організувати та використовувати енергетичні ресурси, програмувати енергоємні прийоми і технології вирощування сільськогосподарських культур в тому числі і сої [12, 28].

Основним показником, що показує енергетичну ефективність вирощування сільськогосподарських культур є енергетичний коефіцієнт технології, який показує відношення отриманої з урожаєм енергії до кількості сукупної енергії що була затрачена на вирощування даного урожаю. Даний показник дає більш ширші уявлення про енергетичні корективи сільськогосподарського виробництва [12]. Технологія вирощування вважається енергетично ефективною, коли даний коефіцієнт більше одиниці [71, 80].

Рациональне використання енергетичних ресурсів являється однією із найважливіших передумов для зростання виробництва сільськогосподарської продукції. У зв'язку з цим необхідно проводити аналіз енергетичних витрат при вирощуванні сучасних сортів, в тому числі і сої, із використанням вже відомих та нових елементів технології вирощування [28].

На основі проведеного детального аналізу показників енергетичної ефективності вирощування сортів сої на зерно (табл. 6.2) встановлено, що в середньому за роки досліджень найнижчі затрати сукупної енергії були на контрольних варіантах досліду і становили у сорту Горлиця 23,6 ГДж/га, а у сорту КиВін 23,9 ГДж/га, при цьому вихід валової енергії з урожаєм становив 37,6 і 32,4 ГДж/га відповідно, а енергетичний коефіцієнт 1,59 і 1,36.

На варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння перед посівом на фоні застосування гербіцидів поряд із зростання урожайності насіння сортів сої, збільшувався і вихід енергії з одиниці площі. Так, на даних варіантах посіви сортів сої акумулювали, відповідно, 55,7–77,6 ГДж/га енергії, сукупні витрати енергії на вирощування при цьому становили 26,9–28,2 ГДж/га, чистий енергетичний прибуток 28,6–50,1 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт посіву склав 2,06 і 2,82. При цьому, як і у випадку калькуляції економічної ефективності варіантів досліджень – енергетична оцінка підтвердила енергетичну доцільність застосування при вирощуванні сої варіанту із застосуванням інокуляції насіння перед сівбою на фоні внесення ґрунтового гербіциду Харнес (2,2 л/га).

Енергетична ефективність вирощування сортів сої залежно від інокуляції на фоні застосування протруйника та ґрунтових гербіцидів (у середньому за 2013–2015 рр.)

Варіант досліджу	Затрати сукупної енергії, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Чистий енергетичний прибуток, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності, К _е
Горлиця				
1	23,6	37,6	14,0	1,59
2	25,9	48,9	23,0	1,89
3	26,3	53,3	27,0	2,03
4	27,5	77,6	50,1	2,82
5	28,2	67,9	39,7	2,41
КиВін				
1	23,9	32,4	8,5	1,36
2	25,4	38,8	13,4	1,53
3	26,1	42,1	16,0	1,61
4	26,9	63,2	36,3	2,35
5	27,1	55,7	28,6	2,06

Примітка: 1. Контроль (обробка водою); 2. Ризобофіт; 3. фунгіцид Максим XL + Ризобофіт; 4. Ризобофіт + гербіцид Харнес; 5. Ризобофіт + гербіцид Базагран.

Саме цей варіант забезпечив для обох сортів коефіцієнт енергетичної ефективності у інтервалі 2,35–2,82.

Таким чином, за результатами проведеного енергетичного аналізу встановлено, що найбільш ефективною є модель технології вирощування сої, як сорту Горлиця так і сорту КиВін, яка передбачає інокуляцію посівного матеріалу *V. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофіт на основі активних штамів бульбочкових бактерій концентрація титру якої становила – 10^8 КУО/мл у день сівби з внесенням одразу після сівби селективного досходового гербіциду Харнес 90 к. е. (д. р. ацетохлор 900 г/л) у дозі 2,2 л/га, що забезпечує зростання коефіцієнту енергетичної ефективності у розрізі сортів на 1,23 і 1,00 до контролю.

ВИСНОВКИ

У монографії теоретично обґрунтовано та експериментально вирішено наукове завдання з ефективності функціонування симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – соя за дії бактеріальних і вірусних інфекцій, зокрема, щодо вирощування сої на основі передпосівної бактеризації насіння та протруювання на фоні внесення ґрунтових гербіцидів в умовах Лісостепу Правобережного.

1. В умовах лабораторного дослідження встановлено, що на 35-ту добу найбільша маса кореня і надземної частини у інокульованих штамом

B. japonicum М-8 рослин сорту Горлиця становила на 0,12 г і 0,4 г та КиВін на 0,05 г і 0,3 г відповідно більше порівняно із *B. japonicum* 634б. При визначенні відновлення ацетилену кореневими бульбочками сої, штам М-8 забезпечував найвищу азотфіксувальну активність симбіотичної системи *Glycine hispida* Maxim. – *Bradyrhizobium japonicum* для сорту Горлиця – на 0,88 мкмоль C_2H_4 / (рослину • год) та сорту КиВін – на 0,18 мкмоль C_2H_4 / (рослину • год) більше, ніж штам 634б. Тому, для дослідження було використано більш ефективний штам *B. japonicum* М-8.

2. На основі проведених спостережень та обліків за ростом і розвитком рослин сортів сої різних груп стиглості в умовах Лісостепу Правобережного встановлено, що поряд із гідротермічними умовами регіону тривалість окремих міжфазних періодів, показники польової схожості та виживаності рослин, лінійного росту стебла, визначаються дією Ризобофіту, протруювачем Максим XL, а також ґрунтовим гербіцидом Харнес та післясходовим гербіцидом Базагран.

3. Виявлено, що умови для росту і розвитку рослин були найкращими на варіантах досліду, де обробку насіння здійснювали Ризобофітом сумісно із внесенням ґрунтового гербіциду Харнес одразу після посіву. Застосування даної технології забезпечило суттєве підвищення показників інтенсивності росту і розвитку досліджуваних сортів сої.

4. Встановлено, що передпосівне оброблення насіння сої препаратом бульбочкових бактерій сприяє підвищенню її азотфіксувального потенціалу. Так, у сорту Горлиця даний показник сягнув найвищого значення порівняно з іншими варіантами досліджу: кількість бульбочок в середньому за роки проведення досліджень – 37,3 шт./рослину, біомаса бульбочок – 632,1 мг/рослину, нітрогеназна активність склала 5,2 мкмоль C_2H_4 / рослину • год. У сорту КиВін дані показники становили: кількість бульбочок – 36,5 шт./рослину, біомаса бульбочок – 584,3 мг/рослину та нітрогеназна активність 4,1 мкмоль C_2H_4 / рослину • год. Кількість біологічно фіксованого азоту становила у сорту Горлиця – 161,8 кг/га, а сорту КиВін – 145,1 кг/га.

5. Показано, що у середньому за період досліджень врожайність сої була тісно пов'язана доказовою від'ємною кореляцією з кількістю ($r = -0,81$) і сирою масою ($r = -0,86$) бур'янів у посівах культури. З огляду на це, найнижчу врожайність в досліді отримано на забур'яненому контролі (1,6 та 1,38 т/га).

6. Досліджено, що при застосуванні ґрунтового гербіциду Харнес на фоні дії Ризобофіту було отримано найвищий рівень урожайності сортів сої Горлиця та КиВін – 3,32 т/га та 2,69 т/га відповідно, що на 104 % та 95 % більше порівняно із контролем та на пряму обумовлено знищенням і контролем переважної більшості бур'янів на варіанті цього досліджу.

7. Виявлено, що застосування гербіцидів Харнес та Базагран не здійснювало негативного впливу на рівень вмісту білка в насінні сої, а передпосівна інокуляція та рівень забур'яненості на пряму впливали на даний показник. Так, сумісне застосування Ризобофіту та ґрунтового гербіциду Харнес забезпечило практично однаковий вміст сирого протеїну у насінні порівняно із чистою обробкою Ризобофітом – 35,5 % і 36,0 %, однак, за рахунок зменшення забур'яненості посівів, а, відтак підвищення урожайності, вміст сирого протеїну був найвищим і склав –1,17 т/га і 0,97 т/га відповідно.

8. Показано, що передпосівна бактеризація насіння сої Ризобофітом підвищувала у ризосфері ґрунту біомасу бактерій порівняно з варіантом без інокуляції у понад 1,2 рази, чисельність олігонітрофільних бактерій – в 1,77 разів, стрептоміцетів – у 2,15 разів, целюлозоруйнівних мікроорганізмів у 11,0 рази. Зазначені дані свідчать про позитивний вплив Ризобофіту на процеси формування мікробного оточення, що сприяє ефективній взаємодії сої з асоціативними мікроорганізмами.

9. Доведено, що використання біопрепарату Ризобофіт позитивно вплинуло на амоніфікуючу та нітрифікуючу властивість ґрунту: амоніфікуюча здатність ґрунту порівняно з контролем зросла – до 282 мг NH₃/100 г, а нітрифікуюча – до 62 мг NO₃/100 г ґрунту.

10. Проведений скринінг відносно визначення токсичної дії ряду пестицидів на фітопатогенні збудники бактеріозів сої показав, що переважна кількість дослідних препаратів є нейтральними до представників основних родів та видів фітопатогенних бактерій, за виключенням препарату – фунгіциду Ридоміл, який є токсичним до фітопатогенів, а фунгіциди Ранкона та Максим XL – вибірково до збудників пустульного бактеріозу сої *Axonopodis* pv. *glysines*.

11. Показано, що при дії вірусу мозаїки сої (ВМС) зниження азотфіксувального потенціалу бульбочкових бактерій сої сорту Горлиця не виявлено, на відміну від толерантного сорту КиВін. Отже, дія фітопатогенних бактерій, грибів та вірусів на симбіотичний апарат сої залежить від сорту, виду та агресивності штаму.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для захисту рослин від фітопатогенних бактерій і вірусних інфекцій та отримання урожайності сої на рівні 3,0–3,3 т/га в агроформуваннях Лісостепу Правобережного рекомендується: вирощувати сорти сої середньоранньої (типу Горлиця) та ранньої (типу КиВін) групи стиглості; за 4–5 днів до сівби проводити обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1,0 л/т насіння; в день сівби проводити обробку насіння препаратом *B. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофіт (титр 10^8 КУО/мл) та вносити одразу після сівби селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к. е. (д. р. ацетохлор 900 г/л) у дозі 2,2 л/га; фунгіцид Ранкона та досходовий гербіцид Прометрин застосовувати сумісно з бактеризацією насіння сої.

Результати виробничих впроваджень у господарствах показали, що застосування Ризобофіту, виготовленого на основі *B. japonicum* М-8 для передпосівного оброблення насіння, забезпечує приріст урожаю сої сорту Горлиця від 44–49 %, порівняно з варіантом без бактеризації.

Список використаної літератури

1. Мазур В.А., Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Телекало Н.В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур: монографія. Вінниця: Твори, 2020. 192 с.
2. Таран Н.Ю., Оканенко О.А., Сенчугова Н.А., Розгонова О.С., Коць С.Я. Адаптивні реакції рослин квасолі на вірусну інфекцію. 111 Міжнародна конференція «Біоресурси та віруси» (Київ, 11–15 вересня 2001). К.: Фітосоціоцентр, 2001. С. 100.
3. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 5-17.
4. Філіп'єв І.Д., Гамаюнова В.В. Вміст метіонілу і біологічна цінність білка зерна сільськогосподарських культур при зрошенні залежно від норм азотного добрива. *Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць*. 2005. Вип. 35. С. 13-17.
5. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 432 с.
6. Ткачук О.П., Овчарук В.В. Екологічний потенціал зернобобових культур у сучасній інтенсивній сівоzmіні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 161-171.
7. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур О.В., Юрченко Н.А. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 11. С. 36-43.
8. Береговенко С.К. Інтенсивність фотосинтетичних процесів різних сортів сої залежно від інокуляції ефективними штамми *Bradyrhizobium japonicum*. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Сер. біол. 2003. 2 (1). С. 19-23.
9. Січкач В.І. Горох, соя, нут. Роль зернобобових у продуктивності землеробства. *Насінництво*. 2009. № 4. С. 10–13.

10. Дідора В.Г., Бондар О.Є., Власюк М.В. Продуктивність сої залежно від біологічних препаратів та мінеральних добрив у Поліссі України. *Наукові горизонти*. 2019. № 1. С. 33–39.

11. Бахмат М.І., Бахмат О.М. Формування сортової врожайності сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2012. Вип. 73. С. 138–144.

12. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Ю., Бердніков О.М. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва: науково–методичне забезпечення; за ред. Ю.О.Тараріка. К.: Аграрна наука, 2005. 200 с.

13. Патики В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот: монографія; за ред. В. П. Патики. К.: Світ, 2003. 424 с.

14. Карпенко В.П., Грицаєнко З.М., Притуляк Р.М та ін. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин; за ред. В.П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський», 2012. 357 с.

15. Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. 352 с.

16. Бойко А.Л. Екологія вірусів рослин. К.: Либідь, 1999. 137 с.

17. Колісник С.І., Кобак С.Я., Дідович С.В. Бактеріальні добрива для оптимізації азотного і фосфорного живлення сої, нуту, гороху, чини і сочевиці. *Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2012. Вип. 73. С. 145–152.

18. Веселовський І.В., Манько Ю.П., Танчик С.П., Орел Л.В. Бур'яни та заходи боротьби з ними. К.: Учбово–методичний центр Мінагропрому України, 1998. 240 с.

19. Коць С.Я., Моргун В.В., Патики В.Ф. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальна симбіоз. Київ : Логотипи, 2010. 508 с.

20. Гарькавий А.Д., Петриченко В.Ф., Спірін А.В. Конкурентоспроможність технологій і машин: Навчальний посібник. Вінниця: ВДАУ. «Тірас». 2003. 68 с.

21. Каленська С.М., Шевчук О.Я., Дмитришак М.Я., Козяр О.М. Рослинництво: Підручник. За редакцією О.Я.Шевчука. К.: НАУУ, 2005. 502 с.
22. Коць С.Я., Якимчук Р.А. Фактори, які визначають симбіотичні взаємовідносини бобових рослин і бульбочкових бактерій. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка*. Серія: Біологія. 2004. № 1 (23). С. 111–118.
23. Голодрига О.В., Грицаєнко З.М. Симбіотичний апарат сої. *Карантин і захист рослин*. 2006. № 7. С. 16–17.
24. Григор'єва О.М. Основні хвороби сої і заходи по зниженню їх шкодочинності в умовах північного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата сільськогосподарських наук. К., 1996. 21 с.
25. Гутянський Р.А. Вплив гербіцидів та їх бакових сумішей на формування азотфіксувальних бульбочок соєю. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2012. Том 44. № 6. С. 529-536.
26. Гутянський Р.А. Ґрунтове внесення Фабіану в посівах сої. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 6. С. 13-15.
27. Пати́ка В.П., Волкогон В.В. Можливості використання біологічного азоту в сучасному землеробстві. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 1997. Вип. 2. С. 72–75.
28. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. К.: Нора–прінт, 2001. 60 с.
29. Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т., Петриченко В.Ф., Пати́ка В.П. Діагностика бактеріальних патогенів сої. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник: Корми і кормовиробництво*. 2009. № 64. С. 62 – 69.
30. Житкевич Н.В., Жмурко Л.Г. Розповсюдження бактеріальних захворювань сої у Київській області. *Вісник Одеського Національного Університету (Біологія)*. 2005. № 10 (7). С. 244-248.
31. Забарський В.К., Мацибора В.І., Чалий А.А. Економіка сільського господарства. К.: Каравелла, 2009. 264 с.

32. Зуза В.С., Гутянський Р.А. Вплив забур'яненості на врожайність сої. *Агроном.* 2009. №3. С.82-85.
33. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.
34. Третьякова С.О., Чинчик О.С., Оліфірович С.Й. Перспективи біологізації вирощування зернобобових культур в Україні. *Збірник наукових праць УНУС.* 2019. № 94. С. 198–207.
35. Капустіна Н.О., Молчанець О.В. Біологічні властивості ізолятів вірусу жовтої мозаїки квасолі та їх вплив на рослини. 111 Міжнародна конференція «Біоресурси та віруси» (Київ, 11–15 вересня 2001): Тези. К.: Фітосоціоцентр, 2001. С. 75.
36. Карачка В. Змішані комплексні добрива: стан, проблеми і перспективи застосування. *Агронерспектива.* 2006. № 2. С. 56-57.
37. Поляков О.І. Ефективність застосування мінеральних добрив і біопрепаратів при вирощуванні сої. *Селекція і насінництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник Х.* : Магда LTD, 2005. Вип. 90. С. 299-305.
38. Кириленко Л.В., Шкатула Ю.М., Коць С.Я., Маменко П.М., Патица В.П. Формування високоефективної симбіотичної системи *Rhizobium galegae* – козлятник. *Науково–теоретичний журнал Вісник аграрної науки.* 2014. №1 (731). С. 22-25.
39. Кириченко А., Гнатюк Т. Вірусні і бактеріальні хвороби сої та засоби їхнього обмеження. *Пропозиція : укр. журн. з питань агробізнесу (специвипуск "Сучасні агротехнології із застосуванням біопрепаратів та регуляторів росту").* 2015. № 5. С. 44-48.
40. Скачок Л.М., Потапенко Л.В., Ярош Т.М. Ефективність біологічних добрив і стимуляторів росту на польових культурах. *Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний науковий збірник.* 2008. Вип. 7. С. 112-130.
41. Кириченко О.В. Комплексна оцінка модуляційної здатності бульбочкових бактерій та особливості формування симбіотичних систем сої за інокуляції насіння мікробними композиціями. *Мікробіологічний журнал.*

2016. Т. 78, № 4. С. 90-101.

42. Кириченко О.В., Титова Л.В., Жеймода А.В. Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 634б за дії фіторегулятора *Reglalg* *Мікробіологічний журнал*. 2008. Т. 70, № 1. С. 17-25.

43. Джура Н.М., Дідур І.М., Сологуб О.М. Роль зернобобових культур у кругообігу азоту в агрофітоценозах Лісостепу України. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2010. Вип. 18. С. 77-81.

44. Корнійчук М.С., Поліщук С.В., Жмурко Л.Г. Вплив регуляторів росту на розвиток бактеріальних хвороб сої. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2008. № 7. С. 138-147.

45. Шевчук М.Й., Дідковська Т.П. Ефективність застосування бактеріальних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2007. Вип. 5. С. 129-135.

46. Курдиш І.К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. *Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2009. Вип. 9. С. 7-32.

47. Надкернична О.В. Азотфіксуючі мікробно-рослинні симбіози *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2005. Вип. 1-2. С. 105-127.

48. Кур'ята В.Г., Голунова Л.А., Береговенко С.К. Ефективність симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за дії клубутразолу. *Фізіологія і біохімія культурних рослин: науково-теоретичний журнал*, 2010. №3, Т. 42. С. 218-224.

49. Коць С.Я., Патика В.П. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Т 1*. НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. К.: Логос, 2009. С. 344-386.

50. Крутило Д.В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотичний способи життя. *Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. Вип. 7. С. 147-161.

51. Коць С.Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2011. Т. 43, № 3. С. 212-225.
52. Коць С.Я., Михалків Л.М. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцерни. К.: Логос, 2005. 300 с.
53. Коць С.Я., Маліченко С.М., Кругова О.Д. Фізіолого–біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. К.: Логос, 2001. 271 с.
54. Кошевський І.І., Житкевич Н.В., Митько В.С. Епіфітна мікрофлора сої в умовах Лісостепу України. *Науковий вісник Ужгородський національний університет*. 2001. № 9. С. 114-115.
55. Квасніцька Л.С., Єрмолаєв М.М. Баланс азоту в короткоротаційних сівозмінах з бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 9. С. 11-14.
56. Крикунов В.Г. Ґрунти і їх родючість: Підручник. К.: Вища шк., 1993. 287 с.
57. Демидась Г.І., Голубєв К.В. Мікробні препарати та біостимулятори росту в польовому кормо виробництві. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2010. Вип. 4. С. 170-174.
58. Коць С.Я., Маліченко С.М., Маменко П.М., Дрозденко Г.М. Перспективність використання TN5 – мутантів ризобій при виготовленні бактеріальних добрив. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. Вип. 8. С. 32-39.
59. Крутило Д.В. Вивчення мікрофлори насіння сої як одного з ймовірних факторів розповсюдження *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. Вип. 6. С. 84-91.
60. Крутило Д.В., Ковалевська Т.М., Надкернична О.В., Горбань В.П. Ефективність спільної інокуляції сої *Bradyrhizobium japonicum* штам 2490 та *Enterobacter aerogenes* штам 30 Ф. *Вісник Одеського національного університету*. 2001. Т. 6, Вип. 4. С. 149-152.
61. Крутило Д.В., Ковалевська Т.М. Особливості поширення бульбочкових бактерій сої в різних регіонах України. *Агроекологічний*

журнал. 2003. № 3. С. 59-63.

62. Кур'ята В.Г., Голунова Л.А., Береговенко С.К. Ефективність симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за дії паклобутразолу. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. Т. 42, № 3. С. 218-224.

63. Бабич А.О., Бабич А.А. Селекція і зональне розміщення сої в Україні. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2010. Вип.15 (55). С. 25-32.

64. Маліченко С.М., Даценко В.К., Маненко П.М. Ефективність різних способів інокуляції сої бульбочковими бактеріями. *Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2009. Вип. 10. С. 20-28.

65. Стамбульська У.Я., Лушак В.І. Вплив місцевих штамів RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM BV. VICIAE на рослини гороху посівного. *Сільськогосподарська мікробіологія : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. Вип. 7. С. 131-137.

66. Маліченко С.М., Даценко В.К., Маменко П.М., Коць С.Я. Участь лектинів специфічних і неспецифічних до бульбочкових бактерій бобових рослин у формуванні і функціонуванні азотфіксувального комплексу. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. Серія Біологія*. 2002. № 3 (18). С. 49-57.

67. Маменко П.М., Маліченко С.М., Даценко В.К., Коць С.Я. Симбіотичні властивості і продуктивність сої залежно від концентрації її лектину в інокуляційній суспензії. *Там само*. 2003. 35, № 3. С. 215-221.

68. Марков І. Потенційні небезпеки сої: *Агрономія сьогодні*. 2014. 285, № 14. URL: agro-business.com.ua.

69. Іутинська Г.О., Патица В.П. Сучасний стан і перспективи розвитку ґрунтової мікробіології в Україні. *Бюлетень Інституту сільськогосподарської мікробіології*. 2000. № 6. С. 7-14.

70. Каменєва І.О., Дідович С.В., Мельничук Т.М. Мікробіологічні препарати – ключ до біологізації технологій вирощування зернових і

бобових культур. Проблеми виробництва зерна в Україні: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, (м. Київ 30 трав. 2002 р.). УААН, Інститут зернового господарства. Дніпропетровськ, 2002. С. 77–78.

71. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 205 с.

72. Мельник В.М., Кірзій Д.А., Коць С.Я. Фотосинтетичні параметри та азотфіксувальна активність у різних за ефективністю симбіотичних системах соя – *Bradyrhizobium japonicum*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*. 2014. Вип. 3 (60). С. 272-277.

73. Шевчук О.А. Вплив паклобутразолу на активність гіберелінів, вміст різних форм абсцизової кислоти та накопичення азоту в органах рослин цукрового буряка. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія Біологія*. 2008. № 2 (36). С. 37–42.

74. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури): за ред. В. В. Волкодава. К., 2001. 69 с.

75. Мазур О.В., Мазур О.В. Пластичність і стабільність зернобобових культур за господарсько-цінними ознаками та селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. №15. С. 111-136.

76. Мазур О.В. Пластичність і стабільність сої за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №19. С.243-250.

77. Мазур О.В. Полторецький С.П. Оцінка сортозразків сої за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. №20. С. 170-178.

78. Калетнік Г.М., Браніцький Ю.Ю., Гунько І.В., Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів сої за вмістом та виходом олії для виробництва біодизеля. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 11. С.5-14.

79. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. За ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука, 2011. 156 с.

80. Миколаєвський В.П., Сергієнко В.Г., Титова Л.В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2016. № 3. С. 57-68.

81. Мазур О.В. Перспективи виробництва сої в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. Вип. 1 (57). С.57-61.

82. Мазур О.В., Шерепітко В.В. Генотипні відмінності сортів рослин сої за мінливістю кількісних ознак в умовах дослідного посіву ВНАУ. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. Вип. 9 (49). С.159-166.

83. Мазур О.В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерною продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного: монографія, Вінниця: ВНАУ, 2019. 345 с.

84. Мазур О.В. Вивчення зв'язку тривалості вегетаційного періоду з врожайністю сортів рослин сої. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. Вип. 10 (50). С.159-166.

85. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2005. Вип. 1–2. С. 6-29.

86. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати в землеробстві: теорія і практика К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.

87. Патица В.П., Тихонович І.А., Філіп'єв І.Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К.: Урожай. 1993. 176 с.

88. Мірзоева Т.В., Собчук І.А. Розвиток рослинництва у Вінницькій області (на прикладі виробничої діяльності ТОВ – Поділля Агроінвест). *«Молодий вчений»* 2016 р. № 6 (33) червень, С. 65-69.

89. Моргун В.В., Коць С.Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень. *Фізіологія і біохімія рослин*. 2008. Т. 40, № 3. С. 187-205.

90. Московець С.М., Краєв В.Г., Порембська Н.Б. Віруси і вірусні хвороби бобових культур на Україні. К.: Наук. думка, 1971. 150 с.

91. Петренкова В.П., Черняєва І.М., Маркова Т.Ю. Насіннева інфекція польових культур. Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Харків, 2004. 56 с.

92. Ушкаренко В.О., Андрусенко І.І., Пилипенко Ю.В. Екологізація землеробства і природокористування в Степу України. *Таврійський науковий вісник: збірник наукових праць*. 2005. Вип. 38. С. 168–175.

93. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. 724 с.

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

95. Собко М.Г., Самойлов М.І., Угніч Т.М. Технології вирощування сільськогосподарських культур на насіння. Суми: Сад, 2005. 20 с.

96. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. редкол.: М. В. Зубець (голова) та ін. Київ: Логос, 2004. 776 с.

97. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В.О. Єщенка. Умань: Дія, 2005. 288 с.

98. Телекало Н.В., Блах М.В. Біологічний азот, як запорука екологічної безпеки ґрунтів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 155-164.

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

100. Патица В.П., Крутило Д.В., Ковалевська Т.М. Вплив аборигенних популяцій бульбочкових бактерій сої на симбіотичну активність інтродукованого штаму *Bradyrhizobium japonicum*. *Мікробіологічний журнал*. 2004. № 66. (3). С. 14-21.

101. Патица В.П., Омеянець Т.Г., Гриник І.В., Петриченко В.Ф. Екологія мікроорганізмів. За ред. В.П. Патики. К.: Основа, 2007. 192 с.

102. Мазур О.В., Мазур О.В., Мазур В.А., Шерепітко В.В. Селекційний матеріал для створення гібридів кукурудзи та сортів сої придатних до механізованого збирання: монографія, Вінниця: ВНАУ, 2013. 206 с.

103. Калетнік Г.М., Мазур В.А., Браніцький Ю.Ю., Мазур О.В. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграс) для умов Лісостепу правобережного: монографія, Вінниця: ВНАУ, 2020. 208 с.

104. Мазур В.А., Дідур І.М., Мазур О.В., Мазур О.В. Особливості прояву господарсько-біологічних ознак квасолі звичайної (*Phaseolus Vulgaris* L.) в умовах Лісостепу Правобережного: монографія, Вінниця: ТОВ "Друк", 2021. 256 с.

105. Мазур В.А., Дідур І.М., Мостовенко В.В., Мазур О.В. Науково-теоретичне обґрунтування технологічних прийомів вирощування гороху овочевого в умовах Лісостепу правобережного: монографія, Вінниця: ТОВ "Друк", 2022. 224 с.

106. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Пасічник Л.А., Буценко Л.М., Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т., Патица В.П. Бактеріальні хвороби сільськогосподарських рослин і пестициди. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 4 (13). С.21-26.

107. Петриченко В.Ф., Тихонович І.Л., Коць С.Я., Патица М.В. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем. *Вісник аграрної науки*. 2012. №8. С. 5- 11.

108. Аралов О.В. Особливості формування листкової поверхні та її вплив на продуктивність сухої речовини у сортів вики ярої в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 87–91.

109. Алексеви́ч М., Ваник М., Конончук А., Конончук О. Оптимізація фізіолого-біохімічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації: Матеріали ІХ Всеукраїнської наукової конференції, 18-22 листопада 2013 р. Тернопіль. 2013. С. 224–227.

110. Адаменко С.М., Костюшко І.П. Підживлення сої та соняшника. *Агроном*. 2015. № 2. С. 58–61.

111. Бабич А.О., Венедиктов О.М. Моделі технології вирощування сої, її економічна ефективність та конкурентоспроможність. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 56. С. 22-29.

112. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 1996. №2. С. 34-39.

113. Авраменко С., Манько К., Шелякін В., Бобров О. Удобрення сої: нові підходи. *Пропозиція*. 2016. № 4. С. 66–68.

114. Бабич А.О., Побережна А.О. Розміщення, виробництво і використання однорічних зернових бобових культур для збільшення продовольчих і кормових ресурсів. Перша Всеукраїнська конференція. Вінниця. 1994. С. 165- 166.

115. Поліщук С.В. Особливості прояву бактеріальних хвороб на посівах сої. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 108-115.

116. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Максимов А.М. Використання біопрепаратів – перспективний напрямок вдосконалення технологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 5–17.

117. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Паламарчук В.Д. Мікробіологічні основи агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 32–43.

118. Мазур О.В., Мазур О.В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1 (12). С. 69–86.

119. Мазур О.В. Оцінка сортозразків сої за комплексом цінних господарських ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1 (12). С. 98-115.

120. Мазур О.В. Ідентифікація ознак зернобобових рослин за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 119-133.
121. Білявська Л.Г., Білявський В.Г., Мазур О.В., Мазур О.В. Адаптивність та селекційна цінність сортів сої за вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 96-107.
122. Мазур О.В., Мазур О.В. Генетична детермінація елементів структури врожаю сої та комбінаційна здатність компонентів гібридизації. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 3 (26). С. 27-51.
123. Базикіна С.В., Бакланова О.В., Бахмут О.О. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2014 році. За ред. О. П. Токара, О. М. Орлової. К.: Науково - виробниче видавництво Голодержзах. Мінагрополітики. 2014. 285 с.
124. Забарна Т.А. Вплив позакоренових підживлень на показники симбіотичної діяльності сої. *Polish journal of science*. 2020. №25. Vol. 1. P.6-11.
125. Камінський В.Ф., Вишнівський П.С., Дворецька С.П. Значення зернобобових культур та напрями їх виробництва. *Селекція та насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 14-22.
126. Коліусь Є.М. Вплив мінеральних добрив, інокуляції і стимуляторів росту на формування насінневої продуктивності гороху в умовах східного Степу України. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2002. Вип. 13. С. 15-17.
127. Ушкаренко В.О., Лазер П.Н., Остапенко А.І. Методика оцінки біоенергетичної ефективності технологій виробництва сільськогосподарських культур: Методичні вказівки. Херсон, 1997. 21 с.
128. Симочко Л.Ю., Кормош С.М., Патика В.П. Роль *Capsicum annuum* L. у формуванні мікробної спільноти дерново-підзолистих ґрунтів Закарпаття. *Вісник Харківського Національного аграрного університету. Серія біологія*. 2011. Вип. 2 (23). С. 95-104.

129. Січкара В.І. Селекційна цінність колекційних зразків при створенні високопродуктивних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 83-92.

130. Січкара В.І., Лаврова Г.Д., Ганжело О.І. Урожайність та якість насіння широкоадаптивних сортів сої. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення*. 2014. Вип. 23. С. 72-87.

131. Сторчоус І. Поразка бур'янів на соєвому полі. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 12. С. 42-47.

132. Телекало Н.В. Формування симбіотичної та зернової продуктивності гороху посівного в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2014. Вип. 89. С. 72-79.

133. Телекало Н.В. Вплив екологічних факторів на ріст та розвиток інтенсивних сортів гороху посівного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 241-247.

134. Петриченко В.Ф., Панасюк Я.Я., Заболотний Г.М. Сучасні системи землеробства України. Вінниця: Діло, 2006. 212 с.

135. Мазур О.В., Колісник О.М., Телекало Н.В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. 7. (Т2). С. 33-39.

136. Шевчук В.В., Дідур І.М. Дія регуляторів росту рослин на морфогенез проростків і лабораторну схожість насіння гороху озимого сорту НС Мороз. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 2. С. 48-53.

137. Телекало Н.В. Ефективність використання бактеріальних препаратів при вирощуванні гороху посівного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 14. С. 127-140.

138. Дідур І.М., Шевчук В.В., Мостовенко В.В. Особливості проростання насіння та початкові етапи росту гороху озимого за дії мікробного і

стимулювального препаратів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №. 17. С. 15-29.

139. Телекало Н.В. Агроекологічні прийоми вирощування (*Pisum sativum*) в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. №. 9. С. 79-88.

140. Шкатула Ю.М., Паламарчук А.В. Продуктивність гороху в залежності від агротехнічних та хімічних заходів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 215-223.

141. Дідур І.М., Мостовенко В.В. Вплив технологічних прийомів вирощування та формування елементів структури врожаю гороху овочевого в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 21-29.

142. Іщенко В.А. Продуктивність сортів гороху в господарствах Кіровоградської області. *Сучасні інтенсивні технології в рослинництві в умовах Північного степу України*: матеріали конференції присвяченої 10-й річниці заснування кафедри загального землеробства КНТУ. Кіровоград. 2007. С. 83-88.

143. Мазур В.А., Горщар В.І., Конопльов О.В. Екологічні проблеми землеробства. К.: Центр наукової літератури. 2010. С. 34-45.

144. Кірілеско О.Л., Мовчан К.І. Формування врожайності зернобобових культур в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*, 2016. Вип. 82. С. 127-132.

145. Камінський В.Ф., Вишнівський П.С., Дворецька С.П., Голодна А.В. Значення зернових бобових культур та напрямки інтенсифікації їх виробництва. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 14-22.

146. Гвоздяк Р.І., Пасічник Л.А., Яковлева Л.М., Мороз С.М., Литвинчук О.О., Житкевич Н.В. Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: монографія; За ред. В. П. Патики К.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2011. 444 с.

147. Камінський В.Ф. Значення сорту в сучасних технологіях вирощування зернобобових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 84-94.

148. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Гресь С.А. Значення погодно-кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 38-48.

149. Камінський В.Ф. Вплив факторів інтенсифікації на якість зернобобових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2006. № 4. С. 143-149.

150. Дідур І.М., Мостовенко В.В. Вплив технологічних прийомів вирощування та формування елементів структури врожаю гороху овочевого в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 21-29.

151. Харіна А.В., Скрипов В.Г., Будзанівська І.Г. та ін. Вплив ризобактерій на розвиток інфекції, викликаной вірусом зеленої крапчастої мозаїки огірка на рослинах *Cucumis sativus*. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. тематичний науковий збірник*, 2007. Вип. 5. С. 179-186.

152. Петриченко В.Ф., Патица В.П., Пасічник Л.А., Житкевич Н.В., Гуляєва Г.Б. та ін. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: монографія. Вінниця: «Віндрук», 2016. 106 с.

153. Каленська С.М., Новицька Н.В., Барзо І.Т. Вплив нітрагінізації та мінеральних добрив на формування врожаю та якість зерна сортів нуту. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. Вип. 183 (2). С. 11-16.

154. Алексеєв О.О. Азотфіксація як вагомий чинник підвищення продуктивності сої. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації». 2015. С. 325-327.

155. Каленська С.М., Лопатько К.Г., Новицька Н.В., Андрієць Д.В. Ефективність застосування біогенних металів та біоактивних препаратів при вирощуванні сої. *Наукові доповіді Наукового вісника НУБіП*. 2011. № 5 (27). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_5/11ksm.pdf.

156. Шадчина Т.М., Гуляєв Б.І., Кірізій Д.А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 348 с.

157. Шендрик К.М. Ефективність біологічних та хімічних засобів захисту сої від кореневих гнилей. *Захист і карантин рослин: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. Вип. 54. С. 494-497.

158. Шерепітко Д.В. Молекулярно–генетичні та біологічні властивості вірусів (soybean mosaic potyvirus, alfalfa mosaic alfamovirus), ідентифікованих на сої в умовах Правобережного Лісостепу України: дис. на здобуття ступеня докт. біол. наук: 03.00.06. Шерепітко Дмитро Валентинович. Київ, 2012. 145 с.

159. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2021. 523 с.

160. Білявська Л.Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. 2008. № 61. С. 10-16.

161. Білявська Л.Г., Рибальченко А.М. Мінливість тривалості вегетаційного періоду у колекційних зразків сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 85-92.

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

163. Михайлов В.Г. Селекція сої в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 33.

164. Бабич А. Нові сорти сої і перспективи виробництва їх в Україні. *Пропозиція*. 2007. № 4. С. 46-49.

165. Коротич П. Надрання соя й новий погляд на сівозміни. *Пропозиція*. 2006. № 1. С. 72-75.

166. Січкач В.І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої – потреба сьогодення. *Посібник українського хлібороба*. 2013. С. 146-147.

167. Іванюк С.В. Сучасна селекція сої. *Агрономія сьогодні*. 2014. № 17 (288). С. 14-21.

168. Бабич А.О. Сучасний стан та перспективи використання сої на харчові і кормові цілі. Матеріали 3-ї Всеукраїн. конф., Ін-т кормів УААН «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі», (Вінниця, 3 серп. 2000 р.). Інститут кормів УААН. Вінниця, 2000. С. 3-6.

169. Шелепов В.В. Сорт і його значення в підвищенні врожайності. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. Київ : Алефа, 2006. 140 с.

170. Шелепов В.В. Нові сорти пшениці та їх роль в підвищенні врожаю. Актуальні проблеми сучасного землеробства : міжнародна науково-практична конференція. Луганськ, 2003. С. 575-580.

171. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І. Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин.: Вища освіта, 2006. 463 с.

172. Михайлов В.Г. Історія селекції сої в Україні. URL: <http://www.soya.biz.ua/selection>.

173. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Колісник С.І. Сортові ресурси сої для основних ґрунтово-кліматичних зон України. *Посібник українського хлібороба*. 2013. С. 143-144.

174. Бабич А.О., Колісник С.І., Кобак С.Я. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 113-121.

175. Чуонг Еанг. Урожайність сортів сої в залежності від площі живлення, добрив і регуляторів росту в Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво»; Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Х., 2001. 15 с.

176. Таран П.Ф., Щербаков В.М. Вирощування сої на кормові цілі в умовах Лісостепу УРСР. Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин : тези наук.-виробн. конф. Київ: Урожай, 1970. С. 74-76.

177. Засуха Т.В., Кудлай І.М., Осипчук А.М. Інтегрований захист посівів сої від бур'янів. *Аграрні вісті*. 2004. № 1. С. 8-9.

178. Кудлай І.М., Осипчук А.М., Осипчук О.С. Передпосівна обробка сої мікроелементами – передумова високого врожаю. *Аграрні вісті*. 2008. № 1. С. 22-23.

179. Кудлай І.М., Осипчук А.М., Осипчук О.С. Підвищення продуктивності і якості сої. *Тваринництво України*. 2007. № 2. С. 90-91.

180. Кудлай І.М., Осипчук А.М., Осипчук О.С. Шляхи підвищення урожайності сої. *Аграрні вісті*. 2009. № 3–4. С. 26-28.

181. Ремесло В.М., Сайко В. Ф. Сортова агротехніка пшениці. Київ : Урожай, 1975. С. 46-47.

182. Дем'яненко В.В. Ключові елементи сучасної технології вирощування сої. *Агроскоп*. 2014. № 1. С. 13-19.

183. Тимошенко О.О. Порівняльна оцінка сортів сої. Розробка та впровадження енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур : матеріали наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів, 25–27 листоп. 2009 р., Чабани. ННЦ «Інститут землеробства» НААН України. Київ : ЕКМО, 2009. С. 97-98.

184. Патика В.П., Тихонович Г.А., Філіп'єв Г.Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. Київ : Урожай, 1999. 176 с.

185. Олєпир Р.В. Продуктивність сої за різних агротехнічних методів боротьби з бур'янами в умовах лівобережного Лісостепу України. Вісник Степу. Вип. 7. Матеріали 6. Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку», (Кіровоград, 25–26 берез. 2010 р.): наук. зб. Кіровоград. ін-т агропромисл. вир-ва УААН. Кіровоград : КОД, 2010. 315 с.

186. Бабич А.О., Дробітько А.В. Продуктивність сої різних груп стиглості в умовах південно-західного степу України. *Корми і кормовиробництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2001. Вип. 47. С.24-27.

187. Михайлов В.Г., Шербина О.З., Романюк Л.С. Реакція сортів сої і селекційних номерів сої на зміну умов вирощування. *Корми і кормовиробництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2001. Вип. 47. С. 27-29.

188. Бабич А.О. Високоврожайні сорти сої. *Аграрний тиждень. Україна*. 2013. № 10/11. С. 31.

189. Петриченко В.Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 3-10.

190. Бабич А.О. Високоврожайні сорти сої. *Аграрний тиждень. Україна*. 2013. № 10/11. С. 31.

191. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В. Зерновиробництво. Львів : Українські технології, 2008. 623 с.

192. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво: сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : навч. посіб. Л.: Українські технології, 2006. 730 с.

193. Панасюк Р. Вплив способів сівби на урожайність і якість зерна сої в умовах достатнього зволоження. *Вісник Львівського НАУ*. 2009. № 13. С. 348-352.

194. Глупак З.І. Урожайність і якість сої сортів ранньостиглої групи в умовах північно-східної частини Лісостепу України. *Агрономія і біологія*. 2013. № 11 (26). С. 100-102.

195. Павленко Г.В. Вплив елементів технології вирощування на формування структури та урожайності сої в умовах північної частини Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 4. URL : <http://nbuv.gov.ua>.

196. Блащук М.І. Продуктивність сортів сої залежно від технологічних

прийомів вирощування в умовах правобережного лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Вінниця, 2010. 29 с.

197. Камінський В.Ф., Мосьондз Н.П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 67. С. 45-50.

198. Дерев'янський В.П., Власюк О.С. Продуктивність сої залежно від застосування вапнякових добрив, мікробних препаратів, макро- і мікроелементів. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2009. Вип. 10. С. 104-115.

199. Григор'єва О.М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах північного степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України*, 2014. Вип. 21. С. 115-121.

200. Дем'яненко В.В. Ключові елементи сучасної технології вирощування сої. *Агроскоп*. 2014. № 1. С. 13-19.

201. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої : монографія. Кам'янець-Подільський : Зволейко Д. Г. 2012. 436 с.

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

203. Чинчик О.С. Оптимізація сортової агротехніки вирощування сої за рахунок способу сівби та удобрення в умовах західного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2008. 18 с.

204. Шевніков М.Я. Агроекологічні основи застосування біологічних, фізичних та хімічних засобів у технологіях вирощування сої в лісостепу України : автореф. дис. ... док. с.-г. наук: 06.01.09. Харків, 2010. 40 с.

205. Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю. Кам'янець-Подільський : ПП Мошак М. І., 2009. 208 с.

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

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

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

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

210. Білявська Л.Г., Рибальченко А.М. Мінливість тривалості вегетаційного періоду у колекційних зразків сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 85-92.

211. Крайняк О.К. Економічний та біоенергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. *Інноваційна економіка. Економічна діагностика підприємства*. 2008. № 3. С. 109-113.

212. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С.12-26.

213. Бабич А.О., Бахмат М.І., Бахмат О.М. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.

214. Григорчук Н.Ф., Якубенко О.В. Вихідний матеріал сої для створення ранньостиглих сортів. *Корми і кормовиробництво*. 2012. № 73. С. 72-77.

215. Попов С.І., Матушкін В.О., Божко М.Ф. та ін. Сорти сої Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва та технологія вирощування. Харків : Магда ЛТД, 2002. 20 с.

216. Кириченко В.В. Соя : монографія. Харків, 2016. 400 с.

217. Бабич А., Бабич-Побережна А. Сосвий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 52-54.

218. Бахмат М.І., Бахмат О.М., Трач І.В. Сортова продуктивність сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 146-150.

219. Петриченко В.Ф., Сич А.О., Іванюк С.В., Колісник С.І. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 19-23.

220. Петриченко В.Ф., Сологуб О.М. Агроекологічна оцінка сортів сої в умовах північного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2002. Вип. 11. С. 3-7.

221. Петриченко В.Ф., Іванюк С.В. Вплив сортових і гідротермічних ресурсів на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2000. Вип. 3-4. С. 19-24.

222. Міленко О.Г. Зміна тривалості періоду вегетації та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1-2. С. 165-171.

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

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

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

226. Мельник А.В., Романько Ю.О. Урожайність насіння сої залежно від технології вирощування в умовах лівобережного лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Вип. 2 (31). 2016. С. 131-135.

227. Гамаюнова В.В., Загальні засади підвищення стійкості та адаптації землеробської галузі до змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : збірник тез доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 10-12 квіт. 2019 р.). Київ-Миколаїв-Херсон: ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 156-160.

228. Цехмейструк М.Г., Шеляків В.О., Шевніков М.Я., Литвиненко О.С. Вплив строків сівби на урожайність сортів сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 35-41.

229. Шовкова О.В. Особливості вирощування сої за умов зміни клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 10-12 квіт. 2019 р.). Київ- Миколаїв-Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 92-93.

230. Білявська Л.Г. Сучасні напрями та завдання в селекції сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 2. С. 38-40.

231. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А., Лазер П.Н., Вергунова І.Н. Агробіологічні особливості вирощування сої в Україні. Київ : Аграрна наука, 2006. 456 с.

232. Бабич А.О., Венедіктов О.М. Моделі технологій вирощування сої, її економічна ефективність та конкурентоспроможність. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 56. С. 22-29.

233. Баранов А.І., Ступіцька О.С. Особливості формування врожайності сої в умовах Полісся України. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2014. Вип. 7. С. 118-121.

234. Іванюк С.В., Вільгота М.В., Жаркова О.Ю. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивності сої в Умовах лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 21-28.

235. Адамень Ф.Ф., Турін Є.М. Взаємодія сортів сої зі штамми бульбочкових бактерій. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2005.

№ 23-24. С. 103-106.

236. Бабич А.О., Кулик М.Ф., Макаренко П.С. Методика проведення досліджень у кормовиробництві та годівлі тварин. Київ : Аграрна наука, 1998. 80 с.

237. Бабич А.О., Колісник С.І., Кобак С.Я., Венедіктов О.М., Сереветник О.В., Лохова В.І. Вплив способу передпосівної обробки насіння на урожайність сортів сої різних груп стиглості. *Корми і кормовиробництво*, 2011. Вип. 68. С. 48-52.

238. Білявський Ю.В. Вплив еколого-економічних чинників на динаміку виробництва насіння сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*, 2008. Вип. 63. С. 21-26.

239. Лотиш І.І. Формування площі листкової поверхні посівів сої залежно від сорту, способу сівби та норми висіву в умовах недостатнього зволоження Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2017. № 1-2. С. 167-171.

240. Огурцов Є.М., Міхеєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України : монографія. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.

241. 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*. 2003. Вип. 3 (23). Т. 1. С. 194-200.

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

243. Бикін А.В., Генгало Н.О. Ефективність застосування добрив і гумату калію за вирощування сої на чорноземі типовому малогумусному. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 162. С. 137-144.

244. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.

245. Коць С.Я. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом: монографія. Київ: Логос, 2001. 271 с.

246. Бабич А.О., Новохацький М.Л. Взаємозв'язок елементів структури продуктивності сої залежно від попередника, сорту та норми висіву насіння. *Корми і кормо виробництво*. 2002. Вип. 48. С. 112-115.

247. Камінський В.Ф., Пиндус В.В. Ефективність бактеризації насіння у технології вирощування сої за органічної системи землеробства. *Корми і кормо виробництво*. 2013. Вип. 77. С. 153-158.

248. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-suchasnoyi-sistemi-udobrennya-soyi> (дата звернення 10.10.2020).

249. 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 кормо виробництво*. 2004. № 53. С. 83-88.

250. Петриченко В.Ф. Особливості технології вирощування сої на зерно в умовах центрального Лісостепу України. *Корми і кормо виробництво*. 1992. Вип. 33. С. 13-15.

251. Порядинський В., Ляшенко В. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва* : матеріали ІІІ наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 21-22 квіт. 2015 р.). Полтава, 2015. С. 104-106.

252. Бабич А.О., Колісник С.І. та ін. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні. *Пропозиція*. 2002. № 5. С. 38-40.

253. Іутинська Г.О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*, 2006. № 3. С. 7-18.

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

255. Бабич А.О. Проблема білка: сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої. *Корми і кормо виробництво*. 1992. № 33. С. 3-13.

256. Бикін А.В., Генгало Н.О. Ефективність застосування добрив і гумату калію за вирощування сої на чорноземі типовому малогумусному. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 162. С. 137-144.

257. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Гресь С.А. Значення погодно-кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2004. № 53. С. 38-48.

258. Токмакова Л.М., Волкогон В.В., Надкернична О.В. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.

259. Бахмат О.М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*, 2010. № 7. С. 27-30.

260. Петриченко В.Ф. Наукові основи сталого сусітства в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 3-10.

261. Вишнівський П.С., Фурман О.В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах правобережного Лісостепу України. *Plant and soil science*. Київ, 2020. Vol. 11. № 1. С. 13-22.

262. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств : підруч. Київ : КНЕУ. 2004. 624 с.

263. Петриченко В.Ф., Гресь С.А. Обґрунтування впливу гідротермічних ресурсів на потенціал продуктивності сортів сої в Лісостепу України. *ЗНП : Вчені аграрники сільськогосподарському виробництву*. 1994. С. 198-202.

264. Андрієць Д.В. Управління продуктивністю сої за інтенсифікації технології вирощування у правобережному Лісостепу України: автореф. дис.

...канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2013. 23 с.

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

266. 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.

267. Петриченко В.Ф., Коць С.Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 57-66.

268. Циганська О.І. Вплив мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 1 (8). С. 82-90.

269. Забарна Т.А. Динаміка густоти стояння та виживаність сої, залежно від позакорневих підживлень в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3 (14). С. 88-95.

270. Золотар Ю.В. Біологізація технологій вирощування сої. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2002. Вип. 2. С. 60-63.

271. Василенко М.Г., Душко П.М. Окупність виробничих витрат у технології вирощування сої за різних систем удобрення. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 49-53.

272. Волкогон В.В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна наука, 2007. 144 с.

273. Волкогон В. В., Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН*. 2010. № 39. С. 89-93.

274. Шепілова Т.П. Вплив способів сівби і норм висіву насіння на чисту продуктивність фотосинтезу сої. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2010. № 15. С. 135-138.

275. Пилипенко А.В., Тимченко В.Н., Пісковий М.Б. Рекомендації з технологічного процесу виробництва сої середньостиглих сортів науково-дослідного інституту сої. Глобине : Науково- дослідний інститут сої, 2014. 26 с.

276. Рекомендації по ефективному застосуванню біопрепаратів азот фіксуючих і фосформобілізуєчих бактерій в сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Київ : МінАПУ, НААН, 1997. 19 с.

277. Стрихар А.Є. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2007. № 116. С. 118-123.

278. Дзюбайло А.Г., Мигаль І.Б. Формування продуктивності сортів сої залежно від норм висіву насіння, удобрення та інокулювання. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 129-132.

279. Собко З.З., Вознюк Н.М. Залежність врожайності сільськогосподарських культур від кліматичних та агрометеорологічних чинників (на прикладі Рівненської області). *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 2018. № 3 (73). URL: [http:// journals. nubip. edu. ua / index. php / Dopovidi / article / view / dopovidi 2018.03.016/9498](http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.03.016/9498) (дата звернення 10.10.2020).

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

281. Павленко Г.В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 68-69.

282. Чинчик О.С. Особливості проходження процесів росту та розвитку в агроценозах сої залежно від сорту та удобрення в умовах західного Лісостепу. *2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України* : матеріали міжнародної наукової конференції (м. Вінниця, 11-12 серп. 2016 р.). Вінниця : Діло, 2016. С. 53-54.

283. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами. *Агроном*. 2013. № 1. С. 152-153.
284. Петриченко В.Ф., Дробітько О.М. Удосконалення моделі технології вирощування сої на насіння в умовах південно-західного Степу України. *Корми і кормовиробництво*. 2009. № 64. С. 3-10.
285. Шарубін І.О., Нагорний В.І. Перспективи і напрями збільшення виробництва сої в північно-східному Лісостепу України. *Насінництво*. 2012. № 1. С. 8-10.
286. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В., Мартинов О.М. Вміст хлорофілу у листках рослин та урожайність сої за внесення хелатних мікродобрих. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 105. С. 34-39.
287. Дерев'янський В. П. Продуктивність сої залежно від застосування мікробіологічних препаратів та гербіцидів. *Карантин і захист рослин*. 2012. № 4. С. 16-18.
288. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К., 2004. Вип. 3. 78 с.
289. Шовкова О.В. Формування симбіотичного апарату та урожайності сої залежно від строків сівби й різних способів застосування мікродобрих *Агробіологія*. 2015. № 2. С. 86-89.
290. Заболотний Г.М., Циганська О.І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. № 58 (2). С. 56-62.
291. 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.
292. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стрихар А.Є. Мінеральне живлення сої. *Насінництво*. 2009. № 8. С. 23-25.
293. Гадзовський Г.Л., Новицька Н. В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення. *Миرونівський вісник*. 2018. С. 113.

294. Новицька Н.В., Джемесюк О.В. Вплив підживлення на вміст пігментів у рослинах та врожайність сої. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2015. Вип. 3 (29). С. 182–186.

295. Худяков О.І. Вплив позакореневого підживлення рідким добривом на якість сої. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 9. С. 49-50.

296. Бабич А.О., Немцов А.В., Петриченко В.Ф. Наукові основи сучасних технологій вирощування сої на насіння в умовах Лісостепу. *Збірник наук. праць Вінницького ДАУ*. 2010. Вип. 7. С.10-13.

297. Колісник С. І., Іванюк С. В., Петриченко Н. М. Вирощування сої на насіння. *Насінництво*. 2005. № 12. С. 15-16.

298. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля = Soybeans for Health and Life on Earth : монографія. Київ: Аграрна наука, 1998. 271 с.

299. Дерев'янський В.П., Власюк О.С., Зеленський В.А. Вплив мікробіологічних препаратів та мінеральних добрив на стійкість до захворювань і продуктивність сортів сої. *Хімія. Агронія. Сервіс*. 2011. № 4. С. 30-35.

300. Жердецький І.М. Мікроелементи в житті рослин. *Агроном*. 2009. № 4. С. 28-30.

301. Заболотний Г.М., Циганська О.І., Циганський В.І. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня удобрення та застосування комплексу мікроелементів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75), URL: <file:///C:/Users/Natasha/AppData/Local/Temp/11659-25425-1-SM-1.pdf> doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.008

302. Бахмат О.М., Чинчик О.С. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої в умовах західного регіону України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 66. С. 103-108.

303. Джемесюк О.В., Новицька Н.В. Вплив підживлення на виживання та врожайність сої. *Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи:*

збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції, 25-26 квітня 2016 р., м. Кам'янець-Подільський. С. 285-287.

304. Шепілова Т.П., Курцев В.О. Вплив мікродобрив на продуктивність рослин сої. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 66. С. 115-119.

305. Зінченко О.І, Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. К.: Аграрна освіта, 2001. 118 с.

306. Кур'янінова М. Особливості листкових підживлень сої. *Farmer*. 2010. № 3. С. 14-15.

307. Темрієнко О.О. Вплив бактеризації та позакореневих підживлень на формування урожайності насіння сої в умовах Лісостепу правобережного. *Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 7-8 червня 2018 р. Житомир: Рута, 2018. С. 160-164.

308. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В. Урожайність та посівні якості насіння сої залежно від підживлення. *Вплив змін клімату на онтогенез рослин*: матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 3–5 жовтня 2018 р.). Миколаїв. С. 101-103.

309. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В., Мартинов О.М. Урожай і якість зерна сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 44-49.

310. Сереветник О.В. Вплив строків проведення позакореневого підживлення на урожайність сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. 141-146.

311. Ситар О.В., Новицька Н.В. Віст біологічно активних речовин фенольної природи у насінні сої (*Glycine max* (L.) Merr.) за дії неіонних колоїдних розчинів наночасток металів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 61-67.

312. Черенков А.В., Пащенко О.І., Ільєнко О.В. Водоспоживання рослин сої залежно від способів основного обробітку ґрунту та рівня мінерального живлення в північній частині Степу України. *Бюлетень інституту зернового*

господарства. 2008. № 33/34. С. 264-267.

313. Нагорний В.І. Вплив строків і способів сівби на урожайність сортів сої. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 91-95.

314. Панасюк О.Я. Продуктивність сої в беззмінних посівах на різних фонах живлення і захисту рослин в Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2011. Вип. 7 (47). С. 26-28.

315. Корчагіна І. Фази розвитку сої. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 1. С. 16-18.

316. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навчальний посібник. К.: Центр навч. літ., 2004. 808 с.

317. Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. Технологія виробництва продукції рослинництва: навчальний посібник. К.: Аграрна освіта, 2010. 405 с.

318. Мартинюк О.М. Соя в Західному Лісостепу. Продуктивність культури залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування. *Насінництво*. 2007. № 10. С.8-10.

319. Мандровська Н.М., Кругова О.Д., Василюк В.М. Активність каталази у коренях і бульбочках сої, інокульованої Tn5- мутантами *Bradyrhizobium japonicum* *Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2008. Т. 1. С. 73-81.

320. Влох В.Г., Дубковецький С.В., Кияк Г.С., Онищук Д.М. Рослинництво :підручник. К.: Вища школа, 2005. 381 с.

321. Господаренко Г. Удобрення зернобобових культур. *Агробізнес сьогодні*. 2010. № 9. С. 18-19.

322. Зайцев О. Застосування інтенсивної технології вирощування, шлях до підвищення урожайності сої. *Пропозиція*. 2004. № 2. С. 44-45.

323. Бобро М.А., Головченко Б. Х. Оптимізація технології вирощування зернових і бобових культур. *Сучасні технології, економіка і екологія в*

промисловості, на транспорті і в сільському господарстві: Збірник наукових статей за матеріалами 5-ї міжнародної науково-методичної конференції. Київ: ІСМО, Алціста, 1997. 317 с.

324. Каленська С.М., Новицька Н.В., Гарбар Л.А. Альтернативні способи передпосівної обробки насіння сої. *Агробіологія: Збірник наукових праць.* 2009. Вип. 1 (64). С. 148-152.

325. Головатюк Є.О., Ситар О.В., Таран Н.Ю., Каленська С.М. Продуктивність та якість насіння сої за різних умов азотного живлення. *Вісник аграрної науки.* 2008. № 1. С. 17-19.

326. Розвадовський А.М., Бабич А.О., Петриченко В.Ф. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві та ін.; за ред. Розвадовського А.М. К.: Урожай, 1990. 172 с.

327. Бахмат О.М. Вплив технологічних заходів на продуктивність насіння сортів сої в умовах Західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету.* 2010. Вип. 42. С. 10-15.

328. Бахмат О.М., Чинчик О.С. Вдосконалення технології вирощування сої на зерно в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету.* 2009. № 38. С. 11-18.

329. Дерев'янський В.П. Удосконалена енергоощадна ґрунтозберігаюча технологія вирощування сої. *Агроном.* 2012. № 2. С. 97-105.

330. Андрієнко А.Л. Вплив збільшення частки сої в структурі посівних площ та систем удобрення на її урожайність та якість насіння. *Корми і кормовиробництво.* 2010. № 66. С. 128-132.

331. Бахмат О.М., Чинчик О.С. Вплив системи удобрення та інокуляції насіння на продуктивність насіння сої в умовах західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво.* 2008. № 60. С. 37-42.

332. Галишин Ф.С. Вплив обробітку ґрунту та удобрення сої на засміченість її посівів. *Агроном.* 2008. № 2. С. 116-118.

333. Заболотний Г.М., Циганський В.І., Циганська О.І. Симбіотична продуктивність сої залежно від рівня удобрення в правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 4. 66-71.

334. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В. Оптимізація технології вирощування сої в правобережному Поліссі України. *Інновації у виробництві, зберіганні та переробці рослинницької сировини: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 50-річчю створення кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б. В. Лесика та 120-річчю НУБіП України (Київ, 26–27 червня 2018 р.)*. Київ, 2019. С. 44-46.

335. Камінський В.Ф., Мосьондз Н.П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 66. С. 91-95.

336. Петриченко В., Іванюк С. Актуальні проблеми оптимізації технологій вирощування сої. *Аграрний тиждень*. 2010. № 9. С. 12.

337. Бульботько Г.С. Природні ресурси вирощування сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 5. С. 41.

338. Маменко П.Н., Прядкіна Г.А., Коць С.Я., Стасик О.О. Вплив одночасної інокуляції і передпосівної обробки насіння комплексом мікроелементів нового покоління на азотфіксацію і урожайність сої. *Пропозиція*. 2010. № 6. С.46-57.

339. Новицька Н.В. Productivity as integral value of efficiency in the technology panometal soybeans. *Науковий вісник НУБіП України*. 2014. № 95 Ч. 1 «Агрономія». С. 126-132.

340. Панасюк Р.М. Технологія вирощування сої у Західному Лісостепу України. *Сільський господар*. 2010. № 7/8. С. 5-9.

341. Каленська С.М., Новицька Н.В., Андрієць Д.В. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування

сої на чорноземах типових. *Корми і кормовиробництво*, 2011. Вип. 69. С. 74-78.

342. Царенко О.М., Троценко В.І., Жатов О.Г., Жатова Г.О. Рослинництво з основами кормовиробництва : навч. посіб. за ред. О. Г. Жатова. Суми : Університетська книга, 2003. 384 с.

343. Темрієнко О.О. Фотосинтетична та насіннева продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 100, Т.2. С. 75-85.

344. Джемесюк О.В., Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В. Вплив підживлення на врожайність сої. *Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 23–25 травня 2018 р., Київ: НУБіП України. Т. 2. Секція: Управління рослинними ресурсами та біотехнологія*. С. 228-229.

345. Кругова О.Д., Мандровська Н.М., Бублик Л.І. Віталіст стимулює посіви сої. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 7. С. 19-20.

346. Каленська С.М., Новицька Н.В., Андрієць Д.В., Холодченко Р.М. Використання біологічно-активних препаратів на основі нанорозмірних частинок металів в технології вирощування сої. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. Ч.2, 2010. С. 24-32.

347. Адаменко С.М., Грицак І.П. Добрива для сої від компанії «Нутрітех Україна». *Агроном*. 2011. № 2. С. 38-40.

348. Джемесюк О., Каленська С., Новицька Н. Урожайність сортів сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. ДНУ ім. Погорілого, Дослідницьке, 2016. Вип. 20 (34) С. 372-380.

349. Темрієнко О.О. Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та позакореневих підживлень в умовах

Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 2 (9). С.187-199.

350. Джура Ю.М. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних прийомів в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2003. Вип. 51. С. 106-110.

351. Дробітько О.М. Оптимізація технологічних прийомів підвищення урожайності насіння сої в умовах південно-західного Степу України. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2009. Вип. 40. С. 42-51.

352. Кернасюк Ю. Ринок сої: розвиток, тенденції і прогнози. *Агробізнес сьогодні*. 03 листопада 2017. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/8978-rynok-soi-rozvytok-tendentsii-i-prohnozy.html>

353. Порядинський В., Ляшенко В. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості. *Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва* : матеріали III науково-практична інтернет-конференція (м. Полтава, 21-22 квіт. 2015 р.). Полтава, 2015. С. 104-106.

354. Allen O.N, Allen E.K. The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. Madison: Univ, Wisconsin Pres. 1981. 800 p.

355. Andreote F.D., Gumiere Th., Durrer A. Exploring interactions of plant microbiomes. *Scienta Agricola*, 2009. Vol. 71, № 6. P. 528-539.

356. Berkun P. van, Keyser Harold H. Anaerobic growth and denitrification among different serogroups of soybean rhizobia. *Appl. And Environ. Microbiol*, 1985. Vol. 49. № 4. P. 772-777.

357. Blaszcak W., Golebniak B., Czeszynska J. Wplyw niektorych wirusow na wzrost i brodawkowanie bobiku i lubinu. *Zesz. probl. postepow. nauk roln.* 1974. № 156. S. 107-119.

358. Bos L. Bean yellow mosaic virus Database of plant viruses (Association of Applied Biologists). URL: <http://www.dpvweb.net>. 1970. DPV 40.

359. Bottomley P.J., Stacey Ed.G., Burris R.H.: Chapman & Hall, Ecology of Bradyrhizobium and Rhizobium. *Biol. Nitrog. Fixat.* 1992. P. 293-384.

360. Bradbury J.F. Guide to Plant Pathogenic Bacteria Bacteriologist. England: CAB International Mycological Institute, 1986. 334 p.

361. Brechenmacher L., Lei Z., Libault M., Findley S., Sugawara M., Sadowsky M.J., Sumner L.W., Stacey G. Soybean metabolites regulated in root hairs in response to the symbiotic bacterium *Bradyrhizobium japonicum*. *Plant Physiol.* 2010. V. 153. P. 808-1822.

362. Brewin N.J., Kardailsky I.V. Legume lectins and nodulation by Rhizobium. *Trends Plant Sci.* 1997. № 3 (2). P. 92-98.

363. Brunel B., Cleyet G.C., Norman P. et al. Stability of *Bradyrhizobium japonicum* inoculants after introduction into soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 1988. Vol. 54. P. 2636-2642.

364. Colebatch G., Desbrosses G., Ott T. et al. Global changes in transcription orchestrate metabolic differentiation during symbiotic nitrogen fixation in *Lotus japonicum*. *Plant J.* 2004. 39. P. 487-512.

365. Desai A. Rhizobial haemoglobin and aminolevulinic and synthetase activity in *Rhizobium japonicum*. *Indian J. Exp. Biol.* 1977. № 17. P. 528-530.

366. Devine T.E. Inheritance of soybean nodulation response with a fast-growing strain of Rhizobium il J. *Heredity.* 1984. V. 75, № 5. P. 359-363.

367. Diaz C.L., Melches L.S., Hooykaas P.J.J. et al. Root lectin as a determinant of host-plant specificity in the *Rhizobium-legume symbiosis*. *Nature.* 1989. 338. P. 579-581

368. Douglas A.E. Symbiotic interactions. *Oxford etc.*, 1994. 148 p.

369. Dunleavy J.M. Spread of bacterial tan spot of soybean in field. *Plant Dis.* 1985. 69, № 12. P. 1036-1039.

370. Dunleavy J.M., Keck J.W., Gobelman K.S. et al. Prevalence of *Corynebacterium Haccumfaciens* as incitant of bacterial tan spot of soybean

in Iowa. *Plant Dis.* 1983. 67, № 11. P. 1277-1279.

371. Elsheikh E. A. E., Wood M. Nodulation and N₂-fixation by soybean inoculated with salt-tolerant rhizobia or salt-sensitive *Bradyrhizobium* in saline soil. *Soil Biol. Biochem.* 1995. 27 (4-5) : 657-661.

372. Estévez J., Dardanelli M.S., Megías M., Rodríguez-Navarro D.N. Symbiotic performance of common bean and soybean co-inoculated with rhizobia and *Chryseobacterium balustinum* Aur9 under moderate saline conditions. *Symbiosis.* 2009. V. 49, Issue 1. P. 29-36.

373. Eviner V.T. Plant-microbial interaction. Chapin. *Nature.* 1997. Vol. 385, № 6611. P. 26.

374. Ferguson B.J., Indrasumunar A., Hayashi S. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. *J. Integr. Plant Biol.* 2010. 52, № 1. P. 61-76.

375. Forsberg G. Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment. Doctoral thesis, Swedish University of agricultural sciences, Uppsala, 2004. 48 p.

376. Frans J. de Bruijn (Editor) Biological Nitrogen Fixation, 2 Volume Set., Wiley-Blackwell. *Frans J. de Bruijn.* 2015. 1260 p. URL: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118637046.html>.

377. Gage D.J. Infection and invasion of root by symbiotic, nitrogenfixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2004. V. 68. P. 280-300.

378. Gershon D. Genetic studies of effective nodulation in Lotus spp. *Can. J. Microbiol.* 1961. V. 7, № 6. P. 961-963.

379. Geurts R., Bisseling T. Rhizobium Nod factor perception and signaling. *Plant Cell.* 2002. 14. P. 239-249.

380. Gibson A.H., Harper J.E. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. *Crop. Sci.* 1985. Vol. 25, № 3. P. 497-502.

381. Gresshoff P.M. Analysis of nodulation controlling genes in soybean. Current develop. Soybean-Rhizobium symbiot. nitrogen fixation. Ed. Don

Xintian. Harbin (China): Heilongjiang sci. tech, publ, 1993. P. 3-32.

382. Han S.-K., Wagner D. Role of chromatin in water stress responses in plant. *J. Exp. Botany*. 2014. 65 (10): 2785-2799.

383. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: Laboratory and Field Evaluation. *Plant Physiol*. 1968. V. 43. P. 1185-1207.

384. Harman G.E. Mechanisms of seed infection and pathogenesis. *Phytopathology*. 1983. 73(2) : 326-329.

385. Held M., Hossain M.S., Yokota K. [et al.] Common and not so common symbiotic entry. *Trends Plant Sci*. 2010. V. 15. P. 540-545.

386. Hera C., Popersu A. Researches on symbiosis between *Rhizobium japonicum* and soybean. *Eurosoya*. 1986. № 4. P. 72-90.

387. Herouart D., Baudouin E., Frendo P. Reactive oxygen species, nitric oxide and glutathione: a key role in the establishment of the legume-Rhizobium symbiosis? *Plant Physiol. Biochem*. 2002. 40. P. 619-624.

388. Hirsch A.M. Developmental biology of legume nodulation. *New Phytol*. 1992. V. 122. P. 211-237.

389. Hunt S., Layzell D.B. Gas exchange of legume nodules and the regulation of nitrogenase activity. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. 1993. Vol. 44. P. 483-511.

390. Hwang Ingyu, Lim S.M. Effects of individual and multiple infection with three bacterial pathogens on disease severity and yield of soybeans. *Plant Dis*. 1992. 76, № 2. P. 195-198.

391. Jardim J.R., Freire J.R.J. Important limiting factors in soil for the Rhizobium-legume symbiosis: Biological nitrogen fixation. Ecology, technology and physiology. New York ; London, 1983. P. 55-75.

392. Jimenes J., Casadesus J. An altruistic model of Rhizobium-legume association. *J. Hered*. 1989. Vol. 80. P. 335-337.

393. Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V.J. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus

(TSWV) and enhanced yield in tomato. *Biocontrol science and technology*. 2005. Vol. 15(6). P. 553-569.

394. Kapulnik Y., Eds. Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. Plant growth promoting by rhizosphere bacteria. *Plant Roots*. The Hidden Half / New York: Marcel Dekkers, 1996. P. 769-781.

395. Kapustka L.A., Rice E.L. Symbiotic and asymbiotic N₂ –fixation in a tall grass prairie. *Soil Biol. Biochem.* 1978. P. 553-554.

396. Keshavan N. D., Chowdhary P. R., Haines D. C., Gonzalez J.E. L-canavaline made by *Medicago sativa* interferes with quorum sensing in *Sinorhizobium meliloti*. *J. Bacterol.* 2005. 187, N 12. P. 8427-8436.

397. Khan M.S., Zaidi A., Musarat J. *Microbes for Legume Improvement*. (Eds.). Wien: Springer–Verlag, 2010. 554 p.

398. Laparre J., Balzergue C., Rochange S., Ludwiczak P., Letisse F., Portais C., Bécard G., Puech–Pages V. Metabolite profiling of pea roots in response to phosphate availability. *Plant Signal. Behav.* 2011. V. 6. P. 837-839.

399. Laus M.C., Logman T.J., Lamers G.E. et al. A novel polar surface polysaccharide from *Rhizobium leguminosarum* binds host plant lectin. *Mol. Microbiol.* 2006. 59. P. 1704-1713.

400. Leben G., Rush V., Schmitthenner A. F. The colonization of soybean buds by *Pseudomonas glycinea* and other bacteria. *Phytopathology*. 1968. 58. № 12. P. 1677.

401. Lisek J., Schauer N., Kopka J., Willmitzer L., Fernie A.R. Gas chromatography mass spectrometry– based metabolite profiling in plants. *Nature Protocols*. 2006. V. 1. P. 387-396.

402. Lisichkina G.A., Zvyagintsev D.G., Kazhevin P.A. Relationship between soybean nodule bacteria and different plants. Interrelationship between microorganisms and plant in soil (Libice, CSSR, June 22–27, 1987) : abstr. Libice, 1987. P. 5.

403. Loon L.C., Bakker P.A., Pieterse C.M. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1998. Vol. 36. P. 453-483.

404. Lugtenberg B. J. J., Bloemberg G.V., Van Brussel A.A.N., Kune J.W., Thomas–Oates J.E., Spaink H.P. Signals involved in nodulation and nitrogen fixation. *Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications*. Proc. of the 10–th Inter. Congr. on Nitr. Fixation.(St. Peterburg, May 28 – June 3, 1995). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publ., 1995. P. 37-48.
405. Maier, R.J.; Brill W.J. Involvement of *Rhizobium japonicum* O antigen in soybean nodulation. *J. Bacteriol.* 1978. V. 133. N. 3. P. 1295-1299.
406. Maurhofer M., Reimmann C., Schmidli– Sacherer P. Salicylic acid biosynthetic genes expressed in *Pseudomonas fluorescens* strain P3 improve the induction of systemic resistance in tobacco against tobacco necrosis virus. *Phytopathol.* 1998. Vol. 88. P. 678-684.
407. McSpadden Gardener B. B. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in Agricultural Systems. *Phytopathology*. 2004. V. 94, № 11. P. 1252-1258.
408. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 2002. 7. P. 405-410.
409. Morris A.C., Djordjevic M.A. Proteome analysis of cultivar specific interactions between *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii and subterranean clover cultivar Woogenellup. *Electrophoresis*. 2001. 22. P. 586-598.
410. Mulder L., Hogg B., Bersoult A., Cullimore J. V. Integration of signaling pathways in the establishment of the legume–rhizobia symbiosis. *Physiol. Plant.* 2005. 123, № 2. P. 207-218.
411. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T. et al. Microbial diversity and microbial activity in the rhizosphere. *Ci. Suelo*, 2007. Vol. 25, N 1. P. 89-97
412. Nap B., Bisseling T. Development biology of plant–prokaryote symbiosis: The legume root nodule. *Science*. 1990. V. 250, № 4993. P. 943-954.
413. Nardi S., Concheri G., Pizzeghello D. et al. Soil organic matter mobilization by root exudates. *Chemosphere*, 2000. Vol. 41, N 5. P. 653-658.
414. Neef H., Augustijns P., Declercq P. Inhibitory effects of *Galega officinalis* on glucose transport across monolayers of human intestinalepithelial cells. *Pharmaceut. Pharmacol. Lett.* 1996. Vol. 6. P. 86-89.

415. Nutman P.S. Genetics of symbiosis and nitrogen fixation in legumes. *Proc. Roy. Soc. L., ser. B.* 1969, V. 172, № 1029. P. 417-437.

416. Nutman P.S. Improving nitrogen fixation in legumes by plant breeding; the relevance of host selection experiments in red clover (*T. pratense* L.) and subterranean clover (*T. subterraneum* L.). *Plant and Soil.* 1984. V. 82, №3. P. 285-301.

417. Nutman P.S. Symbiotic effectiveness in nodulated red clover. III. Further studies of inheritance of ineffectiveness in the host. *Heredity.* 1957. V. 11, № 2. P. 157-172.

418. Nutman P.S. The influence of the legume in root–nodule symbiosis. *Biol. Rev.* 1956. Y. 31, № 2. P. 109-151.

419. Obata T., Fernie A.R. The use of metabolomics to dissect plant responses to abiotic stresses. *Cell. Mol. Life Sci.* 2012. V. 69. P. 3225-3243.

420. Oldroyd G.E., Downie J.A. Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. V. 59. P. 1169-1180.

421. Paffetti D., Daguim F., Fancelli S. et al. Effect of plant genotype on the selection for nodulating *Rhizobium meliloti* strains. 11–th International Congress on Nitrogen fixation, Book of Abstracts. 20–25 July 1997. P. 82.

422. Patyka V.H., Pasichnyk L.A. Phytopathogenic bacteria in the system of modern agriculture. *Microbiol. j–l.* 2014. 76. №1. P.21-26.

423. Patyka V.P. Phytopathogenic Bacteria in Contemporary Agriculture. *Microbiologichny zhurnal.* 2016. 78. №6. P. 71-83.

424. Perret X., Staehelin C., Broughton W.J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. *Microbiol. Mol.Biol. Rev.* 2000. V. 64. P. 180-201.

425. Phillips D.A. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes. *Annu Rev. Plant Physiol.* 1980. Vol. 31, № 11. P. 29-49.

426. Pijnenbog Jan.W.M., Lie T.A., Zehnder A.J.B. Inhibition of nodulation of Lucerne by calcium depletion in an acid soil. *Plant and Soil.* 1990. 127, № 1. P. 31-39.

427. Pinchbeck B.R., Hardin R.T., Cook F.D. et al. Genetic studies of symbiotic nitrogen fixation in Spanish clover. *Can. J. Plant Sci.* 1980. Y. 60. № 2. P. 509-518.

428. Ramu S.K., Peng H.M., Cook D.R. Nod factor induction of reactive oxygen species is correlated with expression of the early nodulin gene *ripl* in *Medicago truncatula*. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 2002. 15. P. 522-528.

429. Rao G.P. Effect of cucumber mosaic virus infection on nodulation, nodular physiology and nitrogen fixation of pea plants. *Z. pflanzen grouwkh und pflanzenschutz.* 1987. Vol. 94, № 6. P. 606-613.

430. Sarma A.D., Emerich D.W. A comparative proteomic evaluation of culture grown vs nodule isolated *Bradyrhizobium japonicum*. *Ibid.* 2006. 6. P. 3008-3028.

431. Scandiani M.M., Luque A.G., Razori M.V., Casalini L.C., Aoki T., O'Donnell K., Cervigni G.D.L., Spampinato C.P. Metabolic profiles of soybean roots during early stages of *Fusarium tucumaniae* infection. *J. Exp. Bot.* 2015. V. 66. P. 391-402.

432. Seidel S., O'Connor G.E., Watt J., Sutherland M. Using omethoate insecticide and legume inoculants on seed. *Austral. J. Exp. Agric.* 1991. Vol. 31, № 1. P. 71-76.

433. Shaw S.L., Long S.R. Nod factor inhibition of reactive oxygen efflux in a host legume. *Plant Physiol.* 2003. 132, № 12. P. 2196-2204.

434. Singh R.B., Jain J.P. Survival of *Xanthomonas campestris pv. Glycines* – the incitant of bacterial pustule of soybean. *Inolian J. Mycol. And Plant Pathol.* 1988. 18, №3. P. 246-249.

435. Skaf J.S., de Zoeten G.A. Pea enation mosaic virus. *Database of plant viruses (Association of Appied Biologists)*. URL: <http://www.dpvweb.net>. 2000. DPV 372.

436. Spaink M.P. The molecular basis of infection and nodulation by rhizobia: the ins and outs of symphathogenes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1995. Vol. 33. P. 345-368.

437. Stougaard J. Regulators and regulation of legume root nodule development. *Plant Physion.* 2000. V. 124, № 2. P. 531-540.
438. Sturza A.V., Christieb B.R., Nowakc J. Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2010. V. 19, Issue 1. P. 1-30.
439. Trujillo M.E., Willems A., Abril A. et al. Nodulation of *Lupinus albus* by strains of *Ochrobactrum lupine* sp.nov. *Appl. Environ. Microbiol.* 2005. 71, № 3. P. 1318-1327.
440. Udvardi M., Poole P.S. Transport and metabolism in legume–rhizobia symbioses. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013. 64 (1) : 781-805.
441. Van Kammen A. The molecular development of nitrogen fixing root nodules. Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications. Proc. of the 10 th Inter Congr. on Nitr. Fixation. (St. Peterburg, May 28 – June 3, 1995). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publ., 1995. P. 9-14.
442. Vande B.A., Vanderleyden J. The role of bacterial motility, chemotaxis and attachment in bacterial–plant interactions. *Mol. Plant Microbe Interact.* 1995. 8. P. 800-810.
443. Vasil’eva G.G., Ishenko A.A., Glyan’ko A.K. Physiological role of calcium in legume–rhizobium symbiosis. *J. Stress Physiol. Biochem.* 2011. 7, № 4. P. 398-414.
444. Vest G. Rj3 – a gene conditioning ineffective nodulation in soybean. *Crop Sci.* 1970. V. 10, № 1. P. 34-35.
445. Vest G., Caldwell B.E. Rj4– a gene conditioning ineffective nodulation in soybeans. *Crop Sci.* 1972. 12, № 8 . P. 692-694.
446. Wan J., Torres M., Ganapathy A. et al. Proteomic analysis of soybean root hairs after infection by *Bradyrhizobium japonicum*. *Mol. Plant–Microbe Interact.* 2005. 18. P. 458-467.
447. Willems A. The taxonomy of rhizobia: an overview. *Plant and Soil.* 2006. Vol. 287. P. 3-14.

448. Balatti P.A., Piepkke S.G. Cultivars specific interactions of soybean with *Rhizobium fredii* are regulated by genotype of the root. *Plant Physiol.* 1990-94. № 4. P. 1907-1909.

449. Chen G., Wiatrak P. Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the southeastern coastal plain, United States. *Agron J.* 2010. Vol. 102. P. 1731-1737.

450. Boroomandan P., Khoramivafa M., Haghi Y., Ebrahimi A.. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pak J Biol Sci.* 2009. № 12 (4). P. 378-382.

451. Hompson J. A., Nelson R. L., Schweitzer L. E. Relationships among specific leaf weight, photosynthetic rate, and seed yield in soybean. *Crop Sci.* 1995. Vol. 35 (6). P. 1575-1581.

452. Biliavska L., Biliavskiy Y., Mazur O., Mazur O. Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2021. Vol. 27. № 2. P. 312-322.

453. Loecker, J. L., Nelson, N. O., Gordon, W. B., Maddux, L. D., Janssen, K. A., & Schapaugh, W. T. Manganese response in conventional and glyphosate resistant soybean. *Agronomy journal*, 2010. 102 (2), 606-611.

454. Franzen D.W. Soybean. (NDSU Extension Service). SF-1184. 2001. URL: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/soilfert/sf1184w.html>

455. Laue G. Influence of Rotation Sequence on the Optimum Corn and Soybean Plant Population. *Agron J.* 2002. Vol. 94. P. 968-974.

456. Egli D.B., Bruening W.P. Water stress, photosynthesis, seed sucrose levels and seed growth in soybean. *The Journal of Agricultural Science.* Volume 142, Issue 01. Feb., 2004. P. 1-8.

457. Leggett M., Diaz-Zorita M., Koivunen M., Bowman R., Pesek R., Stevenson C., Leister T. Soybean response to inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* in the United States and Argentina. *Agronomy Journal.* 2017. Vol. 109, No. 3. P. 1031–1038. doi: 10.2134/agronj2016.04.0214

458. Devi, K.N., Singh, L.N. K., Singh, M.S., Singh, S.B., & Singh, K.K. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max*) under upland conditions. *Journal of Agricultural Science*. 2012. 4 (4), 1.

459. Dimkpa, C. O., Singh, U., Bindraban, P. S., Adisa, I. O., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C. 2019. Addition-omission of zinc, copper, and boron nano and bulk oxide particles demonstrate element and size- specific response of soybean to micronutrients exposure. *Science of The Total Environment*, 665, 606-616.

460. Brumm T. J., Hurburg C. R. and others. Estimating the processed value of soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2010. Vol. 67. P. 302-307

461. Cruz Jimenez, D.R., Ellis, M.L., Munkvold, G.P., & Leandro, L.F. S. Isolate–cultivar interactions, in vitro growth, and fungicide sensitivity of *Fusarium oxysporum* isolates causing seedling disease on soybean. *Plant disease*. 2018. 102 (10), 1928-1937.

462. Enderson J. T., Mallarino A. R., Haq M. U. Soybean yield response to foliar- applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107, No. 6. P. 2143–2161. doi: 10.2134 /agronj 14.0536

463. Mazur O.V., Poltoretskyi S.P., Poltoretska N.M., Yatsenko A.O., Kravchenko V.S., Bilonozhko V.Y. Environmental plasticity, stability and resistance to diseases of the varieties *Phaseolus vulgaris* L. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 17-26.

464. Mazur O.V., Poltoretskyi S.P., Poltoretska N.M., Kononenko L.M., Inheritance of yield formula in F1 hybrids and hybrid swarms F2 *Phaseolus vulgaris* L. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С.19-30.

465. Barker D.W., Sawyer J.E. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy journal*. 2005. Vol. 97, Issue 2. P. 615-619.

466. Polevoy A. Modeling the influence of agro-meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas. *Agricultural Sciences. Plovdiv*. 2014. Vol. LVIII. P. 5-15.

467. Vesely P., Entlicher G., Kocourek J. Pea phytohemagglutinin selective agglutination of tumour cells. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 1972. Vol. 28. № 9. P.1085-1086.

468. Rincon F., Zurera G., Morend R., Ros G. Some Mineral Concentration Modifications during Pea Canning. *Journal of Food Science*. 1990. Vol.55. № 3. P. 751-754.

469. Rickman J.C., Bruch C.M., Barrett D.M. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87. P. 1185-1196.

470. Nleya K.M., Minnaar A., H. L.de Kock Relating physico-chemical properties of frozen green peas (*Pisum sativum* L.) to sensory quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. Vol. 94. № 5. P. 857-865.

471. Dostálová R., Horacek J., Hasalova I., Trojan R. Study of Resistant Starch (RS) Content in Peas during Maturation. *CzechJFoodSci*. 2009. Vol. 27. P. 120-124.

472. Greenwood C.T., Thomson J. Studies on the biosynthesis of starch granules. 2. The properties of the components of starches from smooth-and wrinkled-seeded peas during growth. *Biochemical Journal*. 1962. Vol. 82. № 1. P. 156-164.

473. Gullon F., Champ M. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 88. № S 3. P. 293-306.

474. Telekalo N., Mordvaniuk M., Shafar H. Agroecological methods of improving the productivity of niche leguminous crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (1). 169-175.

475. Dutta S., Mohanty S., Tripathy B.C. Role of temperature stress on

chloroplast biogenesis and protein import in pea. *Plant physiology*. 2009. Vol. 150. № 2. P.1050-1061.

476. Sukhov V., Surova L., Sherstneva O., Bushueva A., Vodeneev V. Variation potential induces decreased PSI damage and increased PSII damage under high external temperatures in pea. *Functional Plant Biology*. 2015. Vol. 42. № 8. P. 727-736.

477. Hildmann P., Feller U. Growth at moderately elevated temperature alters the physiological response of the photosynthetic apparatus to heat stress in pea (*Pisum sativum* L.) leaves. *Plant, Cell & Environment*. 2005. Vol. 28. № 3. P. 302-317.

478. Osman H.S. Enhancing antioxidant – yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. *Annals of Agricultural Sciences*. 2015. Vol. 60. № 2. P. 389-402.

479. Handa Y.T., Moriya A., Kimura K. Effect of leaf surface wetness and wettability on photosynthesis in bean and pea. *Plant, Cell & Environment*. 2004. Vol. 27. № 4. P. 413-421.

480. Iturbe-Ormaetxe I., Escuredo P.R., Arrese-Igor C., Becana M. Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. *Plant physiology*. 1998. Vol.116. № 1. P. 173-181.

481. Muller B., Pantin F., Génard M., Turc O., Freixes S., Piques M. Y. Gibon Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal of Experimental Botany*. 2011. Vol. 62. № 6. P. 1715-1729.

482. Belford R.K., Cannell R.Q., Thomson R.J., Dennis C.W. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1980. Vol. 31. № 9. C. 857-869.

483. Benjamin J.G., Nielsen D.C. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field crops research*. 2006. Vol. 97. № 2. P. 248-253.

484. Stoker R. Irrigation of garden peas on a good cropping soil. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 1977. Vol. 5. № 3. P. 233-236.

485. Almashova V.S. (2006). Agroekologichne obgruntuvannya vyroshchuvannya gorohu ovochevogo na pivdni Ukrainy [*Agroecological substantiation of growing vegetable peas in the south of Ukraine*]. 1-y vidkrytyji zijzd fiziobiologiv Hersonshchyny: Zb. Tez, dop. [*1st Opening Congress of Physiologists of Kherson Region: Zb. theses, additional*]. Kherson : Ayalant [in Ukr].

486. Jensen E.S. Symbiotic N₂ field bean estimated by N₁₅ fertilizer dilution in fiel experiments with barley as a reference crop. *Plant Soil*. 1986. 92. P. 3-13.

487. Me Neil Dol., La Rue T.A. Effekt of nitrogen source on ureides in soybean. *Plan Physiol*. 1984. V. 74. № 2. P. 227.

488. Mazur V., Didur I., Myalkovsky R., Pantsyreva H., Telekalo N. The productivity of intensive pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing under conditions of right-bank forest-steppe Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (1). 101-105.

489. Tkachuk O., Telekalo N. Agroecological potential of legumes in conditions of intensive agriculture of Ukraine: collective monograph. Latvia: Riga: *Baltija Publishing*. 2020. P. 91-104.

490. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyreva H.V., Alekseev O.O. Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8. P. 148-153.

491. Mazur V.A., Mazur K.V., Pantsyreva H.V. Influence of the technological aspects growing on quality composition of seed white lupine (*Lupinus albus* L.) in the Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9. P. 50-55.

492. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Pantsyreva H.V., Mazur K.V. Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (4). C. 665-670.

493. Didur I., Chynchyk O., Pantsyreva H., Olifirovych V. Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine.

Ukrainian Journal of Ecology. 2021. № 11 (1). P. 419-424.

494. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyreva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (5). P.76-83.

495. Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Pantsyreva H., Ovcharuk V. Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 2021. № 1. Vol. 24. P. 54-60.

496. Pantsyreva H.V. Symbiotic potential of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) depending on biological products in agrocoenosis of the RightBank Forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian journal of Ecology*. 2018. № 8 (3). C. 270-274.

497. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I. Malynka L.V. Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses. *Modern Phytomorphology*. 2019. № 13. 30-34.

498. Bahmat M.I., Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyreva H.V. Telekalo N.V. Bioenergy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (3). 203-208.

499. Telekalo N., Melnyk M. Agroecological substantiation of *Medicago sativa* cultivation technology. *Agronomy Research*. 2020. 18 (4). P. 2613-2626.

500. Didur I.M., Prokopchuk V.M., Pantsyreva G. V. Investigation of biomorphological and decorative characteristics of ornamental species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (3), 287-290.

501. Didur I.M., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko, A.O. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (1), 76-80.

502. Pantsyreva G.V. Morphological and ecological-biological evaluation of the decorative species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (3), 74-77.

503. Shevchuk O.A., Kravets O.O., Shevchuk V.V., Khodanitska O.O., Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*. 2020. 14. 104-106.

504. BBCH-Monograph. Growth stages of plants. Ed. U. Meier. Berlin, Wien: Blackwell, Wissenschafts-Verlag, 1997. 622 p.

505. Renault D., Wahaj R., Smits S. Multiple uses of water services in large irrigation systems. Auditing and planning modernization. FAO Irrigation and drainage paper. Rome. 2013. №67. 203 p.

506. Lavrynenko Yu.O., Hozh O. A., Vozhegova R. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural science and practice*. 2016. № 1. P. 55-60.

507. FAO (Ed.) Yearbook Production 2014. Food and Agricultural Organization of United Nations. Rome. 2015. 394 p. URL : www.faostat.fao.org.

508. Forman R., Lodron M. Landscape Ecology. New York, 1986. 619 p.

509. Fletcher R. Gilley A., Sankhla N., Davis T. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Hortic. Rev.* 1999. Vol. 223, № 5. P. 55-138.

510. Matus A., Derksen D.A., Walley F.L. et al. The influence of tillage and crop rotation on nitrogen fixation in lentil and pea. *Can. J. Plant Sci.* 1997. Vol. 77. P. 197-200.

511. Streeter J.G. Effects of drought on nitrogen fixation in soybean root nodules. *Plant Cell Environ.* 2003. Vol. 26. P. 1199-1202.

512. Smykal P, Aubert G, Burstin J. [et al.]. Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*. Vol. 2. No. 4. P. 74-115.

513. Monti M, Pellicanò A, Santonoceto C, Preiti G, Pristeri A. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crop Res.* 2016. V. 196. P. 379-388.

514. Bright J. Designing irrigation systems to use water efficiently New Zealand Institute of Primary Industry Management Conference. 2002. P. 185-188.

515. Caulfield F., Bunce J. Comparative responses of photosynthesis to growth temperature in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. *Canad. J. Plant Sc.* 1988. T. 68, № 2. P. 419-425.

516. Kamishvili N., Jgenti M., Samadashvili M. Influence of inoculation and different doses of mineral nitrogen on soybean productivity. *Bull. Georg. Acad. Sci.* 2001. № 1. P. 174-177.

517. Reckling M, Hecker J. M, Bergkvist G. [et al.] A cropping system assessment framework—evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. *Eur J Agron.* 2016. V. 76. 186-197.

518. Spaink H. Root nodulation and infection factors produced by Rhizobial bacteria. *Microbiology.* 2000. Vol. 54. P. 257-288.

519. Elkins D., Hamilton G., Chan C. Effect of Cropping Mistory on Soybean Growth and Nodulation and Soil Rhizobia. *Fgronomy Journal.* 1976. Vol. 68, №3. P. 513-517.

520. Hervas A., Ligeró F., Liuch C. Nitrate reduction in pea plants: Effects of nitrate application and RHIZOBIUM strains. *Soil Biology and Biochemistry.* 1991. Vol. 23, is. 7. P. 695-699.

521. Muchow R., Robertson M., Pengelly B., Muchow R. Accumulation and partitioning of biomass and nitrogen by soybean, mung bean and cowpea under contrasting environ mental conditions. *Field Crops Research.* 1993. Vol. 33. is. 1-2. P. 13-36.

522. Ruisi P., Giambalvo D., Di Miceli G. Tillage Effects on Yield and Nitrogen Fixation of Legumes in Mediterranean Conditions. *Agronomy Journal.* 2012. Vol. 104. № 5. P. 1459-1466.

523. Ravuri V., Hume D. Soybean Stover Nitrogen Affected by Dinitrogen Fixation and Cultivar. *Agronomy Journal.* 1993. Vol. 85. № 2. P. 328-333.

524. Hirsch A., Mirsch A., Lum M., Downie A. What Makes the Rhizobia-Legume Symbiosis So Special ? *Plant Physiology.* 2001. Vol. 127, № 4. P. 1484-1492.

525. Mateos P., Baker D., Petersen M. Erosion of root epidermal cell walls by Rhizobium polysaccharide- degrading enzymes as related to primary host infection in the Rhizobium legume symbiosis. *Canadian Journal of Microbiology*. 2001. Vol. 46 (7). P. 475-487.

526. Dusha I., Bakos A., Kondorosi A. The Rhizobium-meliloti early nodulation genes (nodabs) are nitrogen- regulated-isolation of a mutant strain with efficient nodulation capacity on alfa alfa in the presence of ammonium. *Molecular and general genetics*. 1989. Vol. 219, is. 1-2. P. 89-96.

527. Walley F., Clayton G., Miller P. Nitrogen Economy of Pulse Crop Production in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 2007. Vol. 99, № 6. P. 1710-1718.

528. Dencescu S., Miclea E., Butica A. Cultura soiei. 1982. 227 p.

529. Sagan M., Ney B., Duc G. Plant symbiotic mutants as a tool to analyses nitrogen nutrition and yield relationship in field-growth peas (*Pisum sativum* L.). *Plant and Soil*. 1993. Vol. 153, is. 1. – P. 33-45.

530. Niklas K. J. Functional adaptation and phenotypic plasticity at the cellular and whole plant level. *J. Biosci*. 2008. Vol. 33. P. 613-620.

531. Andrzejewska J. Yield and agronomic conditions of nodulation in different pea varieties (*Pisum sativum* L.). Electronic resource: 2002. Rozp. Hab., Bydgoszcz. 91 p. (in Polish). Access mode: oai:kpbc.umk.pl:53728 U R L : <http://kpbc.umk.pl/publication/44210>.

532. Rademacher W. Growth Retardants : Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. 2000. Vol. 51. P. 501-531.

533. Swanson Sarah J. Jones Russell L. Gibberellic acid induces vacuolar acidification in barley aleurone. *Plant Cell*. 1996. Vol. 8. № 12. P. 2211-2221.

534. Bonnel M. How can we pass from ideas to actions? Program role HELP. *Water Resour. Develop*. 2004. Vol. 20. № 3. P. 12– 14.

535. Gianfagna T. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic cropt. *See Ref*. 1995. Vol. 32. № 2. P. 67-74.

536. Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and enhanced yield in tomato . *Biocontrol science and technology*. 2005.Vol. 15 (6). P. 553-569.

537. Heath M.C., Hebblethwaite P.D. Solar radiation interception by leafless, semileafless and 210 leafed peas (*Pisum sativum*). *Ann. Appl. Biol.* 1985. № 2. P. 309-318.

538. Shtilman M.I. Phytoactive polymers polymeric derivatives of plant growth regulation. *Ibid.* 1993. Vol. 20. P. 208-209.

539. Kindie Y., Bezabih A., Beshir W. Field Pea (*Pisum sativum* L.). Variety Development for Moisture Deficit Areas of Eastern Amhara. *Advances in Agriculture*. 2019. Vol. 4. 6 p.

540. Guilioni L., Wery J., Lecoeur J. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Functional Plant Biology*. 2003. Vol. 30 (11). P. 1151-1164.

541. Delaney R.H., Dobrenz F.K. Morphological and anatomical features of alfalfa leaves as related to CO₂ exchange. *Group Science*. 1974. №14. P.444-447.

542. Fossati A., Paccaud F.X. La sélection du pois en Suisse: passé, présent, future. *Rev. Suisse agr.* 1986. 18 (2). P.234-239.

ДОДАТКИ

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за висотою рослин сортів сої, 2013 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	1062,86	39			
Повторення	35,64	3			
Сорт А	138,38	1	138,38	18,91	4,22
Інокулянт та пестицид В	668,62	4	167,15	22,84	2,71
Взаємодія АВ	22,62	4	5,65	0,773	2,71
Випадкові відхилення	197,60	27	7,32		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,853 = 1,75 \text{ см});$$

$$\text{Фактор В} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 1,349 = 2,77 \text{ см});$$

$$\text{Фактор АВ} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 1,21 = 2,48 \text{ см});$$

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за висотою рослин сортів сої, 2014 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	454,92	39			
Повторення	42,30	3			
Сорт А	104,98	1	104,98	16,24	4,22
Інокулянт та пестицид В	101,18	4	25,30	3,91	2,71
Взаємодія АВ	31,90	4	7,98	1,23	2,71
Випадкові відхилення	174,56	27	6,47		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,8 = 1,64 \text{ см});$$

$$\text{Фактор В} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 1,27 = 2,60 \text{ см});$$

$$\text{Фактор АВ} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 1,13 = 2,32 \text{ см});$$

Додаток Б.1

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за висотою рослин сортів сої, 2015 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	1042,26	39			
Повторення	29,82	3			
Сорт А	136,16	1	136,16	15,68	4,22
Інокулянт та пестицид В	621,54	4	155,39	17,89	2,71
Взаємодія АВ	20,26	4	5,07	0,58	2,71
Випадкові відхилення	234,47	27	8,68		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,93 = 1,91 \text{ см});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,47 = 3,01 \text{ см});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,31 = 2,69 \text{ см});$$

Додаток Б.2

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю бобів на рослині, 2013 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	571,56	39			
Повторення	5,54	3			
Сорт А	139,88	1	139,88	44,51	4,22
Інокулянт та пестицид В	340,18	4	85,04	27,06	2,71
Взаємодія АВ	1,10	4	0,28	0,09	2,71
Випадкові відхилення	84,86	27	3,14		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,56 = 1,15 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,88 = 1,80 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,79 = 1,62 \text{ шт.});$$

Додаток В.1

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю бобів на рослині, 2014 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	345,56	39			
Повторення	8,01	3			
Сорт А	45,80	1	45,80	23,35	4,22
Інокулянт та пестицид В	238,54	4	59,63	30,41	2,71
Взаємодія АВ	0,26	4	0,07	0,03	2,71
Випадкові відхилення	52,95	27	1,96		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,44 = 0,90 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,698 = 1,43 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,62 = 1,27 \text{ шт.});$$

Додаток В.2

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю бобів на рослині, 2015 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	257,38	39			
Повторення	7,35	3			
Сорт А	65,28	1	65,28	37,03	4,22
Інокулянт та пестицид В	135,02	4	33,75	19,15	2,71
Взаємодія АВ	2,13	4	0,53	0,30	2,71
Випадкові відхилення	47,60	27	1,76		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,42 = 0,86 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,66 = 1,35 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = sd = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip_{0,05}} = t_{05} \cdot Sd = 2,05 \cdot 0,59 = 1,21 \text{ шт.});$$

Додаток Д.1

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю насінин на рослині ,
2014 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	2040,18	39			
Повторення	48,04	3			
Сорт А	246,02	1	246,02	24,63	4,22
Інокулянт та пестицид В	1466,31	4	366,58	36,71	2,71
Взаємодія АВ	10,17	4	2,54	0,25	2,71
Випадкові відхилення	269,65	27	9,99		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,996 = 2,04 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,58 = 3,24 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,41 = 2,89 \text{ шт.});$$

Додаток Д.2

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю насінин на рослині ,
2015 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	1382,84	39			
Повторення	10,10	3			
Сорт А	345,74	1	345,74	64,60	4,22
Інокулянт та пестицид В	853,46	4	213,37	39,86	2,71
Взаємодія АВ	29,02	4	7,25	1,36	2,71
Випадкові відхилення	144,52	27	5,35		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,73 = 1,50 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,15 = 2,36 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,03 = 2,11 \text{ шт.});$$

Додаток Е.1

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за кількістю насінин на рослині ,
2013 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	3166,98	39			
Повторення	51,93	3			
Сорт А	760,38	1	760,38	91,92	4,22
Інокулянт та пестицид В	2108,14	4	527,03	63,71	2,71
Взаємодія АВ	23,18	4	5,79	0,70	2,71
Випадкові відхилення	223,35	27	8,27		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,91 = 1,87 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор В} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,43 = 2,93 \text{ шт.});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,28 = 2,62 \text{ шт.});$$

Додаток Е.2

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за урожайністю сої , 2013 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	20,15	39			
Повторення	0,039	3			
Сорт А	3,3	1	3,31	180,15	4,22
Інокулянт та пестицид В	16,13	4	4,03	219,76	2,71
Взаємодія АВ	0,18	4	0,045	2,49	2,71
Випадкові відхилення	0,495	27	0,018		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,042 = 0,09 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,067 = 0,14 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_{d} = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,06 = 0,12 \text{ т/га});$$

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за урожайністю сої, 2014 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	15,51	39			
Повторення	0,04	3			
Сорт А	1,18	1	1,18	21,44	4,22
Інокулянт та пестицид В	12,69	4	3,17	57,46	2,71
Взаємодія АВ	0,109	4	0,027	0,49	2,71
Випадкові відхилення	1,49	27	0,055		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,074 = 0,15 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,117 = 0,24 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,105 = 0,22 \text{ т/га});$$

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження за урожайністю сої, 2015 рік

Дисперсія	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F _{0,05}	
				Фактичний	Теоретичний
Загальна	10,13	39			
Повторення	0,035	3			
Сорт А	1,72	1	1,72	76,15	4,22
Інокулянт та пестицид В	7,54	4	1,88	83,34	2,71
Взаємодія АВ	0,22	4	0,055	2,45	2,71
Випадкові відхилення	0,61	27	0,023		

Найменша істотна різниця:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,047 = 0,10 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,075 = 0,15 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,067 = 0,14 \text{ т/га});$$

Діагностичні ознаки фітопатогенного та вірусного ураження рослин сої



А

Б

Рис. 3.1. Природне ураження кутастою плямистістю (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*): а – стебел і б – листків



Рис. 3.2. Природне ураження пустульним бактеріозом (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*)



Рис. К.1. Природне ураження диким опіком (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*)



Рис. К.2. Природне ураження смугастістю стебла (*Pantoea agglomerans*)



Рис. К.3. Природне ураження іржаво-бурою плямистістю (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*)





**Рис. Л.1. Фузаріозна коренева гниль
(збудник *Fusarium solani*)**



**Рис. Л.2. Фузаріоз (збудник –
F. gibbosum App. Et Wr.; *F.*
oxysporum Schl.; *F. oxysporum*,
F. Link et Fr)**



**Рис. Л.3. Аскохітоз
(збудник – *Ascochyta sojaecola*)**



**Рис. Л.4. Аскохітозна
коренева гниль (збудник -
Ascochyta sojaecola Abramoff.
Syn)**



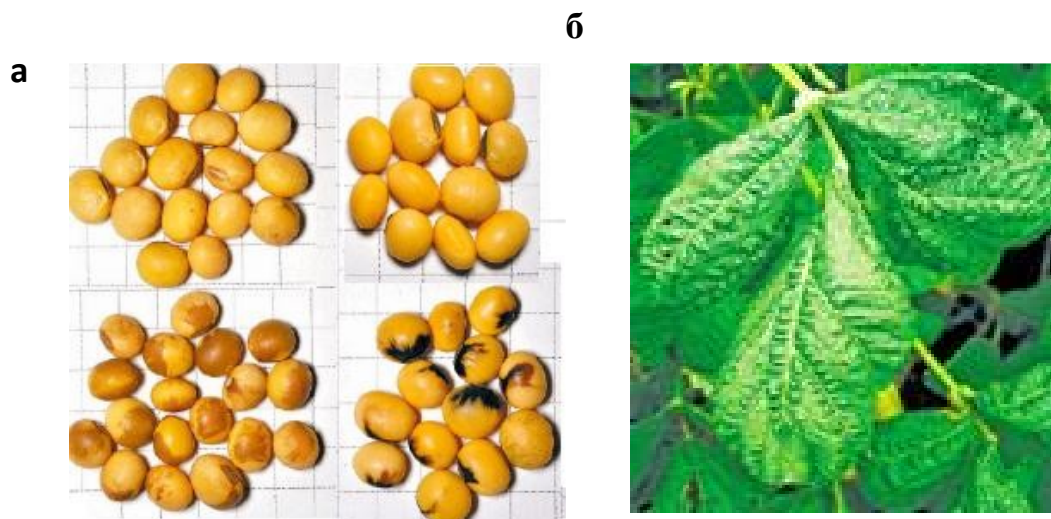
Рис. М.1. Антракноз
(збудник – *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc)



Рис. М.2. Іржа
(збудник – *Uromyces sojae* Syd)



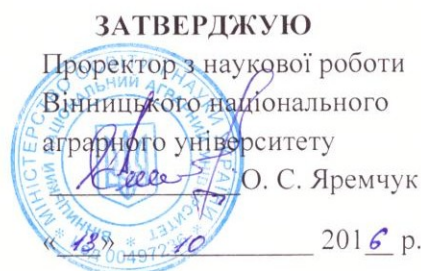
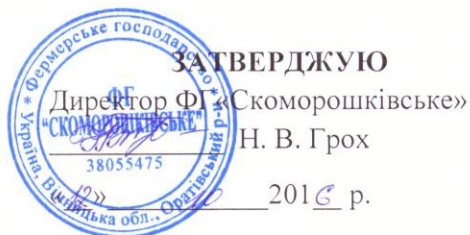
Рис. М.3. Альтернاریоз (рання суха п'ятнистість)
(збудник – *Alternaria tenuis* Nees) (фото R. Mulrooney)



**Рис. Н.1. Зморшкувата мозаїка сої (фото І.Н.Чернясвої),
(збудник – вірус *Bean wrinkle mosaic virus*) а – насіння, б – листки**



**Рис. Н.2. Жовта мозаїка сої (збудник – вірус
Bean yellow mosaic virus)**



АКТ

виробничої перевірки

1. Назва установи: *Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.*

2. Назва закінченої НДР, поставленої на виробничу перевірку: *Функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекції.*

3. Автори закінченої НДР: *Патика Володимир Пилипович – доктор біологічних наук, професор, академік НААН;*

Алексєєв Олексій Олександрович – аспірант Вінницького національного аграрного університету.

Виробнича перевірка проводилась в ФГ «Скоморошківське» Оратівського району, Вінницької області.

4. Відповідальний за проведення виробничої перевірки:

- від Вінницького національного аграрного університету Алексєєв О. О., аспірант;

- від ФГ «Скоморошківське»: О.М. Мартинюк, головний агроном.

5. Умови проведення перевірки: *Лісостеп Правобережний, ґрунти чорноземи типові, клімат помірно - континентальний.*

6. Обсяг виробничої перевірки 86 га.

7. Строк перевірки – 2016 р.

8. Попередник – *озима пшениця.*

9. Сорт сої Горлиця.

10. Методика проведення виробничої перевірки:

- сівба в першій половині травня.

- норма висіву 600 тис. шт./га схожих насінин.

- за 4 – 5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1л/т насіння;

*- в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтном штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобофит) в кількості 1л/т насіння.*

- на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га

11. Порівняння проводили з базовою технологією вирощування сої на зерно.

12. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки в порівнянні з базовою технологією.

Варіанти	Урожайність зерна, т/га	Прибавка урожаю	
		т/га	%
Базова технологія	1,86	-	-
Рекомендована: - за 4–5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1л/т насіння; - в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму <i>Bradyrhizobium japonicum</i> M8 (ризобофіт) в кількості 1л/т насіння; - на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га	2,78	0,92	49

Рівень рентабельності запропонованої технології склав 93 %, а собівартість 1 т. зерна становила 3816 грн./га.

Рекомендації виробництву: в умовах Правобережного Лісостепу України на ґрунтах чорнозему типового за 4-5 днів до сівби проводити обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1л/т, а в день сівби проводити обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобофіт) в кількості 1л/т насіння, після посіву вносити селективний досходовий гербіцид Харнес 90 т.е. в дозі 2,2 л/га.

Доктор біологічних наук,
професор, академік НААН

_____ В.П. Патика


Аспірант ВНАУ

_____  О.О. Алексєєв

Головний агроном

_____  О. М. Мартинюк

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Директор ТОВ «Скоморошківське»
В.П. Грох
201 6 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Проректор з наукової роботи
Вінницького національного
аграрного університету
О. С. Яремчук
«17» листопада 201 6 р.

АКТ

виробничої перевірки

1. Назва установи: *Вінницький національний аграрний університет
Міністерства освіти і науки України.*

2. Назва закінченої НДР, поставленої на виробничу перевірку:
*Функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за
умов бактеріальної і вірусної інфекцій.*

3. Автори закінченої НДР: *Патика Володимир Пилипович – доктор
біологічних наук, професор, академік НААН;
Алексєєв Олексій Олександрович – аспірант Вінницького національного
аграрного університету.*

*Виробнича перевірка проводилась в ТОВ «Скоморошківське»
Оратівського району, Вінницької області.*

4. Відповідальний за проведення виробничої перевірки:
*- від Вінницького національного аграрного університету
Алексєєв О. О., аспірант;
- від ТОВ «Скоморошківське»: О.М. Мартинюк., головний агроном.*

5. Умови проведення перевірки: *Лісостеп Правобережний, ґрунти
чорноземні типові, клімат помірно - континентальний.*

6. Обсяг виробничої перевірки 69 га.

7. Строк перевірки – 2016 р.

8. Попередник – *озима тиенця.*

9. Сорт сої Горлиця.

10. Методика проведення виробничої перевірки:

- сівба в першій половині травня.

- норма висіву 600 тис. шт./га схожих насінин.

*- за 4 – 5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником
Максим XL в кількості 1л/т насіння;*

*- в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та
високовірулентним інокулянтном штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8
(ризобіфіт) в кількості 1л/т насіння.*

- на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили

селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га

11. Порівняння проводили з базовою технологією вирощування сої на зерно.

12. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки в порівнянні з базовою технологією.

Варіанти	Урожайність зерна, т/га	Прибавка урожаю	
		т/га	%
Базова технологія	1,94	-	-
Рекомендована: - за 4–5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1л/т насіння; - в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму <i>Bradyrhizobium japonicum</i> M8 (ризобіфіт) в кількості 1л/т насіння; - на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га	2,89	0,95	48


Рівень рентабельності запропонованої технології склав 97 %, а собівартість 1 т. зерна становила 3625 грн./га.

Рекомендації виробництву: в умовах Правобережного Лісостепу України на ґрунтах чорноземах типових за 4-5 днів до сівби проводити обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1л/т, а в день сівби проводити обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобіфіт) в кількості 1л/т насіння, після посіву вносити селективний досходовий гербіцид Харнес 90 т.е. в дозі 2,2 л/га.

Доктор біологічних наук,
професор, академік НААН

_____ В.П. Патица

Аспірант ВНАУ

 _____ О.О. Алексеев

Головний агроном

 _____ О.М. Мартинюк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПП «ЗЕТО»

М.М. Копитчук

«5» жовтня 2016 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Вінницького національного
аграрного університету

О.С. Яремчук

«6» жовтня 2016 р.



АКТ

виробничої перевірки

1. Назва установи: *Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.*
 2. Назва закінченої НДР, поставленої на виробничу перевірку: *Функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекцій.*
 3. Автори закінченої НДР: *Патика Володимир Пилипович – доктор біологічних наук, професор, академік НААН;*
Алексєєв Олексій Олександрович – аспірант Вінницького національного аграрного університету.
- Виробнича перевірка проводилась в ПП «ЗЕТО» Шаргородського району, Вінницької області.
4. Відповідальний за проведення виробничої перевірки:
 - від Вінницького національного аграрного університету *Алексєєв О.О., аспірант;*
 - від ПП «ЗЕТО»: *Марціянко О.В., головний агроном.*
 5. Умови проведення перевірки: *Лісостеп Правобережний, ґрунти темно-сірі лісові середньо-суглинкові, клімат помірно-континентальний.*
 6. Обсяг виробничої перевірки 68 га.
 7. Строк перевірки – 2016 р.
 8. Попередник – *озима пшениця.*
 9. Сорт сої Горлиця.
 10. Методика проведення виробничої перевірки:
 - сівба в першій половині травня.
 - норма висіву 600 тис. шт./га схожих насінин.
 - за 4 – 5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1 л/т насіння;

- в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобофіт) в кількості 1 л/т насіння.

- на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га.

11. Порівняння проводили з базовою технологією вирощування сої на зерно.

12. Результати, які характеризують ефективність наукової розробки в порівнянні з базовою технологією.

Варіанти	Урожайність зерна, т/га	Прибавка урожаю	
		т/га	%
Базова технологія	1,92	-	-
Рекомендована: - за 4 – 5 днів до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1 л/т насіння; - в день сівби проводили обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму <i>Bradyrhizobium japonicum</i> M8 (ризобофіт) в кількості 1 л/т насіння. - на другий день після посіву для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га.	2,76	0,84	44

Рівень рентабельності запропонованої технології склав 91 %, а собівартість 1 т. зерна становила 3908 грн./га.

Рекомендації виробництву: в умовах Правобережного Лісостепу України на темно-сірих лісових ґрунтах за 4-5 днів до сівби проводити обробку насіння сої протруйником Максим XL в кількості 1 л/т, а в день сівби проводити обробку насіння високоактивним та високовірулентним інокулянтом штаму *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобофіт) в кількості 1 л/т насіння, після посіву вносити селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к.е. в дозі 2,2 л/га.

Доктор біологічних наук,
професор, академік НААН

_____ В.П. Патика

Аспірант ВНАУ

_____ О.О. Алексєєв

Головний агроном ПП «ЗЕТО»

_____ О.В. Марціянко

Підписано до друку 24.05.2023
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Times new roman.
Умовних друкованих аркушів 17,01
Наклад 100 прим. За. № 2405/23
Видавець ТОВ "Друк"
Реєстраційне свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців серія ДК № 5909 від 18.09.2017 р.
Віддруковано з оригіналу макету замовника в
ТОВ «Друк», м. Вінниця, вул. 600-річчя, 25, 21027.