

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ ІМ. Д. К. ЗАБОЛОТНОГО**

На правах рукопису

АЛЕКСЕЄВ ОЛЕКСІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 579.262:579.64:631.461.5:633.34

**ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ СОЯ –
BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM ЗА УМОВ БАКТЕРІАЛЬНОЇ І ВІРУСНОЇ
ІНФЕКЦІЙ**

Спеціальність: 03.00.07 – мікробіологія

Дисертація

на здобуття наукового ступеня

кандидата сільськогосподарських наук

Науковий керівник:

Патика Володимир Пилипович,
доктор біологічних наук, професор,
академік НААН

Вінниця – 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ <i>BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM</i> – СОЯ ТА ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РОЗВИТОК І ПРОДУКТИВНІСТЬ БОБОВО- РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ (Огляд літератури).....	12
1.1. Формування та значення симбіотичної азотфіксації бобовими рослинами.....	12
1.2. Роль макро- і мікросимбіонтів у мікробно-рослинній взаємодії.....	16
1.3. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу.....	28
1.4. Функціонування симбіотичного апарату сої за впливу бактеріальних та вірусних хвороб.....	32
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу Правобережного	38
2.2. Методика проведення досліджень.....	44
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДІВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОРТІВ СОЇ.....	51
3.1 Азотфіксувальна активність та ефективність штамів <i>Bradyrhizobium japonicum</i> у симбіозі з <i>Glycine hispida</i> Maxim за умов вегетаційного і польового дослідження.....	51
3.2. Вплив кліматичних умов, інокуляції та пестицидів на проходження фаз росту і розвитку сортів сої.....	54
3.3. Густота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду.....	57

3.4. Висота рослин сортів сої за дії інокуляції та пестициду.....	59
---	----

РОЗДІЛ 4. СИМБІОТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДУ.....	62
---	----

4.1. Динаміка утворення бульбочок у рослин сої залежно від інокуляції та пестициду.....	62
---	----

4.2. Симбіотичний потенціал сортів сої за дії інокуляції та пестициду.....	71
--	----

РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ <i>BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM</i> – СОРТИ СОЇ ГОРЛИЦЯ ТА КИВІН.....	76
--	----

5.1. Формування симбіотичного апарату рослин сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду.....	76
--	----

5.2. Фотосинтетична діяльність сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду.....	93
---	----

5.3. Формування елементів структури врожаю сортів сої залежно від генотипу, кліматичних умов та дії інокулянта і пестициду.....	108
---	-----

5.4. Вплив дії гербіцидів на забур'яненість посівів та формування урожайності сої.....	115
--	-----

5.5 Мінливість якісних показників сої.....	123
--	-----

РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА ФІТОПАТОГЕНІВ НА МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ СОЇ.....	129
--	-----

6.1. Роль інокулянтів у формуванні мікробних угруповань ґрунту у ризосфері сої.....	129
---	-----

6.2. Роль інокулянтів сої у підвищенні її стресостійкості до фітопатогенів та пестицидів у рамках ефективності функціонування симбіотичної системи <i>Bradyrhizobium japonicum</i> – соя.....	138
---	-----

РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ДІЇ ПРОТРУЙНИКА ТА ГРУНТОВИХ ГЕРБІЦИДІВ.....	150
7.1. Економічна ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів.....	150
7.2. Енергетична ефективність застосування інокулянтів сої на фоні протруєння насіння та внесення ґрунтових гербіцидів.....	153
ВИСНОВКИ.....	157
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	161
ДОДАТКИ.....	188

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

Абс. – абсолютна;

АК – аскорбінова кислота;

АСП – активний симбіотичний потенціал;

АФА – азотфіксувальна активність;

БАП – бензиламінопурин;

БАР – біологічно активна речовина;

ВЖМК – вірус жовтої мозаїки квасолі;

га – гектар;

ГТК – гідротермічний коефіцієнт;

Д.р. – діюча речовина;

ЗАФА – загальна азотфіксувальна активність;

ІМК – індолілмасляна кислота;

К_ее – коефіцієнт енергетичної ефективності;

ПОЛ – перекисне окиснення ліпідів;

ПТМБ – продукти термофільного метанового бродіння спиртодріжджевого виробництва;

РРР – регулятор росту рослин;

ФАР – фотосинтетично активна радіація;

ФП – фотосинтетичний потенціал;

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу.

ВСТУП

Екологізація сільськогосподарського виробництва у сучасному світі є індикатором чутливості до глобальних порушень процесів кругообігу основних біогенних елементів у штучних агроценозах. Висока ефективність використання біологічного азоту визначає велике практичне значення досліджень, спрямованих на зростання його значущості в азотному балансі землеробства [18, 143, 221]. 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.

Актуальність теми. 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.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до угоди про творчу науково-технічну співдружність між Вінницьким національним аграрним університетом та Інститутом мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України (від 24. 03. 2009 р.) у межах науково-дослідної роботи відділу фітопатогенних бактерій за темами: «Моніторинг і генетична різноманітність фітопатогенних бактерій в системі органічного землеробства» (ДР № 0112U002751, 2013–2016 рр.) та «Метаболічні профілі сапрофітних бактерій родів *Pantoea* і *Pseudomonas* при формуванні асоціативних взаємодій у системах мікроорганізм – рослина» (ДР № 0112U002747, 2013–2016 рр.)

Мета і завдання дослідження. Мета роботи 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.

Методи дослідження – мікробіологічні, біохімічні, біотехнологічні, фізико-хімічні, статистичні, розрахунково-порівняльні – для визначення економічної та енергетичної ефективності технології вирощування сої.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше встановлено ефективність функціонування бобово-ризобіального симбіозу *Bradyrhizobium japonicum* – соя за резистентністю до дії фітопатогенних бактерій і вірусів.

Проведено скринінг пестицидів хімічного походження, які можна було б одночасно використовувати з мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій.

Науково обґрунтовано та експериментально доведено, що мікрофлора ґрунту під посівами сої і її попередниками, які піддаються впливу зовнішніх чинників, слугують індикаторами стану екосистеми і сукцесійних процесів.

Встановлено чутливість представників основних родів фітопатогенних бактерій до препаратів хімічного походження шляхом поєднання передпосівної обробки насіння сої препаратом бульбочкових бактерій в польових умовах за дії пестицидного навантаження.

Вивчено шкодочинність та поширеність бактеріальної та вірусної інфекції сортів сої в Лісостеповій зоні, на основі чого опрацьовано особливості формування симбіотичної системи за дії передпосівної бактерізації насіння.

Проведено економічну і біоенергетичну оцінку моделей технологічних прийомів вирощування сої, на підставі чого обґрунтовано позитивний вплив технології вирощування сої, яка передбачає інокуляцію посівного матеріалу препаратом *B. japonicum* М-8 на основі активних бульбочкових бактерій за концентрації титру 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.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати досліджень щодо хвороб сої, заходів захисту її від фітопатогенних мікроорганізмів та використання біологічно активних препаратів природного походження використано у монографії «Соя» (Вінниця, 2016), методичних рекомендаціях «Діагностика фітопатогенних бактерій» (Київ, 2014). Результати дисертації рекомендовано використовувати при викладанні курсів «Мікробіологія з основами вірусології», «Фітопатологія», «Агрофармакологія», «Основи екологічної токсикології», «Фізіологія рослин» у вищих навчальних закладах сільськогосподарського та біологічного профілю.

Основні результати наукових досліджень пройшли виробничу перевірку у 2015–2016 рр. в господарстві Шаргородського району Вінницької області: ПП «ЗЕТО» – на площі 68 га; в господарствах Оратівського району Вінницької області: ТОВ «Скоморошківське» – на площі 69 га та ФГ «Скоморошківське» – на площі 86 га. Впроваджена технологія

виросування сої забезпечила приріст урожаю 0,84 т/га, 0,95 т/га та 0,92 т/га відповідно.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою автора. Здобувачем самостійно проаналізовано світову та вітчизняну наукову літературу, розроблено програми досліджень, сплановано і проведено лабораторні, вегетаційні та польові досліди, здійснено фенологічні спостереження.

Експериментальні дослідження, статистичне оброблення одержаних результатів, підготовку наукових праць до друку, формулювання висновків проведено за безпосередньої участі здобувача під керівництвом д. б. н., професора, академіка НААН В. П. Патики, якому автор висловлює особливу подяку.

Вивчення культурально-біохімічних властивостей фітопатогенних бактерій, грибів та їхню ідентифікацію проведено спільно із співробітниками відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України д. б. н. Л. А. Пасічник, провідним інженером Н. В. Житкевич та Т. Т. Гнатюк, за що автор висловлює їм щирю подяку.

Дослідження азотфіксувального потенціалу симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – соя проведено спільно з д. б. н., професором, чл. кор. НАН України С. Я. Коцем, якому автор щиро вдячний.

Висловлюємо щирю подяку к. с.-г. н. доценту Я. Г. Цицюрі за консультативну підтримку в розрахунку економічної ефективності використання *B. japonicum* М-8 для передпосівної інокуляції насіння сої.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні матеріали дисертаційної роботи були обговорені та отримали позитивну оцінку на щорічних засіданнях Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (Вінниця, 2013–2015 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату» (м. Мелітополь, 2013 р.); Міжнародній науково практичній конференції

«Біологічна фіксація азоту» (м. Тернопіль, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Мікробіологія та імунологія – перспективи розвитку в XXI столітті» (м. Київ, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації» (м. Вінниця, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологічні проблеми сільського виробництва» (м. Вінниця 2016 р.)

Публікації. За результатами роботи опубліковано 20 наукових праць, з яких: 1 монографія, 5 публікацій у наукових фахових виданнях України (у тому числі 1 у наукових періодичних виданнях інших держав), 4 статті в інших наукових виданнях (у тому числі 1 публікація у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз), 9 – у матеріалах і тезах конференцій, 1 методичні рекомендації.

Обсяг та структура роботи. Дисертаційну роботу викладено на 205 сторінках комп'ютерного тексту. Робота складається зі вступу, огляду наукової літератури, опису матеріалів, методів та умов проведення досліджень, п'яти розділів експериментальної частини, висновків, рекомендацій виробництву, додатків. Робота містить 53 таблиці, 16 рисунків.

Список використаної літератури становить 258 джерел, з яких 95 латиною.

РОЗДІЛ 1
ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ
***BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* – СОЯ ТА ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ**
ФАКТОРІВ НА РОЗВИТОК І ПРОДУКТИВНІСТЬ БОБОВО-
РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ (Огляд літератури)

1.1. 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 [143]. Симбіотична азотфіксація є надзвичайно важливим процесом взаємодії мікроорганізмів і вищих рослин [221]. Здатність до симбіотичної азотфіксації виявлена більш ніж у 90 % вивчених у даному відношенні видів бобових рослин [18, 163].

Як вказує В.П. Патика [18] з посиланням на [54–58, 163] 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 [40, 54–58, 185].

Невипадково за значимістю для живої природи явище азотфіксації, здійснюване мікроорганізмами в симбіозі і асоціаціях із рослинами, прийнято порівнювати з іншим глобальним процесом планети Земля – фотосинтезом [18, 114]. 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 [18, 56, 110, 185, 203].

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 голандський 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 російський вчений Л. Доросінський класифікував як ризобій [32].

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 [18, 163].

У публікаціях В. П. Патики [110] з посиланням на [18, 58, 56, 94, 120, 144] 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 ендоефітних бактерій бобових рослин виділяють мікроорганізми родів: *Aerobacter*, *Aeromonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Chryseomonas*, *Curtobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavimonas*, *Pseudomonas* і *Sphingomonas* [206, 249]. Особливу роль серед них у біологічній фіксації азоту відіграють бактерії роду *Rhizobium*. В останні роки у технологіях вирощування бобових почали використовувати ендоефітні бактерії різних родів для інокуляції сумісно з бульбочковими бактеріями [181]. 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 [216].

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 [148]. 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 водою [40].

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 [18, 58, 144]. 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 [59, 62, 60], 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 [62]. Такими ключовими симбіозами виступають ризобії (бактерії родів *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*), які є факультативними рослинними симбіонтами *explanta* [56, 55, 164].

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 [26]. Біологічний азот експортується з бульбочок бобових у корені та надземну частину рослини. У свою чергу, фотоасиміляти слугують енергетичним матеріалом, С-акцепторами аміаку і джерелом вуглецю для росту корневих бульбочок [198]. На забезпечення симбіотичної азотфіксації витрачається 10–20 % від загальної продукції фотосинтезу, необхідної для росту рослин [235]. 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 C:N [64]. 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 вуглеці з урахуванням закономірностей її формування, росту і функціонування, є складними і до кінця не вивченими.

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

Як відмічає С. Я. Коць, Г. О. Іутинська з посиланням на інших дослідників [58, 56, 164, 41, 220] асоціативні угруповання бактерій колонізують різні органи та тканини рослин – ризосферу, ризоплану, філосферу, гістосферу тощо. Сформований мікроценоз безпосередньо бере участь у нормальному рості та розвитку рослин, їх живленні, підвищує

резистентність до патогенів та ряду інших шкочинних 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 [159, 222].

Це ж підтверджується дослідженнями П. Кожевiна [90], 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 [58].

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 [205]. Зокрема відомо, що ексудати насіння бобових

культур можуть впливати на здатність специфічних бульбочкових бактерій формувати симбіотичні взаємовідносини з рослинами [82].

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 [208], 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 [111, 171, 176].

Спрямованість впливу ексудатів 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 [253].

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 висококомплементаційних комбінацій макро- і мікросимбіонтів, придатних забезпечувати високий вихід повноцінної і екологічно чистої рослинної біомаси [143].

Разом з тим, відомо, що продуктивність рослинного організму, як відмічає В. Г. Кур'ята з посиланням на інших дослідників [71, 59, 46, 12], 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 [18, 125]. Відомо також, що активність азотфіксувального апарату формується і регулюється за допомогою фітогормонів [18, 1]. Встановлено позитивну дію ауксину і цитокінінів на формування бульбочок та їх нітрогеназну активність [58, 57]. 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 [94, 49, 61, 75], а специфічні видові реакції вказують на таксономічну приналежність штамів

азотфіксувальних бактерій бобових [107, 22, 76, 258]. Однак відомо, що лектин також виконує роль сигнальних молекул біологічно активних речовин [107, 22].

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 [18].

Симбіотична взаємодія між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями є складним фізіологічним процесом, який регулюється системою сигналінгу між макро- і мікросимбіонтами [58]. 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 [217]. У свою чергу, їх кількість контролюється багаторівневою антиоксидантною системою захисту.

В 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 [213, 252].

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 [26].

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 [134].

Виділяють два основних способи проникнення ризобій у корені рослин: через кореневі волоски або через тріщини в епідермальних тканинах кореня [230]. Інфікування корневих волосків передбачає формування кореневої нитки (ІН), що є тубулярною структурою, яка складається з компонентів рослинно-клітинної стінки [186]. 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 [186, 248]. 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 [194, 234]. 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 ендосициозу 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 [26]. 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 [254].

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 [112]. 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 [132, 189].

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 [158, 175, 187, 224, 237]. Отже, регуляція експресії генів симбіозу, їх активність і функціонування бульбочки носить складний спадковий характер, як у *Glycine max.* [255, 256] та інших культур [224, 227, 226, 225] і контролюється великою кількістю генів обох симбіопартнерів [255]. З боку рослини симбіоз контролюється генами, їх комбінаціями, алельним станом, рівнем гетерозиготності, і ці генні ефекти звичайно проявляються на популяційному рівні [231]. За цих умов, генетичний аналіз потомства від багатьох схрещувань рослин із різним рівнем азотфіксації виявив, що гени, які контролюють розвиток цієї ознаки, являються домінантними [78, 79, 93, 103]. 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 [93].

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* [175] і генетичних факторів рослини. Ідентифіковано ряд генів, які контролюють здатність до бульбочкоутворення у *Glycine max* [133]. 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 [126]. Механізм контролю кількості бульбочок – авторегуляції бульбочкоутворення, та їх розмірів, впливає на кількість фіксованого азоту – в багатьох бобових [103] і *Glycine max* [190, 195]. 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 [229].

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 [142, 188].

Нині дослідження метаболічного профілю рослини за допомогою хроматомаспектрометрії є найбільш інформативним методом для вивчення особливостей функціонування бобово-ризобіальних систем [170, 207, 228, 242]. 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 [240, 97].

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 [182].

Однак, відмічається, що на ґрунтах, де вперше культивується бобова рослинна, як правило, масове утворення бульбочкових бактерій відсутнє. Тому, з метою покращення фіксації азоту та адаптації рослини до ґрунтового середовища, застосовують обробку насінневого матеріалу бактеріальними препаратами на основі селекціонованих активних штамів *Bradyrhizobium japonicum* [115, 141].

У життєвому циклі бульбочкових бактерій можна виділити дві стадії: стадію вільноіснуючих гетеротрофів та стадію симбіотичної взаємодії з бобовими рослинами [32, 94, 240]. 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 [24]. Більшість екологічних досліджень щодо вивчення чисельності ризобій здійснюється за допомогою методу граничних розведень ґрунтових суспензій [146].

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 [168].

Експериментально доведено, що ризобії здатні довгий час залишатися у ґрунті без рослин і функціонувати як сапрофіти. Дані, отримані В. Brunel із співавторами [172] 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 [240]. Дослідження М. Толкачова [147] 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 [32]. 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 [168].

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 [94, 64, 129]. 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 [132, 201], 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 [115]. 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 по ознаках симбіозу [126]. Не менш важливим фактором залишається специфічність мікросимбіонтів, утворювати симбіоз з окремими бобовими рослинами або їх групами [129]. 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 [204, 174]. 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 [132].

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

Як і будь-яка складна біологічна система симбіотична 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 [251, 3]. 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 [191].

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 [191].

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 [32].

Одним з головних екологічних факторів для бульбочкових бактерій є температура. Вони стійкі до низьких температур (за температури нижче 10°C відбувається прояв ознаки холодного стресу) і гинуть при температурі вищій 50 °C [104, 139]. Значне підвищення температури призводить до зниження чисельності *V. japonicum* у ґрунті. Ю. Стояною 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 [139]. У відповідь на дію несприятливих температур у бобових рослин, ризобій та утворених між ними симбіотичних структурах відбувається синтез стресових протеїнів [139].

Дефіцит вологи [104, 91] або перезволоження [104] 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 [104]. 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 [142]. 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 [91, 165]. Зниження концентрації кисню біля коренів призводить до слабкого розвитку кореневої системи та зменшення кількості бульбочок і рівня поглинання коренем калію, кальцію і фосфору [132]. 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 [132].

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 [132, 149].

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. [128, 4, 116, 200, 97]. 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 [18].

Вкрай негативно на функціонування симбіотичного апарату сої впливає засолення, зумовлюючи сольовий стрес [242, 180]. 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 екотопі [240, 97]. Таке явище є прикладом мутуалістичного симбіозу. Проте відомі випадки, щодо впливу на

ризобії корневих ексудатів небобових рослин. Так, автор Г. Лисичкина у своїх дослідженнях [211] 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 [67, 73, 145, 81]. Показано також, що деякі пестициди, які застосовуються в технологіях вирощування бобових культур, пригнічують утворення бульбочок, проте не є токсичними для макро- і мікросимбіонтів [145].

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 [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 [243]. Автор Л. М. Пароменська [109], проводячи дослідження виявила, що гербіциди окрім опосередкованої дії через рослини, виявляли і пряму дію на нітрогеназний комплекс. Вплив пестицидів, як відмічається [243, 140, 28, 30, 31, 19] 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.

1.4. 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 [95].

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 [42, 153, 130, 15, 21, 151].

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 онік), *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* [10, 169, 179, 178, 27].

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 [27, 36].

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 $4 < 18$ % [26, 36, 151, 119, 122, 155, 232, 233].

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 [161, 184]. 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 [68, 70, 63], очевидно, для формування ефективного соєво-ризобіального симбіозу обов'язковим агрозаходом повинна бути штучна бактеризація насіння високоактивними штамми 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 [10, 178, 77, 209, 8, 245, 199, 178].

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 [18, 41, 20, 97], позитивно

впливали як на онтогенез так і на реалізацію продуктивності сортів сої, підвищення їх стресової стійкості та підвищення патогеностійкості. Так, дослідженнями В. П. Миколаєвського [89] 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 [96, 87, 69, 74, 51, 53, 151].

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 % [100, 5, 162, 77, 48].

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 [167, 100, 246]. Як показує аналіз літературних даних, інтенсивне інфікування рослин відбувається протягом вегетаційного періоду [162, 77]. 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 [167]. 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 [160]. 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 [212, 215, 202]. 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 [177], 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 [166]. Тобто, вірусне ураження негативно впливає на симбіотичну систему уражених рослин, знижуючи здатність біологічної фіксації атмосферного азоту [162, 77].

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 [50]. 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 % [162] 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 [42, 2, 239, 50].

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

ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу Правобережного

На ріст, розвиток та формування рівня урожаю сільськогосподарських культур, у тому числі сої, мають безпосередній вплив ґрунтові та кліматичні умови зони вирощування. Вони визначають виникнення лімітуючих факторів у регіоні і зміни елементів технології вирощування культур [65].

Ґрунтово-кліматичні умови України дають змогу одержувати високі врожаї сільськогосподарських культур та в значній мірі задовольняти потреби населення в продуктах харчування [45]. Лісостепова зона – це велика територія з придатними для вирощування сої ґрунтами, тепловими, світловими і водними ресурсами, тривалістю вегетаційного періоду [6]. За структурою ґрунтового покриву зона Лісостепу є однією з найскладніших. У структурі її земельного фонду набули поширення ясно-сірі лісові – 3,8 %, сірі лісові – 11,3 %, темно-сірі опідзолені – 13 %, чорноземи опідзолені – 21,6 %, чорноземи типові – 36,5 %, лучно-чорноземні – 2,8 % і лучні – 3,5 % ґрунти [141]. Сільськогосподарські угіддя займають 35 % державного фонду земель Лісостепової зони [65]. Основними ґрунтоутворюючими породами у Лісостепу Правобережному є лес і лесовидні суглинки [9].

Клімат зони помірно теплий і має чітку сезонну контрастність, так як зазнає впливу повітряних мас, які формуються над Атлантичним океаном. Із заходу на схід спостерігається збільшення континентальності, що відповідно впливає на амплітуду коливань добової температури [72]. Багаторічні метеорологічні спостереження показали, що перехід середньодобової температури через $+5^{\circ}\text{C}$ весною відбувається на початку квітня, а восени в кінці жовтня – на початку листопада. Таким чином, тривалість вегетаційного періоду становить 200–205 діб. Середньорічна сума опадів становить 580–630 мм, за вегетаційний період – 320 мм опадів. Найбільша кількість

опадів спостерігається влітку – 80–90 мм/міс., найменша – взимку – 30–35 мм/міс [121].

Дослідження проводилися в межах Вінницької області, яка належить до Лісостепу Правобережного. Сприятливі кліматичні умови та земельні ресурси цієї зони зумовлюють високий потенціал виробництва сільськогосподарської продукції [105].

Територія Вінницької області за агрокліматичними умовами поділяється на три райони: північно-східний, центральний та південний. Дослідження проводилися на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету, яке розташоване в центральній частині області та характеризується вологим і помірно теплим кліматом. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,7–1,8. Близько 70 % опадів випадає у теплий період року і 30 % у холодний. Основні кліматичні показники центральної зони Вінницької області наведено у таблиці 2.1 [9, 121].

Таблиця 2.1.

**Середньобогаторічні кліматичні показники центральної зони
Вінницької області**

№ з/с	Кліматичні показники	Величина
1	Сума активних температур, t° С	2671–2780
2	Довжина без морозного періоду, дні	141–147
3	Середньорічна температура повітря, t° С	6,7–7,0
4	Мінімальна температура повітря, t° С	-34
5	Максимальна температура повітря, t° С	+38
6.	Дата осінніх заморозків	6–7. 10
7	Дата останніх весняних заморозків	23–25. 04
8	Довжина вегетаційного періоду, дні	199–205
9	Сума атмосферних опадів за рік, мм	581–634
10	Сума опадів за вегетаційний період, мм	368–425
11	Довжина періоду з сніговим покривом, дні	87–90
12	Середня максимальна глибина снігового покриву, см	14–15
13	Середня глибина промерзання ґрунту, см	56
14	Сума ефективних температур > 5°С	1949–2059
15	Переважаючий напрямок вітру	Північно-західний

Таким чином, можна зробити висновок, що ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу Правобережного являються сприятливими як для вирощування більшості сільськогосподарських культур, так і для сої.

Територія дослідного поля має рівний рельєф. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений сірими лісовими середньо-суглинковими ґрунтами. За морфологічними ознаками, фізичними та фізико-хімічними показниками вони є типовими як для Вінницької області, так і в цілому для Лісостепу Правобережного, та сприятливі для вирощування сої. Сірі лісові ґрунти займають проміжне місце між ясно- і темно-сірими ґрунтами, глибина орного шару ґрунту – 30 см, середньо-суглинкового гранулометричного складу, грудочкуватої структури. Його щільність – 1,32–1,4 г/см³.

За даними агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники: вміст гумусу (за Тюріним) становить 2,02–2,25 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 60–67 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 149–212 мг/кг і 80–92 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5–6,0. Гідролітична кислотність – 1,10–1,21 мг-екв на 100 г ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки

Назва ґрунту		Сірий опідзолений середньо-суглинковий
Вміст гумусу за Тюріним, %		2,02-2,25
Вміст рухомих форм, мг/кг	N	60-67
	P ₂ O ₅	149-212
	K ₂ O	80-92
рН сольової витяжки		5,5-6,0
Гідрологічна кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту		1,1-1,21
Сума увібраних основ, мг-екв на 100 г ґрунту		14,6-15,3

Соя є унікальною біологічною культурою. Вона вимоглива до фотоперіодизму і чутлива до інтенсивності освітлення, теплолюбна й водночас порівняно стійка до приморозків, полубляє вологу і добре реагує на зрошення, але доволі посухостійка (соя відзначається найвищою

посушійкістю серед усіх зернобобових культур, окрім нуту). Вміст білка і жиру в насінні сої може суттєво коливатись не лише від наявності основних елементів живлення в ґрунті, але й від кліматичних умов.

При вирощуванні сої надзвичайно важливе значення має температура. Температура для сої є основною умовою формування продуктивності та дозрівання. Тому, створені сорти сої досить чітко поділяють за сумою активних температур ($t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для дуже ранніх сортів цей показник має складати – 1600–1900 $^{\circ}\text{C}$, ранньостиглих – 2000–2200 $^{\circ}\text{C}$, середньопізньостиглих – 2800–2950 $^{\circ}\text{C}$ і пізньостиглих – 3000–3200 $^{\circ}\text{C}$. Отже, сума активних температур, що властива для регіону, і є вирішальним фактором для вирощування тих або інших сортів сої (табл. 2.3). Соя потребує 130–160 % води від своєї маси для нормального проростання насіння. Проросток при нестачі вологи сильно пригнічується. За період росту і розвитку рослин сої перший відносний максимум вологоспоживання настає у фазі гілкування, а другий – більш інтенсивний – у фазі формування та наливання насіння [7]. Таким чином, можна зробити висновок, що гідротермічні умови регіону вирощування є одним із визначальних факторів одержання високих та сталих врожаїв зерна сої.

Таблиця 2.3

Необхідні показники температурно-водного режиму у основні періоди росту і розвитку сої [7]

Період росту і розвитку сої	Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$			Кількість вологи, $\text{м}^3/\text{га}$
	мінімальна	достатня	оптимальна	
Сівба-сходи	8-10	15-18	20-22	15-30
Сходи-гілкування	10-12	17-20	22-25	15-30
Цвітіння	16-18	19-21	22-25	40-60
Формування бобів	13-14	17-18	20-23	40-60
Дозрівання	7-8	13-16	18-20	30-40

Згідно з кліматичними умовами Лісостепу Правобережного та відповідно до результатів попередніх досліджень посів сої в регіоні можна розпочинати із першої декади травня, а збирання проводити у вересні –

жовтні. Саме тому основну увагу в спостереженнях за кліматичними умовами приділяли періоду травень – жовтень, який був визначним для формування продуктивності посівів сої.

Кліматичні умови в роки проведення досліджень були в цілому досить сприятливими для росту і розвитку сої, проте, згідно даних Вінницького обласного центру гідрометеорології, в окремі періоди спостерігались суттєві відхилення від багаторічних показників, що, в свою чергу, відобразилось на продуктивності посівів (рис. 2.1, рис. 2.2).

Так, 2013 рік характеризувався найбільшою кількістю опадів серед досліджуваних років. Зокрема, у червні сума опадів була – у 1,4 рази більша за середню багаторічну норму, а у вересні – у 1,8 разів, хоча у липні та жовтні дані показники були значно нижчими за середні – у 0,26 та 0,41 рази відповідно. У 2014 році опадів було дещо менше, порівняно із попереднім роком, хоча у травні їх сума – у 2,8 разів перевищувала середню багаторічну. З червня по жовтень рівень опадів навіть не доходив до рівня середніх багаторічних опадів. Найменшою їх кількістю характеризувався вересень, коли сума опадів за період вдвічі була меншою за середньобагаторічну. Найбільш посушливим виявився 2015 рік.

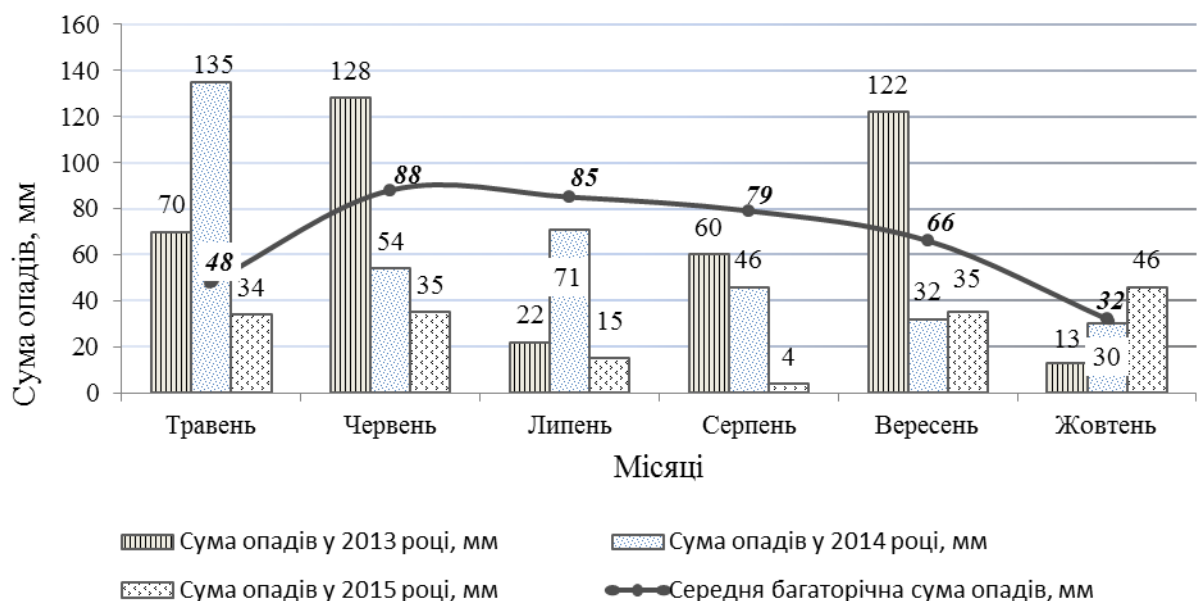


Рис. 2.1. Відхилення надходжень кількості опадів у роки проведених досліджень від середніх багаторічних показників, 2013–2015 рр., мм.

Так, за шість місяців випала критично низька кількість опадів. Найбільш посушливим виявився серпень, коли опадів було лише 5 % від середньої багаторічної норми.

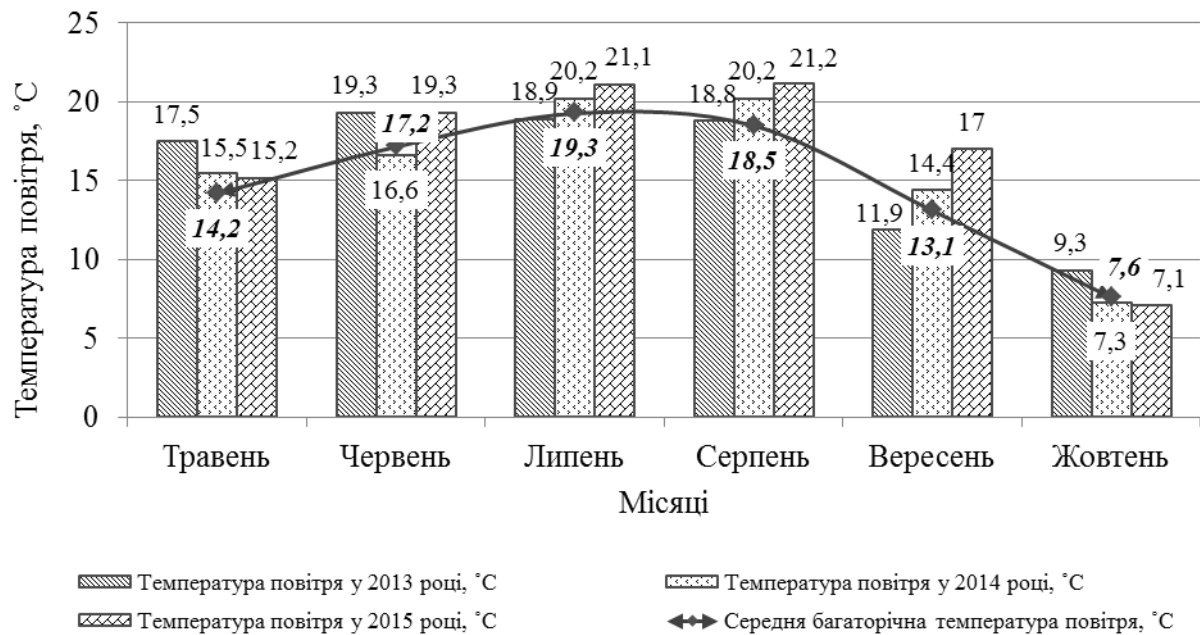


Рис. 2.2. Динаміка середньодобової температури повітря у роки проведення досліджень, 2013–2015 рр., °C.

Що стосується динаміки середньодобової температури у роки дослідження, варто зазначити той факт, що вона коливалась близько рівня середньої багаторічної. Найтеплішим виявився 2015 рік, що у поєднанні із низькою кількістю опадів значно вплинуло на низьку врожайність сої. Найхолоднішим виявився 2014 рік за рахунок прохолодного червня, коли температура на $0,6^{\circ}\text{C}$ була нижчою за середню багаторічну.

Отже, погодні умови вегетаційного періоду у роки проведення досліджень були досить контрастними, часто спостерігалось відхилення середньодобової температури і кількості атмосферних опадів від середніх багаторічних показників. Особливо аномальним виявився 2015 рік із значним підвищенням температури та критично низькою кількістю опадів. Проте, в цілому дані умови були сприятливими для росту, розвитку та формування продуктивності досліджуваних сортів сої.

2.2. Методика проведення досліджень

Експериментальну частину виконували впродовж 2013–2016 рр. у вегетаційних та лабораторних умовах відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України і відділу симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та у польових умовах дослідного поля Вінницького національного аграрного університету с. Агрономічне, Вінницького району, Вінницької області.

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

У дослідженнях передбачалось вивчення взаємодії двох факторів: А – сорти; В – інокуляція та пестициди; згідно схеми досліду (табл. 2.4).

Облікова площа ділянки 10 м², повторність досліду 4-х кратна.

Таблиця 2.4

Схема польового досліду

Фактор А – сорти	Фактор В – інокулянт та пестициди
1.Горлиця	1 – Контроль (обробка водою); 2 – <i>B. japonicum</i> М-8;
2.КиВін	3 – фунгіцид Максим XL + <i>B. japonicum</i> М-8; 4 – <i>B. japonicum</i> М-8 + внесення ґрунтового гербіциду Харнес; 5 – <i>B. japonicum</i> М-8 + внесення післясходового гербіциду Базагран

Додатково до основного досліду вивчали методами польової оцінки (у межах культур багатфакторного стаціонару тематик кафедр агрономічного факультету Вінницького національного аграрного університету ріпак ярий та озимий, люпин білий, соя, пшениця тощо на фонах живлення для більшості культур N₃₀P₃₀K₃₀, N₆₀P₆₀K₆₀) вплив бактеріального штаму на мікробні угруповання ризосфери сої та рівень

фітопатогенної резистентності останніх за використання бактеризації насіння *B. japonicum* М-8, а також персистентність штамів за дії найбільш поширених пестицидів і протруйників сої в лабораторних умовах відповідно до загальноприйнятих рекомендацій [13, 34].

Підготовка і обробіток ґрунту під сою загальноприйняті для Лісостепової зони України і спрямовані на максимальне знищення бур'янів, вирівнювання поверхні ґрунту та збереження вологи, що в свою чергу створювало сприятливі умови для росту і розвитку рослин.

Попередником була пшениця озима. Після збирання попередника проводили основний обробіток ґрунту, який передбачав дискування на глибину 8–10 см та внесення фосфорних і калійних добрив з розрахунку $P_{60}K_{60}$ кг/га д.р. у вигляді суперфосфату простого (P_2O_5 – 16 %) і калійної солі (K_2O – 40 %) з послідуною оранкою на глибину 22–25 см. Навесні проводили передпосівний обробіток ґрунту, який передбачав культивацію на глибину 6–8 см з прикочуванням для забезпечення оптимальних умов посіву на задану глибину.

У роботі використовували штам стандарт *B. japonicum* 634б та штам *B. japonicum* М-8 який відмічається широким спектром варіативності із різними сортами сої, що суттєво проявляє генотипні ознаки рослин в посиленні симбіотичної азотфіксації.

За 4–5 діб до сівби проводили обробку насіння сої протруйником Максим XL, т.к.с. (флудиоксоніл, 25 г/ л + металаксил- М, 10 г/ л) у нормі 1 л/т.

У день сівби проводили обробку посівного матеріалу *B. japonicum* М-8, який є біоагентом мікробного препарату Ризобофит (титр 10^8 КУО/мл), який був вироблений в Інституті сільськогосподарської мікробіології НААН.

Об'єктами дослідження були корені рослин (*Glycine max* L. Merr.) вірусостійкого сорту Горлиця та толерантного сорту КиВін оброблені *B. japonicum* М-8. Культуру повільнорослих бульбочкових бактерій

вирощували на манітно-дріжджовому середовищі протягом 7 діб при 26–28 °С. Контролем слугував варіант без інокуляції.

Сіяли сою, керуючись температурними показними ґрунту сівалкою СН – 16 з шириною міжрядь 45 см, норма висіву при цьому становила 600 тис./га для сорту Горлиця і 700 тис./га для сорту КиВін.

Також у дослідженнях використовували гербіциди регламентовані «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні»:

Харнес, 90 к. е. (ацетохлор) – селективний досходовий ґрунтовий гербіцид та Базагран, 48% в. р. (бентазон) – контактний післясходовий гербіцид.

Одразу після сівби для боротьби з бур'янами вносили селективний досходовий гербіцид Харнес 90 к. е. (д. р. ацетохлор 900 г/л) у дозі 2,2 л/га.

У період вегетації при досягненні рослин сої фази 1–3 справжніх листків для боротьби з однорічними дводольними бур'янами вносили гербіцид Базагран 48% в. р. (д. р. бентазон 480 г/л) у дозі 2,0 л/га, ранцевим обприскувачем, з витратою робочої рідини – 300 л/га.

Контроль – забур'янений посів без застосування гербіцидів і ручних прополовань.

Проведення досліджень здійснювалося у відповідності до методичних вказівок [108, 150].

Для істотної оцінки даних польових і лабораторних досліджень проводили фенологічні спостереження згідно «Методики Держсортівипробування сільськогосподарських культур» і «Методики проведення досліджень у кормо виробництві». Відмічали фази росту і розвитку рослин. Початок фази встановлювали, коли вона наступала в 10 % рослин, повну фазу у 75 % рослин [108, 83, 85]. Крім того, густоту рослин визначали у фазі повних сходів і перед збиранням урожаю на закріплених кілочками площадках, у чотирьох разовій повторності, польову схожість насіння сої та виживання рослин визначали у відповідності

загальноприйнятих методик. Висоту рослин визначали шляхом заміру на закріплених кілочками 25 рослинах в основні фази росту і розвитку рослин сої [108, 33].

Відбори зразків коренів рослин для аналізу проводили тричі – після завершення формування симбіозу (1-й відбір – 35 доба після появи сходів, фаза бутонізації) та в період активної азотфіксації (2-й і 3-й відбір – 45 і 55 доба після появи сходів, фази цвітіння та масового цвітіння відповідно).

Азотфіксувальну активність визначали ацетиленовим методом [192]. Нітрогеназну активність визначали на газовому хроматографі «Agilent GC system 6850» (США) з полуменево-іонізаційним детектором. Розділення газів проводили на колонці (Supelco Porapak N) за температури печі 55 °С і температури детектора 150 °С. Газоносієм був азот (50мл за 1хв). Об'єм аналізованої проби газової суміші становив 1мл. Як стандарт використовували чистий етилен (Sigma). Азотфіксацію виражали у молярних одиницях утвореного етилену на 1 рослину за 1 годину (нмоль або мкмоль C_2H_4 /(рослину*год) – загальна C_2H_2 -відновлювальна активність (АВА)).

Екстракцію та аналіз метаболітів проводили згідно загальноприйнятої методики виділення метаболітів із коренів рослин [210]. Для цього відразу після відбору наважки зразків коренів сої заморожували у рідкому азоті та гомогенізували у мікропробірці. Зразки аналізували на хроматографі «Agilent GC system 7890А» (США) із маспектрометром 5975С, із застосуванням HP5MS-капілярної колонки довжиною 30 м, внутрішній діаметр якої 0,25 мм, плівкою щільністю 0,25 мкм та постійним протоком гелію 1 мл/хв. Об'єм зразка, що наносився, становив 2 мкл за температури інжектора 280 °С. Початкова температура колонки становила 80°С із затриманням в 5 хв до 300 °С зі швидкістю 5 °С/хв при затримці 2 хв. Відношення маси до заряду становило від 50 до 650. Діапазон сканування – від 10 до 650. Отримані спектри обробляли за допомогою програми MSD Chem Station E.02.00.493 (Agilent, США). Для усереднення використовували 4–10 спектрів. Кількість

отриманих метаболітів виражали у відсотках відносно загального їх вмісту або у мг/г зразка.

Для встановлення кількості й маси ризобіальних утворень відбирали моноліти ґрунту 25×25×30 см. Після відмивання коренів із кожної повторності залишали по 5 рослин, відокремлювали від коренів бульбочки, підраховували їх середню кількість на одну рослину, підсушували та зважували.

- показники фотосинтетичної активності рослин сої, а саме площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал (ФП) та чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали відповідно до методики [152].

Площу листової поверхні у відповідні фази росту визначали методом «висічок» з подальшими розрахунками згідно формули:

$$П = \frac{M * n * k}{m} \quad (2.1)$$

де: $П$ – площа листової поверхні, тис. м² /га;

M – маса листків в пробі, г;

n – площа однієї висічки, см²;

k – кількість висічок;

m – маса висічок, г.

Фотосинтетичний потенціал визначали, використовуючи формулу 2.2:

$$\Phi П = \frac{(L_1 + L_2) * T_1 + \dots + (L_n + L_{n+1}) * T_n}{2}, \quad (2.2)$$

де: $\Phi П$ – фотосинтетичний потенціал, млн м² діб/га;

$L_1 + L_2$ – сума площі листків за періодами, тис. м²/га;

$T_1 T_n$ – тривалість періоду, діб.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали використовуючи формулу 2.3:

$$\text{ЧПФ} = \frac{2 * (B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2) * T}, \quad (2.3)$$

де: ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м²*добу;

B_1 – суха маса врожаю в попередній фазі, г;

B_2 – суха маса врожаю в наступній фазі, г;

L_1 – площа листя в попередній фазі, тис. м²/га;

L_2 – площа листя в наступній фазі, тис. м²/га;

T – тривалість, діб.

- вміст сухої речовини у відповідні фази росту визначали ваговим методом, згідно ДСТУ ISO 6496-2005, при дворазовому повторенні шляхом висушування зразків рослин сої у термостаті при температурі + 105°C до постійної маси, використовуючи формулу (2.3) з подальшим перерахунком на 1 га:

$$Cp = \frac{100 * M_2}{M_1}, \quad (2.5)$$

де: Cp – вміст сухої речовини, %;

M_2 – маса наважки після висушування, г;

M_1 – маса наважки до висушування, г.

- симбіотичну продуктивність рослин сої визначали відповідно до методики Г. С. Посипанова [123, 124] з врахуванням ряду рекомендацій [13, 34], враховуючи такі показники, як загальна кількість і маса бульбочок, кількість і маса активних бульбочок, загальний (ЗСП) та активний (АСП) симбіотичний потенціал, питома активність симбіозу (ПАС):

$$ЗСП = \frac{M_1 + M_2}{2} * T, \quad (2.6)$$

де: $ЗСП$ – загальний симбіотичний потенціал, тис. кг діб/га;

T – період між двома сусідніми строками аналізу, діб;

M_1, M_2 – середня маса бульбочок за період T , кг/га.

$$АСП = \frac{M_1 + M_2}{2} * T, \quad (2.7)$$

де: $АСП$ – активний симбіотичний потенціал, тис. кг діб/га;

T – період між двома сусідніми строками аналізу, діб;

M_1, M_2 – середня маса бульбочок за період T , кг/га.

$$ПАС = \frac{N_1 + N_2}{АСП_1 - АСП_2}, \quad (2.8)$$

де: *ПАС* – питома активність симбіозу, гN/кг;

N₁, *N₂* – максимальне використання азоту рослинами у відповідних варіантах дослідів за окремі періоди або за вегетацію в цілому, кг/ га;

АСП₁, *АСП₂* – активний симбіотичний потенціал у варіантах які порівнюються, тис. кг діб/га.

- перед збиранням врожаю проводили відбір пробного снопа з кожного варіанта для визначення індивідуальної продуктивності рослин сої. Збирання зерна сортів сої проводили прямим комбайнуванням «Sampro-130» у фазі повної стиглості, за вологості 14–15 % з подільанковим обліком урожаю та відбором зразків для подальших аналізів.

- оцінку розвитку бактеріозів та вірусів сої проводили за загальноприйнятими методиками та рекомендаціями [83, 11, 156, 87, 84].

- математичну обробку одержаних результатів проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з використанням пакетів програм на ПЕОМ (Excel, Statistica 6.0, Agrostat) [33]

- економічну ефективність вирощування сої залежно від внесення інокулянту та застосування гербіцидів проводили на основі прямих витрат із складених технологічних карт [38].

- енергетичну оцінку вирощування сої проводили згідно методики О. К. Медведовського, П. І. Іваненка [80] та інших [86, 92, 35, 17].

- оцінку технологій вирощування сортів сої на конкурентоспроможність проводили згідно методики А. Д. Гарькавого, В. Ф. Петриченка та А. В. Спіріна [25];

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДІВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОРТІВ СОЇ

3.1 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* 6346.

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. 3.1).

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* 6346 є ефективним і відмічалось

високою азотфіксувальною активністю (табл. 3.2.).

Таблиця 3.1

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 3.2

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 C_2H_4 / (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. 3.3).

Таблиця 3.3

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 634б	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

мікросимбіонтів 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.

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

У табл. 3.4 та табл. 3.5, наведені показники тривалості міжфазних періодів росту й розвитку рослин сої в залежності від середньодобової температури повітря, суми температур, кількості опадів. 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.

Таблиця 3.4

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

Фактори	Міжфазні періоди			
	Посів-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

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 торохкає, набуває властивих сорту забарвлення і форми.

Тривалість вегетаційного періоду від дати повних сходів до дати господарської стиглості наведено у (табл. 3.5). 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.

Послідуюче 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.

Тривалість міжфазних періодів сортів рослин сої залежно від інокуляції та дії пестициду, (у середньому 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

3.3. Густина 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.

Густина 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 [52].

Вплив інокуляції та пестициду на польову схожість та збереження рослин показано у (табл. 3.6).

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 *B. japonicum* М-8, який є мікробним біоагентом препарату Ризобофит, 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 *B. japonicum* М-8 сумісно з ґрунтовим гербіцидом

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

Таблиця 3.6

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 + гербіцид Харнес	83,4	601	441	73,3
	Ризобофіт + гербіцид 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 + гербіцид Харнес	82,6	678	503	74,2
	Ризобофіт + гербіцид 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 досліді, де використовувалися *V. japonicum* М-8 сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес, де попередньо було встановлено найнижчу густоту рослин на гектарі та найнижчі показники польової схожості насіння. Таким чином, показники виживання рослин на вказаному варіанті досліді 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.

3.4. Висота рослин сортів сої за дії інокулянту 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.3.7).

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 досліду, де застосовували сумісно Ризобофіт та досходовий гербіцид Харнес.

**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 *V. japonicum* М-8, порівняно з штамом *V. 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 піясходовим гербіцидом Базагран.

4. Як для середньораннього сорту Горлиця, так і для ранньостиглого сорту КиВін, найкращі умови для росту і розвитку рослин були на варіантах досліді, 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.

Матеріали розділу викладено у працях:

1. Алексеев О. О. Формування високоефективної симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – Соя / О. О. Алексеев, В. П. Патика // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60) – С. 40–44.

2. Алексеев О. О. Урожайність сортів сої Горлиця та КиВін за дії інокулянту та пестицидного навантаження в умовах Правобережного Лісостепу України / О. О. Алексеев, В. П. Патика // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2017. – вип. 90. Ч. 1 – С. 289–297.

РОЗДІЛ 4

СИМБІОТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПЕСТИЦИДУ

4.1 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 [3].

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 [55]. 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 [114].

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 [123].

Здатність проникати в корені рослини-господаря та викликати утворення бульбочок є однією з важливих симбіотичних характеристик бульбочкових бактерій. Згідно з літературними даними [94] 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. 4.1).

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 [70] 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.

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

Сорт	Варіант обробки	Фази росту і розвитку					
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння	
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0	0	0
КиВін		0	0	0	0	0	0
Горлиця	Ризобофіт	14,4±1,34	9,5±0,8	24,6±2,25	16,8±1,56	37,3±3,72	25±2,46
КиВін		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	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	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		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	Ризобофіт + гербіцид Харнес	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		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	Ризобофіт + гербіцид Базагран	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		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 Голиця та КиВін відповідно (табл.4.2).

При взаємодії бобової рослини з бульбочковими бактеріями може утворюватися як ефективний, так і неефективний симбіоз, який часто пов'язаний зі слабким розвитком корневих бульбочок [214].

Проведені дослідження показали, що бактеризація насіння сої досліджуваним *V. jaronicum* 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. 4.2).

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 (у середньому за 2013-2015 рр), мг/ рослину

Сорт	Варіант обробки	Фази росту і розвитку					
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння	
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0	0	0
КиВін		0	0	0	0	0	0
Горлиця	Ризобофіт	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		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	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	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		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	Ризобофіт + гербіцид Харнес	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		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	Ризобофіт + гербіцид Базагран	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		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.4.3). 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 досліджуваній 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. Таким чином, накопичення сирої маси активних бульбочок було найвищим на варіанті досліду, де застосовували мікробний препарат Ризобофіт.

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

Сорт	Варіант обробки	Фази росту і розвитку					
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння	
		Загальна	Активних	Загальна	Активних	Загальна	Активних
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0	0	0
КиВін		0	0	0	0	0	0
Горлиця	Ризобофіт	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		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	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	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		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	Ризобофіт + гербіцид Харнес	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		155,88±14,6	109,68±9,3	233,22±21,7	139,26±12,3	302,88±29,6	188,82±17,8
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	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		188,46±17,6	134,16±12,4	254,34±24,2	166,2±15,4	326,28±30,4	200,22±19,2

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. 4.4). 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 та нітрогеназна активність сої, залежно від інокуляції та пестицидів

(у середньому за 2013-2015 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Фази росту й розвитку рослин					
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння	
		Маса бульбочок, мг/рослину	АФА мкмольС ₂ Н ₄ /рослину*год	Маса бульбочок, мг/рослину	АФА мкмольС ₂ Н ₄ /рослину*год	Маса бульбочок, мг/рослину	АФА мкмольС ₂ Н ₄ /рослину*год
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0	0	0
КиВін		0	0	0	0	0	0
Горлиця	Ризобофіт	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		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	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	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		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	Ризобофіт + гербіцид Харнес	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		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	Ризобофіт + гербіцид Базагран	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		223,6±21,6	1,4±0,14	277,0±26,2	3,3±0,32	333,7±31,5	3,9±0,39

4.2 Симбіотичний потенціал сортів сої за дії інокулянту 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 *B. 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. 4.5). 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 *B. 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.

**Симбіотичний потенціал рослин сої залежно від інокуляції та пестициду
(у середньому за 2013–2015 рр.), тис. кг діб/га**

Сорт	Варіант обробки	Фази росту і розвитку							
		Бутонізація		Початок цвітіння		Кінець цвітіння		За весь період тривалості симбіозу	
		Загальний	Активний	Загальний	Активний	Загальний	Активний	Загальний	Активний
Горлиця	Контроль (обробка водою)	0	0	0	0	0	0	0	0
КиВін		0	0	0	0	0	0	0	0
Горлиця	Ризобофіт	6,94±0,55	4,64±0,34	10,78±1,07	7,36±0,73	15,92±1,4	10,67±0,9	33,64±3,2	22,67±2,1
КиВін		6,76±0,53	4,73±0,35	10,41±1,04	6,6±0,62	14,72±1,3	8,99±0,79	31,89±2,9	20,32±1,9
Горлиця	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	7,05±0,62	4,68±0,34	10,49±1,04	7,06±0,68	15,81±1,4	10,63±0,9	33,35±3,1	22,37±2,1
КиВін		6,87±0,54	4,54±0,34	10,01±0,9	6,42±0,52	14,51±1,3	9,28±0,84	31,39±2,9	20,24±1,9
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Харнес	6,34±0,51	3,83±0,34	9,66±0,86	5,97±0,49	14,27±1,3	8,64±0,76	30,27±2,8	18,44±1,7
КиВін		5,29±0,43	3,72±0,34	8,86±0,74	5,29±0,44	12,72±1,1	7,93±0,69	26,87±2,5	16,94±1,5
Горлиця	Ризобофіт + гербіцид Базагран	6,82±0,56	4,93±0,39	10,28±0,9	7,23±0,67	14,79±1,3	10,74±0,9	31,89±2,9	22,9±2,1
КиВін		6,41±0,51	4,56±0,42	9,66±0,87	6,31±0,59	13,70±1,2	8,41±0,73	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. 4.6).

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 4.6

Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції та пестициду, (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 досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт).

2. Даний варіант забезпечив найвищі показники симбіотичної діяльності рослин сої сорту Горлиця, порівняно з іншими варіантами досліду. 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.

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

Матеріали розділу викладено у працях:

1. Алексеев О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу / О. О. Алексеев // Збірник наукових праць «Сільське господарство та лісівництво» ВНАУ. – 2016. – № 4. – С. 187–198.

2. Алексеев О. О. Урожайність сортів сої Горлиця та КиВін за дії інокулянту та пестицидного навантаження в умовах Правобережного Лісостепу України / О. О. Алексеев, В. П. Патика // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2017. – вип. 90. Ч. 1 – С. 289–297.

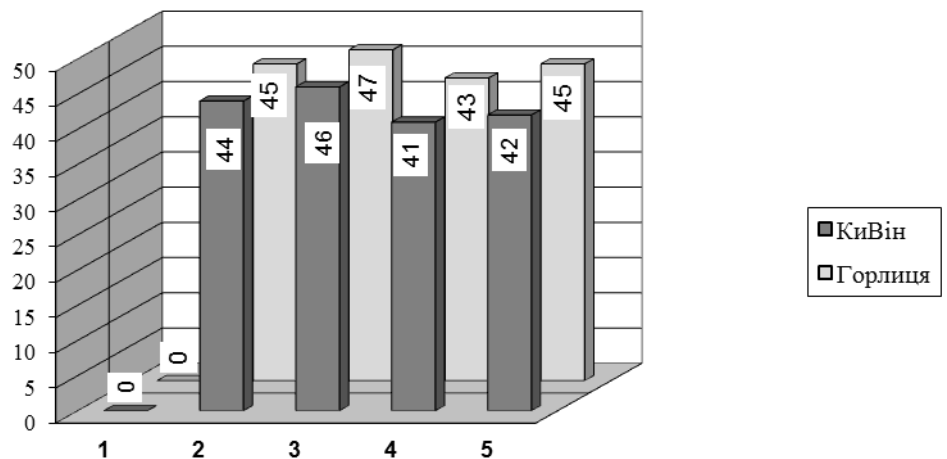
РОЗДІЛ 5.

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

5.1. 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 0–15см 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. 5.1, рис.5.1).



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

Рис. 5.1. Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2013 року

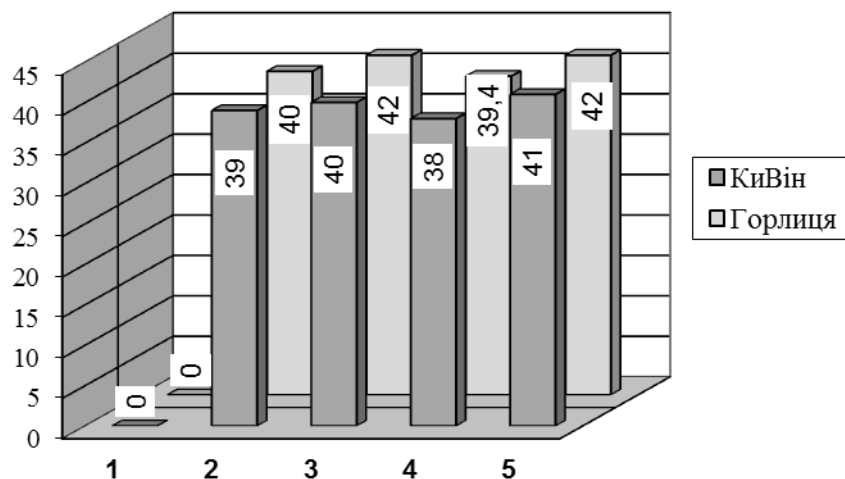
**Кількість бульбочок залежно від сорту, інокуляції, пестициду,
(фаза кінець цвітіння), 2013–2015 рр.**

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 *V. 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 (табл.5.1. рис. 5.2).



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

Рис. 5.2 Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2014 року

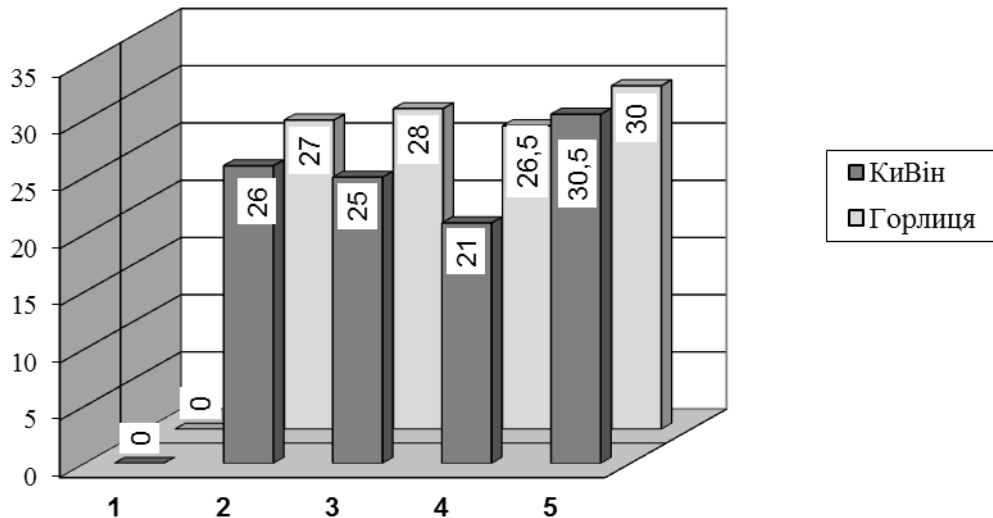
Так, для варіанту дослідів, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) у сорту Горлиця кількість бульбочок становила – 40 шт. У варіанті дослідів, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом – 42 шт. У варіанті дослідів, де використовували Ризобофіт з

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

Показники кількості бульбочок на варіантах досліду в умовах 2014 року на сорті сої КиВін також були найвищими і становили для варіанту досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 39 шт. У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом – 40 шт. У варіанті досліду, де використовували Ризобофіт з грунтовим гербіцидом Харнес, кількість бульбочок на рослині становила – 38 шт. На противагу варіанту досліду, 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 досліду (табл.5.1, рис. 5.3). Проте, у межах кожного з варіантів досліду прослідковується певна закономірність прояву цієї ознаки залежно від умов.

Так, у цей період спостерігалось, що у сорту Горлиця кількість бульбочок сформувалася у варіанті досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 27 шт. У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим XL 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. 5.3 Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від генотипу, інокулянта та пестициду в умовах 2015 року

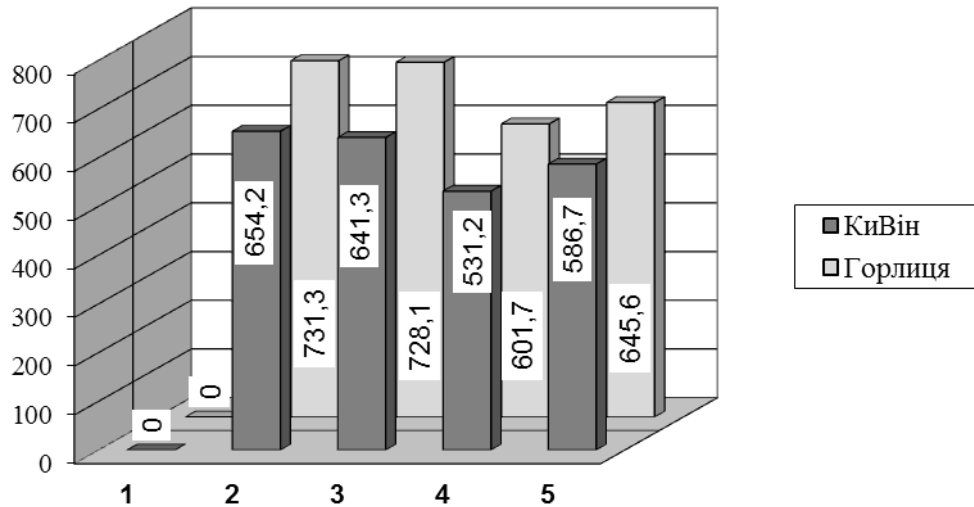
Застосування страхового гербіциду Базагран сумісно з Ризобофітом сприяло підвищенню показника кількості бульбочок на рослині до 30шт.

Ідентична закономірність між варіантами дослідження спостерігалася і у ранньостиглого сорту КиВін. Так варіант дослідження 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 дослідження, 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.5.2, рис. 5.4).



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

Рис. 5.4. 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 *B. 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

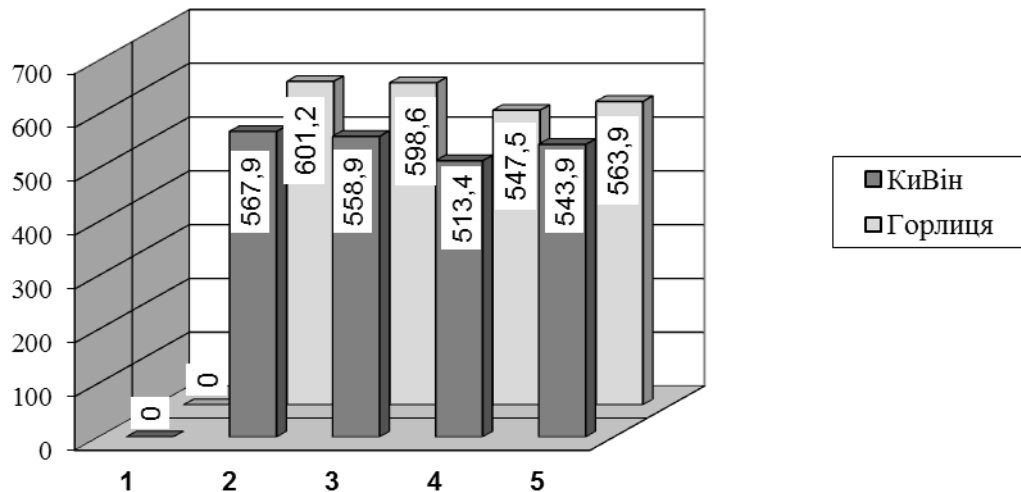
рослині – 531,2мг. Використання у варіанті досліді страхового гербіциду Базагран за дії бактеризації насіння штамом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), підвищило масу бульбочкових бактерій до 586,7мг.

Таблиця 5.2

Маса бульбочок на рослині сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, (фаза кінець цвітіння), мг, 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 (табл.5.2, рис. 5.5).



**

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

Рис. 5.5. Маса бульбочок на рослині сої в умовах 2014 року, мг

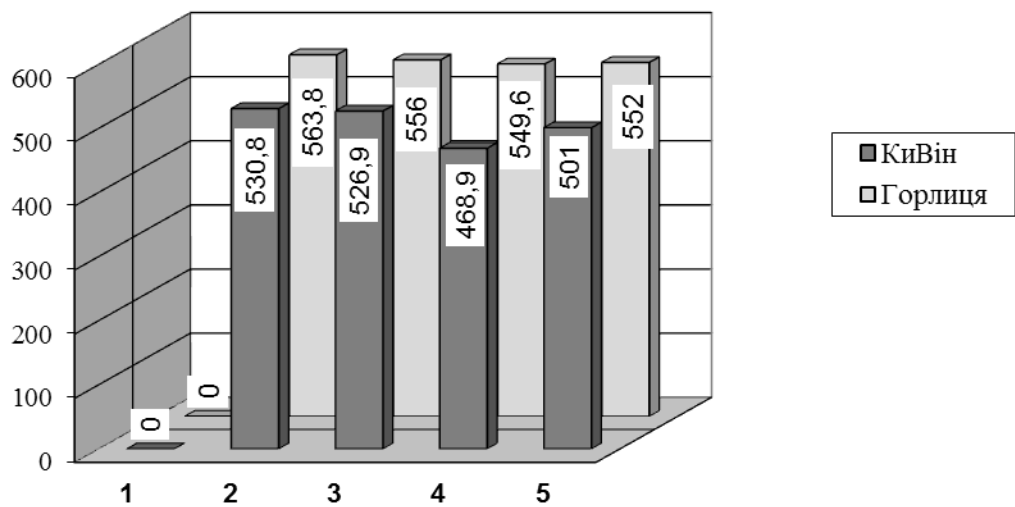
Так, в умовах 2014 року у сорту Горлиця у варіанті досліді, де було застосовано *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) було одержано найвищу масу бульбочок на рослині – 601,2 мг. У варіанті досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL у поєднанні з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок – 598,6 мг. У варіанті досліді, де було використано Ризобофіт сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес, отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 547,5 мг. Застосування у варіанті досліді 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 досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було отримано масу бульбочок на рівні – 558,9 мг.

У варіанті досліді, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу масу бульбочок на рослині – 513,4 мг.

Застосування у варіанті досліді 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 досліді, так і в цілому по всіх варіантах, зокрема (табл.5.2, рис. 5.6).



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

Рис. 5.6. Маса бульбочок на рослині сої в умовах 2015 року, мг.

Застосування інокулянту *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло одержанню найвищої маси бульбочок на рослині – 563,8 мг у сорту Горлиця. У варіанті досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з інокулянтом Ризобофіт, отримано масу бульбочок – 556 мг. У варіанті досліді, 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 *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), який сприяв формуванню значній масі бульбочок на рослині – 530,8 мг. У варіанті досліду, де застосовували фунгіцид Максим ХЛ 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 *B. 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 [240]

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 *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) одержано найвищу нітрогеназну активність – 6,5 нмоль C_2H_4 /рослину•год (табл.5.3, рис. 5.7).

У варіанті досліду, де застосовували Ризобофіт сумісно з фунгіцидом Максим ХЛ, 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.

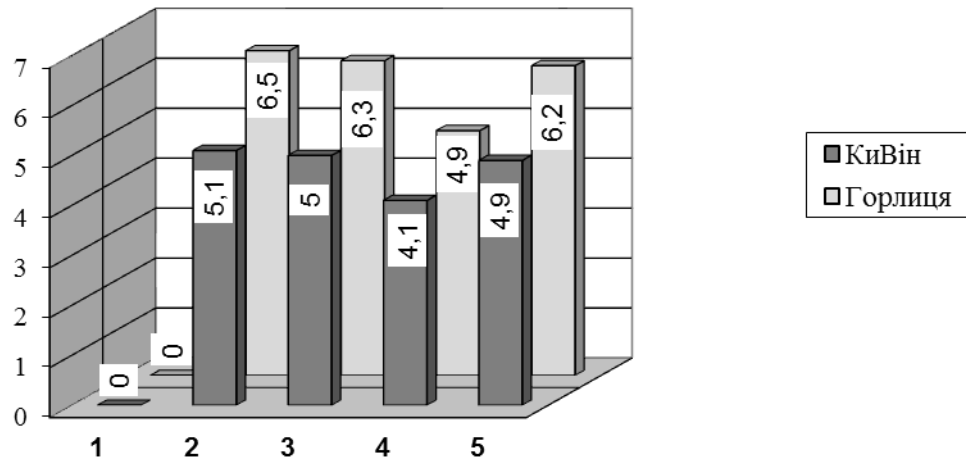
У варіанті дослідження взаємодії Ризобофіту та страхового гербіциду Базагран відмічалось підвищення нітрогеназної активності на рівні – 6,2 нмоль C_2H_4 /рослину•год.

Таблиця 5.3

Нітрогеназна активність сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, нмоль C_2H_4 /рослину•год, 2013–2015 рр.

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 C_2H_4 /рослину•год. У варіанті дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 5,0 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.

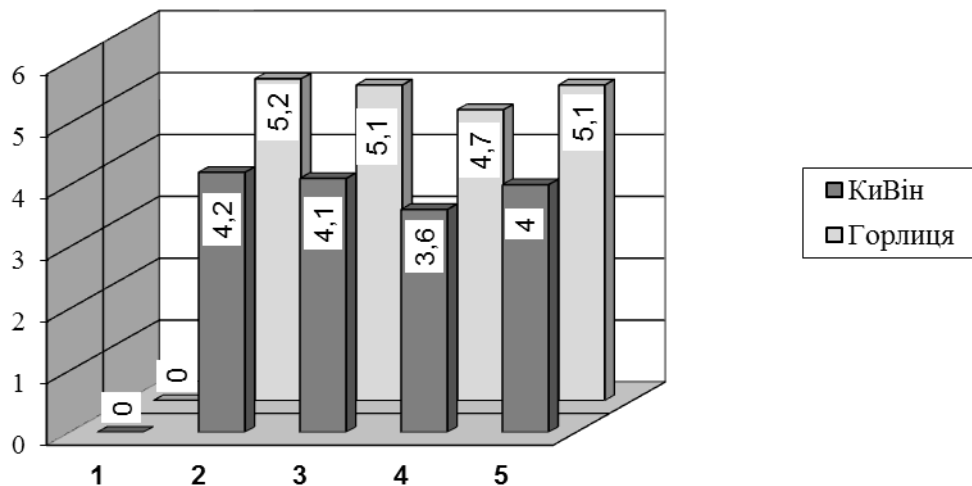
Рис. 5.7. Нітрогеназна активність в умовах 2013 року, нмоль C_2H_4 /рослину•год

У варіанті досліді, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес на фоні інокулянту Ризобофіт отримано найменшу нітрогеназну активність – 4,1 нмоль C_2H_4 /рослину•год. Застосування у варіанті досліді страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяло збільшенню нітрогеназної активності до 4,9 нмоль C_2H_4 /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 C_2H_4 /рослину•год (табл.5.3, рис. 5.8). У варіанті досліді, де використовували фунгіцид Максим XL сумісно з інокулянтом Ризобофіт, нітрогеназну активність одержано на рівні – 5,1 нмоль C_2H_4 /рослину•год. У варіанті досліді з бактеризацією насіння інокулянтом Ризобофіт та внесенням ґрунтового гербіциду Харнес отримано нітрогеназну активність на рівні – 4,7 нмоль C_2H_4 /рослину•год. Бактеризація Ризобофітом та внесення

страхового гербіциду Базагран сприяла підвищенню нітрогеназної активності до рівня – 5,1 нмоль C_2H_4 /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 дослідження, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 4,1 нмоль C_2H_4 /рослину•год.



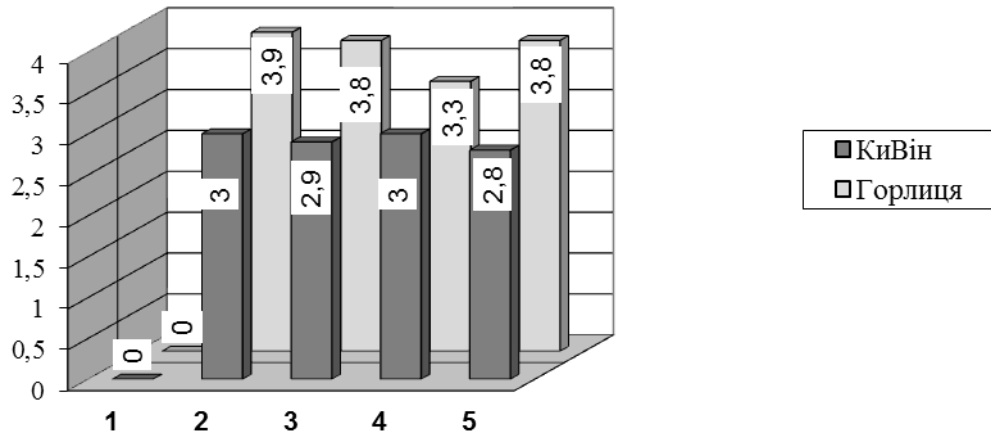
*Примітка: 1–Контроль(обробка водою); 2–Ризобофіт; 3–фунгіцид Максим XL+Ризобофіт; 4–Ризобофіт+гербіцид Харнес; 5–Ризобофіт+гербіцид Базагран.

Рис. 5.8. Нітрогеназна активність в умовах 2014 року, нмоль C_2H_4 /рослину•год

У варіанті дослідження, 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 дослідження страхового гербіциду Базагран на фоні інокулянта Ризобофіт сприяло 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 варанті досліді, де на рослинах сорту Горлиця було застосовано інокулянт Ризобофіт одержано найвищу нітрогеназну активність – 3,9 нмоль C_2H_4 /рослину•год (табл.5.3, рис. 5.9).



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

Рис. 5.9. Нітрогеназна активність в умовах 2015 року, нмоль C_2H_4 /рослину•год

У варіанті досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, нітрогеназна активність становила – 3,8 нмоль C_2H_4 /рослину•год. У варіанті досліді, де було застосовано Ризобофіт та ґрунтовий гербіцид Харнес отримано низьку нітрогеназну активність – 3,3 нмоль C_2H_4 /рослину•год. Бактеризація Ризобофітом та внесення страхового гербіциду Базагран сприяла підвищенню нітрогеназної активності до рівня – 3,8 нмоль C_2H_4 /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 C_2H_4 /рослину•год. У варіанті досліді, де застосовували фунгіцид Максим XL сумісно з Ризобофітом, було одержано дещо нижчу нітрогеназну активність відносно варіанту де застосовували Ризобофіт, що становило – 2,9 нмоль C_2H_4 /рослину•год. У варіанті досліді, 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 Ризобофіт 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 бактерізації насіння. Значний вплив на кориневу 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. 5.4).

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 ХЛ + 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 ХЛ + 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 дослідження, де насамперед було застосовано суміно 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.

5.2. 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

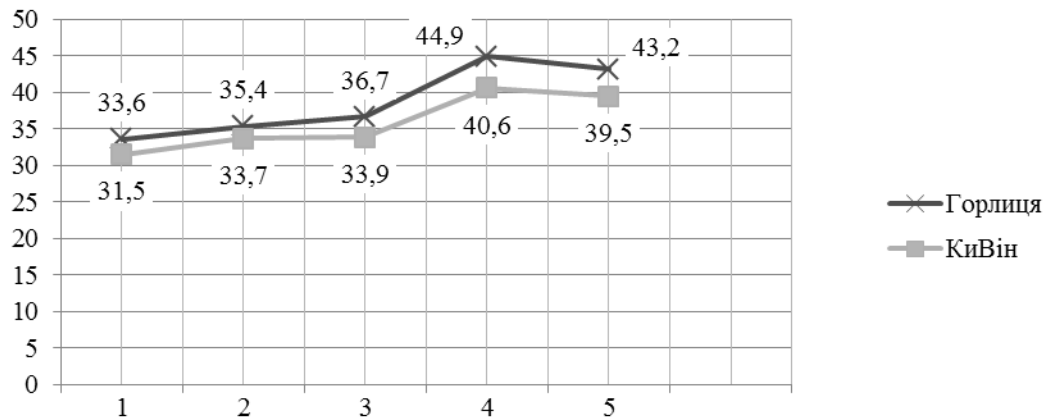
фотосинтезу, є світлова сонячна енергія, температура середовища, забезпеченість рослин водою й елементами живлення. Величина врожаю будь-якої сільськогосподарської культури значною мірою визначається розміром листкового апарату рослини, який акумулює сонячну енергію в процесі фотосинтезу та забезпечує 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.5.5, рис. 5.10).

У варіанті дослідження, де використовували інокулянт Ризобіофіт площа листкової поверхні збільшилася і становила – 35,4 тис. м²/га. Краще проявив себе варіант з фунгіцидом Максим XL сумісно з Ризобіофітом 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. 5.10. 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 інокулянтном 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 дослідження. 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 дослідження 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.

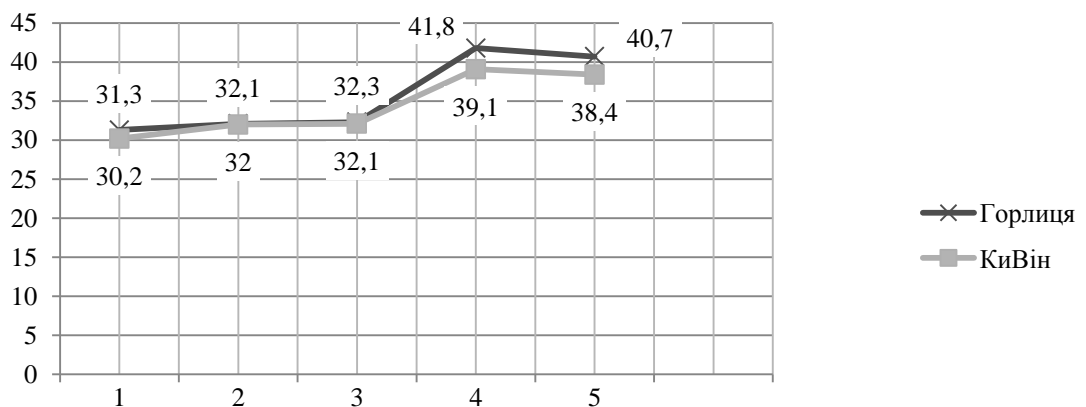
Площа листкової поверхні рослин сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду, тис. м²/га у фазу (цвітіння-налив бобів), 2013 – 2015 рр.

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 *V. 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 *V. 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. Застосовування ж у варіанті дослідження страхового гербіциду Базагран сумісно з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні – 39,5 тис. м²/га, відповідний результат був нижчим порівняно із попереднім варіантом дослідження. Це пояснюється вузьким рівнем контролю бур'янів на даному варіанті.

Проводячи аналіз формування площі листової поверхні в умовах 2014 року (табл.5.5, рис. 5.11) 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. 5.11. Площа листової поверхні рослин сої у 2014 році, тис. м²/га

У варіанті дослідження з використанням інокулянту *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової поверхні збільшилася до – 32,1 тис. м²/га. Однак, найвищою площа листової поверхні була, при застосуванні ґрунтового гербіциду Харнес – 41,8 тис. м²/га сумісно з інокулянтном *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Що є наслідком кращого контролю бур'янів протягом вегетації, тобто посіви сої були менш забур'янені. Застосовування

ж у варіанті досліду страхового гербіциду Базагран сумісно з інокулянтом *V. jaronicum* 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.

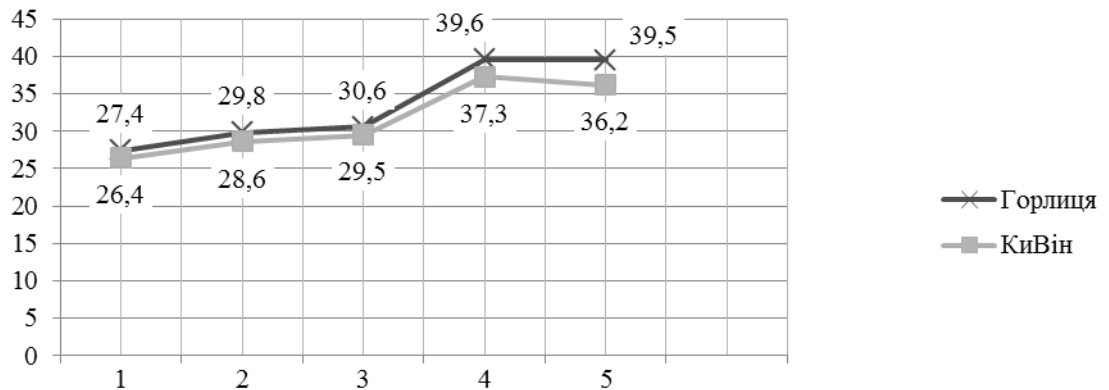
Аналогічна ситуація спостерігалась із сортом КиВін. Суттєве забур'янення, а як наслідок і затінення рослин сприяло утворенню площі листової поверхні у варіанті контроль (обробка водою) – 30,2 тис. м²/га. Тоді, як у варіанті досліду з використанням інокулянту *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової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

Площа листової поверхні, яка формувалася в умовах 2015 року (табл.5.5, рис.5.12) 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. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) площа листової поверхні підвищилася – 29,8 тис. м²/га. Проте, найвищою площа листової поверхні була, при застосуванні ґрунтового гербіцида Харнес – 39,6 тис. м²/га сумісно з інокулянтом *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт). Що є наслідком кращого контролю бур'янів, таким чином посіви сої були менш

забур'янені. Застосування ж у варіанті досліді інокулянту Ризобофіт та страхового гербіциду Базагран сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні – 39,5 тис. м²/га.



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

Рис. 5.12 Площа листової поверхні рослин сої у 2015 році, тис. м²/га.

Подібна залежність формування площі листової поверхні сої формувалася у сорту КиВін у варіантах дослідних посівів. Різниця на цих варіантах досліді з попередніми даними лише полягала у нижчих абсолютних значеннях площі листової поверхні, яка формувалася у ранньостиглого сорту КиВін, як менш урожайного, що характеризується нижчою фотосинтетичною діяльністю листового апарату.

Застосування гербіциду 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 [5]

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 [81].

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

Встановлено, що в посівах у варіантах досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес отримано найвищі показники ФП – на ділянках сорту Горлиця. Максимальний фотосинтетичний потенціал на посівах відповідно до варіантів досліду 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. 5.6).

Порівняно подібна закономірність встановлена в умовах 2014 року, що за гідротермічними умовами наближався до сприятливих умов 2013 року. Так у варіантах досліду, де застосовували інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) сумісно з ґрунтовим гербіцидом Харнес одержано найвищі показники ФП – на ділянках сорту Горлиця. Максимальний фотосинтетичний потенціал на посівах відповідно до варіантів досліду, 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.

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

Сорт	Варіант дослід	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

У варіантах дослід, де застосовували інокулянт *V. 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 дослід, 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 *V. jarrowicum* М-8 (Ризобофіт) сприяє посиленню накопичення сухих речовин одиницею листової 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 *V. jarrowicum* 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 дослідів – 2,21 – 2,32 г/ м² добу (табл.5.7).

Нижчі показники порівняно із попереднім варіантом дослідів були отримані у варіанті застосування страхового гербіциду Базагран сумісно із інокулянтом *V. jarrowicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило приріст ЧПФ порівняно із контрольним варіантом дослідів – 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. jarrowicum* 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 досліду – 2,12 – 2,23 г/ м² добу.

Таблиця 5.7

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) у листках сої, залежно від сорту, інокуляції, пестициду, г/ м² добу, 2013–2015 рр.

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 + гербіцин 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 + гербіцин 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

інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), що забезпечило приріст ЧПФ порівняно із контрольним варіантом досліду – 0,33–0,40 г/ м² добу.

Умови 2015 року сприяли формуванню значно нижчих показників ЧПФ у всіх варіантах досліду, що зв'язано із незадовільними гідротермічними умовами цього року. ЧПФ знаходилась в прямій залежності від впливу гербіциду Харнес, застосованого сумісно з інокулянт *B. 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 досліду – 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 досліду був варіант де застосовано *B. 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.5.8, додаток А.1-Б.1).

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

Аналогічна залежність спостерігалася у варіанті досліду 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.

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 + гербіцин 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 + гербіцин Базагран	101,1	90,3	83,1	91,3	5,4
<i>HIP₀₅ A</i>		1,74	1,67	1,90		
<i>HIP₀₅ B</i>		2,76	2,59	3,01		
<i>HIP₀₅ AB</i>		2,47	2,32	2,69		

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 [162].

Висота прикріплення нижніх бобоів є похідною ознакою від висоти рослин, тобто у варіантах досліду, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт) отримано найвищі показники за висотою прикріплення нижніх бобоів до рослини, що становило – 22,3 см та 13,8 см відповідно у сортів Горлиця та КиВін (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

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

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, см
1	2	3	4	5	6	7
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

1	2	3	4	5	6	7
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 + гербіцин Базагран	12,9	13,0	11,9	12,6	3,1

Приріст відносно контрольного варіанта склав 3,4 см та 1,6 см в умовах 2013 року. Аналогічна залежність прослідковувалася у даному варіанті досліду, але в умовах 2014 року. Тобто найвищі показники висоти прикріплення нижніх бобів спостерігалися у варіанті досліду, 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 досліду склав 3,4 см та 3,8 см. Нижчі показники за висотою прикріплення нижніх бобів спостерігалися в умовах 2015 року для всіх варіантів досліду.

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 інокулянтом *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.

5.3. 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 інокулянтом *B. 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. 5.10, додаток Б.2-В.2).

Таблиця 5.10

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

Сорт	Варіант обробки	2013	2014	2015	Середнє	Приріст до контролю, шт.
1	2	3	4	5	6	7
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 + гербіцин 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

1	2	3	4	5	6	7
	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		

Найвищу ефективність по збільшенню кількості бобів на рослині було відмічено у варіанті досліду, де було застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно із інокулянтом *B. 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 інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Захисна дія ґрунтового гербіциду полягала у пригніченні росту переважної кількості бур'янів на 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 інокулянтом *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.5.11, додаток Д.1-Е.1).

Таблиця 5.11

**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 досліду 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 досліду, 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 досліду 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 досліду 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 досліду насіння було дрібне і його маса була значно меншою, ніж в інших варіантах в умовах 2013 та 2014 років (табл.5.12).

Найбільшу масу 1000 насінин було отримано у варіанті досліду, де застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес сумісно з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Так масу 1000 насінин на даному варіанті досліду було отримано у сорту Горлиця у розрізі років досліджень – 141,0 г; 138,7 г; 128,9 г, порівняно із контрольним варіантом досліду – 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 досліду, де застосовано ґрунтовий гербіцид Харнес з інокулянтом *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт). Так маса 1000 насінин на даному варіанті досліду 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 5.12

**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 + гербіцин 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 + гербіцин 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 *B. 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 *V. 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. 5.13).

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 *V. 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 *V. 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. 5.13, додаток Е.2-Ж.2). В 2015 аномально посушливому році прибавка врожаю у всіх варіантах досліду були меншими в порівнянні з попередніми

роками, однак найвищі показники врожаю формувалися при застоуванні ґрунтового гербіциду Харнес сумісно з інокулянт *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) – 2,81 т/га, що на 1,45 т/га більше.

Таблиця 5.13

Урожайність сої залежно від сорту, інокуляції, пестициду

Сорт	Варіант обробки	Урожайність, т/га				Приріст до контролю, т/га
		2013	2014	2015	Середнє	середнє
Горлиця	Контроль (обробка водою)	1,90	1,60	1,36	1,62	-
	Ризобофіт	2,38	2,10	1,79	2,08	0,48
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,63	2,13	1,97	2,27	0,67
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	3,85	3,31	2,81	3,32	1,7
	Ризобофіт + гербіцин Базагран	3,36	2,87	2,45	2,89	1,29
КиВін	Контроль (обробка водою)	1,56	1,41	1,19	1,38	-
	Ризобофіт	1,82	1,73	1,43	1,65	0,27
	фунгіцид Максим XL + Ризобофіт	2,01	1,83	1,54	1,79	0,41
	Ризобофіт + гербіцид Харнес	3,13	2,82	2,20	2,69	1,31
	Ризобофіт + гербіцин Базагран	2,73	2,47	1,94	2,37	0,99
<i>НІР₀₅ А</i>		0,09	0,15	0,09		
<i>НІР₀₅ В</i>		0,14	0,24	0,15		
<i>НІР₀₅ АВ</i>		0,12	0,21	0,13		

Незначною мірою за урожайністю поступився варіант дослідів, де було застосовано інокулянт *V. jaronicum* М-8 (Ризобофіт) та страховий гербіцид Базагран у сорту Горлиця. У 2013 році урожайність сої даного сорту

становила – 3,36 т/га, тоді як у контролі без препаратів вона становила – 1,9 т/га. В 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 дослідів були меншими в порівнянні з попередніми роками, однак найвищі показники врожаю формувалися при застоуванні Харнесу сумісно з інокулянтом *B. japonicum* М-8 – 2,45 т/га, що на 1,09 т/га більше.

Нижчий рівень урожайності на даному варіанті пояснюється недостатнім захистом страхового гербіцида 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 гербіцида 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.

5.4. 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 [23].

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 [39].

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.

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 %. У подальшому добре розвинутий лисковий 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 (табл. 5.14). Найменша кількість бур'янів була відмічена на варіанті дослідження, 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 досліді 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 ефективної дії 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 досліді, де застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес, кількість однорічних злакових – 8 шт/м² і дводольних малорічних – 2 шт/м² бур'янів перед збиранням. На варіанті досліді, де було застосовано страховий гербіцид Базагран особливо зменшилася кількість дводольних малорічних бур'янів – 32 шт./м².

Гербіцид 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 гербіциду Харнес викликає загибель ранніх бур'янів, але стримує розвиток бульбочок – 36,3 шт. та 33,2 шт., порівняно із варіантом досліді, де самостійно вносили інокулянт *V. japonicum* М-8 (Ризобофіт) – 37,3 шт. і 36,5 шт. (табл. 5.15).

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	Коренепаросткових	Всього
		Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Коренепаросткових	Всього	Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Коренепаросткових	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.

**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•рослину	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

Якщо обробляти посіви в більш пізні терміни тільки гербіцидом 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 гербіциду 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 гербіциду бентазону не пов'язано з їх прямим впливом на бульбочкові бактерії *V. jarrowicum* М-8, а опосередковано впливом гербіцидів на рослини сої.

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

Проте, урожайність сої напряму залежала від забур'яненості посівів. Так, чим меншою була кількість бур'янів на варіантах дослідження, 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. jarrowicum* 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. jarrowicum* 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 напряму

обумовлено знищенням і контролем переважної більшості бур'янів на варіанті цього дослідю.

Підтвердженням сказаного є варіант дослідю, 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 сирою масою ($r = - 0,86$) бур'янів у посівах культури (табл. 5.16). 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 дослідю (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 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 дослідю (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.

Забур'яненість посівів сої за період досліджень залежно від варіанту досліджень, 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 + гербицид 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 + гербицид 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.

5.5. 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 *B. 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. 5.17) свідчать про те, що найбільш продуктивним сортом сої була Горлиця в симбіозі зі штамом бульбочкових бактерій *B. 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 сумісно з інокулянтом *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), забезпечило практично однаковий вміст сирого протеїну порівняно із внесенням інокулянту *B. japonicum* 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. При застосуванні післясходового гербіциду Базагран, отримано нижчий вміст сирого протеїну – 33,6 % і 34,9 %, порівняно із варіантом, де вносили інокулянт *B. japonicum* М-8 (Ризобофіт), однак збір сирого протеїну становив 0,97 т/га і 0,83 т/га. Це обумовлено рівнем урожайності на цьому варіанті дослідів що визначався збільшенням сирої маси злакових однорічних бур'янів за рахунок зменшення рівня дводольних малорічних бур'янів згаданим вище базаграном. Всі варіанти цього дослідів 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 досліді.

Таблиця 5.17

Вміст сирого протеїну в зерні сої різних сортів залежно від обробки іноінокулянтном *B. 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
Ризобофіт	6,07±0,04	35,63±0,04	0,74
фунгіцид Максим ХЛ + Ризобофіт	5,98±0,05	35,03±0,05	0,79
Ризобофіт + гербіцид Харнес	6,0±0,04	35,5±0,04	1,17
Ризобофіт + 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
Ризобофіт	5,76±0,07	36,10±0,07	0,59
фунгіцид Максим ХЛ + Ризобофіт	5,55±0,07	35,8±0,08	0,64
Ризобофіт + гербіцид Харнес	5,6±0,08	36,0±0,07	0,97
Ризобофіт + гербіцид Базагран	5,5	34,9±0,08	0,83

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 [136, 137], 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 штамми *B. japonicum* М-8 різко зростала кількість глютамінової кислоти в зерні сортів Горлиця і КиВін. Інокуляція насіння ризобії сприяла також збільшення загального змісту 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. 5.18). Серед незамінних амінокислот перевага належить лізину і лейцину, що характеризує харчову цінність білка. Фенілаланін, валін, треонін, ізолейцин представлені в невеликій кількості. Найменше метіоніну, який є самим дефіцитним компонентом білку сої.

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 [137].

Таблиця 5.18

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		
Лізин	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±0,1,16

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 (Ризобіфіт), 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. м²/га; фотосинтетичного потенціалу – 2,8 і 2,57 млн.м² діб/га; чистої продуктивності фотосинтезу – 2,7 та 2,61 г/м²добу було отримано на варіанті досліду 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/м² і дводольних малорічних – 141 шт/м² 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/м² і дводольних малорічних – 2,1 шт/м² 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 на пряму обумовлено знищенням і контролем переважної більшості бур'янів на варіанті цього досліду.

5. Взаємодія *V. japonicum* 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 *B. japonicum* 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 *B. japonicum* М-8 забезпечило практично однаковий вміст сирого протеїну порівняно із варіантом внесення *B. japonicum* 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 *B. japonicum* М-8 різко зростала кількість глютамінової кислоти в зерні сортів сої.

Матеріали розділу викладено у працях:

1. Алексеев О. О. Формування високоефективної симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – Соя / О. О. Алексеев, В. П. Патики // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60) – С. 40–44.

2. Патики В. П. Чутливість до пестицидів низки представників бактеріальної мікробіоти сої / В. П. Патики, Т. Т. Гнатюк, Н. В. Житкевич, О. О. Алексеев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60) – С. 153–155.

3. Алексеев О. О. Симбіоз *Bradyrhizobium japonicum* і *Glycine hispida* за дії абіотичних факторів / О. О. Алексеев // Збірник наукових праць «Сільське господарство та лісівництво» ВНАУ. – 2015. – № 1. – С. 118–127.

4. Алексеев О. О. Урожайність сортів сої Горлиця та КиВін за дії інокулянту та пестицидного навантаження в умовах Правобережного Лісостепу України / О. О. Алексеев, В. П. Патики // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2017. – вип. 90. Ч. 1 – С. 289–297.

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ТА ФІТОПАТОГЕНІВ НА МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ СОЇ

6.1. 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 [57, 40]. Проте, мікробне угруповання є сприйнятливим щодо дії будь-яких чинників навколишнього середовища [227]. Для мікробного ценозу ризосфери характерна здатність стабілізувати рівновагу. Дія ж абіотичних і біотичних чинників порушує цю рівновагу [91].

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 [101].

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 мікробіоценозу сої та його активність мають сприяти ширшому застосуванню біопрепаратів при вирощуванні бобових культур.

Прикладом зазначеного є наукова праця Л. Симочко зі співавторами [135] 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 [113] 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 (соя → люпин → пшениця → ріпак) зменшувалась з $18,7 \cdot 10^6$ до $4,3 \cdot 10^6$, аналогічна закономірність спостерігалася для оліготрофів і педотрофів (табл. 6.1).

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.

Для того, щоб оцінити спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті під посівами сої та інших сільськогосподарських культур здійснювався розрахунок коефіцієнтів оліготрофності, педотрофності та коефіцієнта мінералізації-іммобілізації (табл. 6.2).

Таблиця 6.1

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	
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

Як видно з табл. 6.2, 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-імобілізації 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 6.2

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

Варіант (культура)	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт педотрофності	Коефіцієнт мінералізації-імобілізації
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. 6.3).

Таблиця 6.3

**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	Целлозоруйнівні бактерії
		Амоніфікуючі	Споруутворюючі	Педогрофні	Олігонітрофільні			
		МП А	МПА + СА	ГА	Середови- ще 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 [135, 113, 223, 117]. 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. 6.4). Для стрептоміцетів і грибів різниця у варіантах дослідження незначна.

Таблиця 6.4

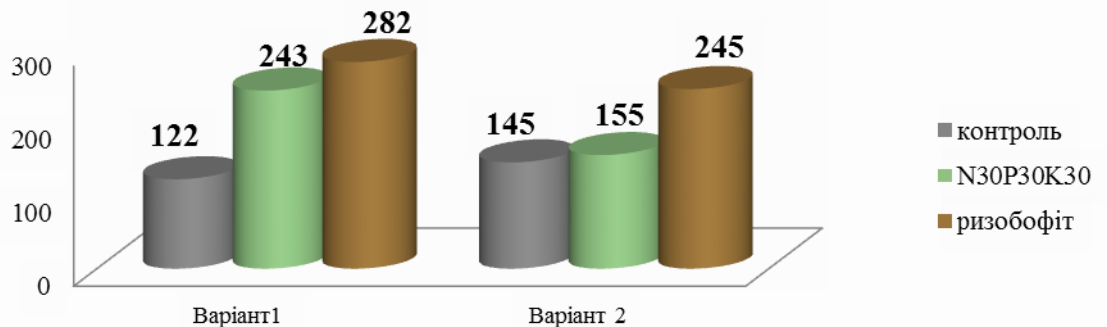
Динаміка чисельності мікроорганізмів у ґрунті при вирощуванні сої за дії мінерального добрива та Ризобофіту (у середньому за 2013 – 2015 рр.)

Варіант	Контроль	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Ризобофіт
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. 6.4)

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 *B. japonicum* М-8 (Ризобофіту) позитивно впливає на ці показники. Амоніфікуюча здатність ґрунту порівняно з контролем зросла до 282 мг NH₃/100 г ґрунту, а нітрифікуюча – до 62 мг NO₃/100 г ґрунту (рис. 6.1, рис. 6.2).



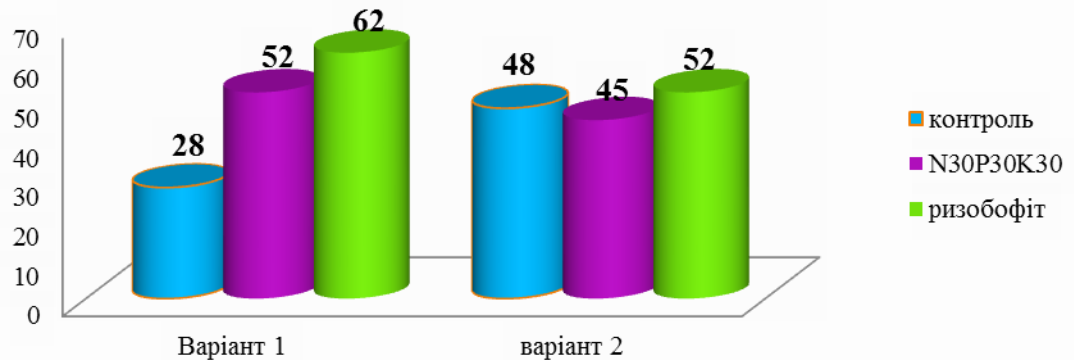
Примітка: 1 – варіант без добрив; 2 – варіант N₃₀P₃₀K₃₀ + Ризобофіт.

Рис. 6.1 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. 6.5).

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

Таблиця 6.5

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. 6.6) показало, що здебільшого ті самі види зустрічались при вирощуванні сої без добрив.

У ризосфері не виявлено п'яти видів неспоруючих 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 6.6

**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>Arhrobacter globiformis</i>	65	27	40	9
<i>Arhrobacter oxydans</i>	–	–	76	21
<i>Arhrobacter pascens</i>	39	8	–	–
<i>Arhrobacter simplex</i>	69	7	–	–
<i>Arhrobacter tumescens</i>	70	3	66	4
<i>Arhrobacter 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. 6.7).

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.

Таблиця 6.7

**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>Raenibacillus polymyxa</i>	67	20	70	28
Міжряддя				
<i>Bac. macerans</i>	90	45	50	19
<i>Bac. cereus + 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, %.

6.2. 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 % [232]. Найбільш поширеними та шкочинними 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) [169, 179, 178, 27, 36, 77, 151, 119, 122, 155, 232, 29].

Поширення, шкодочинність та розвиток хвороб сої у Вінницькій області по результатах оцінки на основі зведення результатів фітопатологічного моніторингу наведено у (табл. 6.8). Ці показники, особливо в комплексі, істотно впливають на загальні втрати урожаю.

Таблиця 6.8

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. 6.9).

Таблиця 6.9

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

(Продовження табл. 6.9)

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. 6.10).

Таблиця 6.10

**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* [151], тому можливо було б передбачити наявність певного антагонізму або конкуренції між бульбочковими бактеріями та бактеріальними фітопатогенами. В той же час за даними Кириленко Л. [47] штучна інокуляція рослин сої вискоелективними 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. 6.11, 6.12).

Таблиця 6.11

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 634б
Збудник пустульного бактеріозу сої <i>Xanthomonas axonopodis</i> <i>pv.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> <i>pv.glycinea</i>	штам 8541	0	0
	штам 9072	0	0
	штам 9074	0	0
Бактеріальний опік <i>Pseudomonas syringae</i> <i>pv.tabaci</i>	штам 225	0	0

(Продовження табл. 6.11)

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/х 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 6.12

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 [†]	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. 6.13).

Таблиця 6.13

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
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

(Продовження табл. 6.13)

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 [18]. Проведене визначення можливої токсичної дії на фітопатогенні збудники бактеріозів сої ряду пестицидів (табл. 6.14) 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 пустульозного бактеріозу сої *Axonopodis* pv. *glycines*. Що узгоджується із попередніми дослідженням де визначено можливу токсичну дію хімічних речовин манкоцебу та металаксилу на фітопатогенні бактерії.

Таблиця 6.14

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

Дослідний штам	Хімічні засоби захисту рослин							
	Фунгіциди						Гербіциди	
	Максим XL	Ридоміл	Пропульс	Ранкона	Фалькон	Замір	Харнес	Прометрин
	Діюча речовина							
	Металаксил-М, флудіоксоніл	манкоцеб, металаксил-М	Протиокназол, флуопирам	іпконазол	Тебуконазол, триади-менол, спірокса-мін	Прокло-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

(Продовження табл. 6.14)

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.

В подальших дослідженнях встановлено, що ряд дослідних пестицидів різного призначення (гербіциди, фунгіциди) не виявляють токсичної дії до *B. japonicum* М-8 та *B. japonicum* 6346 у лабораторних умовах. До таких пестицидів можна віднести Харнес, Прометрин, Ранкона, Максим XL (табл. 6.15). 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 бактеріоцидів до низки фітобактерій.

Таблиця 6.15

Визначення чутливості *B. japonicum* М-8 та *B. japonicum* 6346 до препаратів хімічного походження, 2015 р.

Дослідний препарат	Діаметр зон пригнічення росту (мм), <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	
	штам М-8	штам 6346
1	2	3
Ридоміл	45	55
Пропульс	25	20
Ранкона	0	0
Максим XL	0	0

(Продовження табл. 6.15)

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 *V. japoricum*. 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 наступні висновки. Важливою функціональною ланкою системи ґрунт – мікроорганізм – рослина є мікробіоценоз ризосфери, досліджуючи який у ризосферісої, 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.

Матеріали розділу викладено у працях:

1. Aliksieiev O. O. Influence of biological products on the microbium soil in the rhizosphere of *Glycine max (L.) Merr* / O. O. Aliksieiev, V. F. Patyka // Science and World. International scientific journal. – 2016. – № 12 (40) Vol. II – P.54–58.

2. Алексеев О. О. Розвиток сої сортів Горлиця та КиВін на тлі впливу фітопатогенних мікроорганізмів / О. О. Алексеев, В. П. Патица // Збірник наукових праць «Сільське господарство та лісівництво» ВНАУ. – 2017. – № 5. – С. 248–256.

3. Патика В. П. Чутливість до пестицидів низки представників бактеріальної мікробіоти сої / В. П. Патика, Т. Т. Гнатюк, Н. В. Житкевич, О. О. Алексєєв // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60) – С. 153–155.

4. Алексєєв О. О. Взаємовідносини між *Bradyrhizobium japonicum* і збудниками бактеріозів сої та їх чутливість до пестицидів / О. О. Алексєєв, В. П. Патика, Т. Т. Гнатюк // Молодий вчений. – 2016. – 12.1 (40) – С. 60–63.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ 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.

7.1. 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 [89]. 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 сільськогосподарської 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, відповідає 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 загальновиборничі витрати – 12,5 % [98].

На основі проведених нами обрахунків виявлено, що чинники, які досліджувалися мали безпосередній вплив на економічну ефективність вирощування сортів сої (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

**Економічна ефективність вирощування сортів сої залежно від інокуляції
на 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 дослідів 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 Ризобофит 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.

7.2. 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 [35, 17]

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 [17]. Технологія вирощування вважається енергетично ефективною, коли даний коефіцієнт більше одиниці [80, 86].

Раціональне 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 [92, 35].

На основі проведеного детального аналізу показників енергетичної ефективності вирощування сортів сої на зерно (табл. 7.2) встановлено, що в середньому за роки досліджень найнижчі затрати сукупної енергії були на контрольних варіантах досліді 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 досліді, 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.

Таблиця 7.2

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, Ке
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.

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). 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 *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 зростання коефіцієнту енергетичної ефективності у розрізі сортів на 1,23 і 1,00 до контролю.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі 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 напряду 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 напряду 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 $\text{NH}_3/100$ г, а нітрифікуюча – до 62 мг $\text{NO}_3/100$ 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамень Ф. Ф. Эффективность инокуляции сои. – Симферополь: Таврида, 1995. – 30 с.
2. Адаптивні реакції рослин квасолі на вірусну інфекцію / Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Сенчугова Н. А., Розгонова О. С., Коць С. Я. // 111 Міжнародний конф. «Біоресурси та віруси» (Київ, 11–15 вересня 2001). – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – С. 100.
3. Антипчук А. Ф. Экологические аспекты селекции ризобий и повышение эффективности симбиоза / А. Ф. Антипчук // Физиол. и биохим. культ. раст. – 1994. – Т. 26, № 4. – С. 315-333.
4. Афанасьева Л. М. О целесообразности использования минерального азота при возделывании бобовых / Л. М. Афанасьева, Л. М. Доросинский, А. П. Кожемяков // С.-х. биол. – 1983. – № 4. – С. 6-8.
5. Бабич А. О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі / А. О. Бабич, А. А. Бабич–Побережна. – К.: Аграрна наука, 2011. – 548 с.
6. Бабич А. О. Стан та перспективи виробництва сої в Україні / А. О. Бабич // Аграрний тиждень. Україна. – 2011. – № 40. – С. 10.
7. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої / А. О. Бабич. – Київ: Урожай, 1993. – 432 с.
8. Бакаева Е. В. Бактериозы сои в Алма-Атинской области и их биологические особенности / Е. В. Бакаева // Научн. техн. Голос. ВАСХНИЛ. СО. Всерос. НИИ сои. – 1990. – 4. – с. 26-33.
9. Барвінченко В. І. Ґрунти Вінницької області / В. І. Барвінченко, Г. М. Заболотний. – Вінниця: ВДАУ, 2004. – 45 с.
10. Бельтюкова К. И. Бактериальные болезни зернобобовых культур / Бельтюкова К. И., Королева И. Б., Мурас В. А. – Киев: Наук. Думка, 1974. – 340 с.

11. Бельтюкова К. И. Методы исследования возбудителей бактериальных болезней растений / Бельтюкова К. И., Матышевская М. С., Куликовская М. Д. – К.: Наукова думка, 1968. – 316 с.

12. Береговенко С. К. Інтенсивність фотосинтетичних процесів різних сортів сої залежно від інокуляції ефективними штамми *Bradyrhizobium japonicum* / С. К. Береговенко // Наук. зап. Тернопіл. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. – Сер. біол. – 2003. – 2 (1). – С. 19-23.

13. Берестецкий О. А. Методические рекомендации по получению новых штаммов клубеньковых бактерий и оценке их эффективности / О. А. Берестецкий. – Л., 1979. – 33 с.

14. Берестецкий О. А. Эффективность препаратов клубеньковых бактерий в Географической сети опытов / О. А. Берестецкий, Л. М. Доросинский, Кожемяков А. П. – Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1987. – №5. – С. 670–679.

15. Билык Л. Г. Мозаика сои на Украине: автореф. дис. на здобуття наук ступеня докт. биол. наук: спец. 06.01.11 / Л. Г. Билык. – К., 1967. – 19 с.

16. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М., 2005. – 154 с.

17. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва: науково–методичне забезпечення / [Тараріко Ю. О., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М. та ін.]; за ред. Ю. О.Тараріка. – К.: Аграрна наука, 2005. – 200 с.

18. Біологічний азот: монографія / [Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін.]; за ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.

19. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / [Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М та ін.]; за ред. В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.

20. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. – 352 с.
21. Бойко А. Л. Екологія вірусів рослин / Бойко А. Л. – К.: Либідь, 1999. – 137 с.
22. Большой практикум по микробиологии / [под общ. ред. Г. Л. Селибера]. – М.: Высшая школа, 1962. – 491 с.
23. Бур'яни та заходи боротьби з ними / [Веселовський І. В., Манько Ю. П., Танчик С. П., Орел Л. В.]. – К.: Учбово-методичний центр Мінагропрому України, 1998. – 240 с.
24. Вопросы экологии и физиологии микроорганизмов, используемых в сельском хозяйстве / [А. Т. Новикова, Н. С. Якименко и др.]. – Л.: 1975. – 190 с.
25. Гарькавий А. Д. Конкуреноспроможність технологій і машин: Навчальний посібник / Гарькавий А. Д., Петриченко В. Ф., Спірін А. В. – Вінниця: ВДАУ. – «Тірас». – 2003. – 68 с.
26. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции / [под ред. Тихоновича И. А., Проворова Н. А.] – СПб.: Наука, 1998. – 194 с.
27. Гнатюк Т. Т. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* – возбудитель бактериального заболевания сои / Т. Т. Гнатюк, Н. В. Житкевич, Р. В. Грицай, В. Ф. Патица // Мікробіол. журн. – 2013. – 75, № 6. – С. 22–27.
28. Голодрига О. В. Симбіотичний апарат сої / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Карантин і захист рослин. – 2006. – № 7. – С. 16–17.
29. Григор'єва О. М. Основні хвороби сої і заходи по зниженню їх шкодочинності в умовах північного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / О. М. Григор'єва. – К., 1996. – 21 с.
30. Гутянський Р. А. Вплив гербіцидів та їх бакових сумішей на формування азотфіксувальних бульбочок соєю / Р. А. Гутянський // Физиология и биохимия культурных растений. – 2012. – Том 44. № 6. – С. 529-536.

31. Гутянський Р. А. Ґрунтове внесення Фабіану в посівах сої / Р. А. Гутянський // Карантин і захист рослин. – 2011. – № 6. – С. 13-15.
32. Доросинский Л. М. Клубеньковые бактерии и нитрагин / Доросинский Л. М. – Л.: Колос, 1970. – 192 с.
33. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. – перераб. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
34. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова та ін.]; за наук. ред. В. В. Волкогона. – К.: Аграр. наук., 2010. – С. 154-156.
35. Енергетична оцінка систем землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур : метод. реком. / [уклад.: Ю. О. Тараріко, О. Э. Несмашна, Л. Д. Глущенко]. – К.: Нора-прінт, 2001. – 60 с.
36. Житкевич Н. В. Діагностика бактеріальних патогенів сої / Н. В. Житкевич, Т. Т. Гнатюк, В. Ф. Петриченко, В. П. Патица // Міжвідомчий тематичний науковий збірник: Корми і Кормовиробництво. – 2009. – 64. – С. 62 – 69.
37. Житкевич Н. В. Розповсюдження бактеріальних захворювань сої у Київській області / Н. В. Житкевич, Л. Г. Жмурко // Вісник Одеського Національного Університету (Біологія). – 2005. – 10, в. 7. – С. 244-248.
38. Забарський В. К. Економіка сільського господарства / Забарський В. К., Мацибора В. І., Чалий А. А. – К.: Каравелла, 2009. – 264 с.
39. Зуза В. С. Вплив забур'яненості на врожайність сої / В. С. Зуза, Р. А. Гутянський // Агроном – 2009. – №3. – С.82-85.
40. Игнатов В. В. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / В. В. Игнатов. // М.: Наука. – 2005. – 262 с.
41. Иутинская Г. А. Биорегуляция микробно-растительных систем / [Иутинская Г. А., Пономаренко С. П., Андреюк Е. И. и др.]; под общей ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. – К.: Ничлава, 2010. – 464 с.

42. Іванюк С. Сучасна селекція сої [Електронний ресурс] /С. Іванюк // Агробізнес сьогодні №17(288) вересень 2014. – Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2387-suchasna-selektsiia-soii.html>.
43. Казначеев М. Н. Посевам сои – особую заштиту / М. Н. Казначеев // АГРО. – 2002. - №2. – с. 2-3.
44. Капустіна Н. О. Біологічні властивості ізолятів вірусу жовтої мозаїки квасолі та їх вплив на рослини / Капустіна Н. О., Молчанець О. В. //111 Міжнар. конф. «Біоресурси та віруси» (Київ, 11–15 вересня 2001): Тези. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – С. 75.
45. Карачка В. Змішані комплексні добрива: стан, проблеми і перспективи застосування / В. Карачка // Агроперспектива. – 2006. – № 2. – С. 56-57.
46. Киризий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Киризий Д. А. – Киев: Логос, 2004. – 191 с.
47. Кириленко Л. В. Формування високоефективної симбіотичної системи *Rhizobium galegae* – козлятник / Л. В. Кириленко, Ю. М. Шкатула, С. Я. Коць, П. М. Маменко, В. П. Патица // Науково-теоретичний журнал Вісник аграрної науки – 2014 – №1 (731). – С. 22-25.
48. Кириченко А. Вірусні і бактеріальні хвороби сої та засоби їхнього обмеження / А. Кириченко, Т. Гнатюк // Пропозиція : укр. журн. з питань агробізнесу (спецвипуск "Сучасні агротехнології із застосуванням біопрепаратів та регуляторів росту"). – 2015. – N 5. – С. 44-48.
49. Кириченко Е. В. Влияние лектина из семян сои на продуктивность сои / Е. В. Кириченко, Л. В. Титова, С. Я. Коць и др. // Агрохимия. – 2004. – № 11. – С. 58-61.
50. Кириченко О. В. Комплексна оцінка модуляційної здатності бульбочкових бактерій та особливості формування симбіотичних систем сої за інокуляції насіння мікробними композиціями /О. В. Кириченко // Мікробіол.журн. – 2016. – т. 78, № 4. – С. 90-101.

51. Кириченко О. В. Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 6346 за дії фіторегулятора *Reglalg* / О. В. Кириченко, Л. В. Титова, А. В. Жеймода та ін. // Мікробіологічний журнал. – 2008. – Т. 70, № 1. – С. 17-25.

52. Колупаев Ю. Е. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец. – Киев: Основа, 2010. – 352 с.

53. Корнійчук М. С. Вплив регуляторів росту на розвиток бактеріальних хвороб сої / М. С. Корнійчук, С. В. Поліщук, Л. Г. Жмурко та ін. // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2008. – № 7. – С. 138-147.

54. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: ассоциативная азотфиксация / [С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, С. М. Маличенко та ін.], монографія: в 4-х т. – Т. 4. – К.: Логос, 2011. – 412 с.

55. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: бобово–ризобиальный симбиоз / [С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, С. М. Маличенко та ін.], монографія: в 4-х т. – Т. 2. – К.: Логос, 2011. – 523 с.

56. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: бобово–ризобиальный симбиоз / [С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка та ін.], монографія: в 4-х т. /том 1/. – К.: Логос, 2010. – 508 с.

57. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: генетика азотфиксации, генетическая инженерия штаммов / [С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, С. М. Маличенко та ін.], монографія: в 4-х т. – Т. 3. – К.: Логос, 2011. – 404 с.

58. Коць С. Я. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин / С. Я. Коць, В. П. Патыка. – 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.

59. Коць С. Я. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов / Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко Е. В., Мельникова Н. Н. – Киев: Наук. думка, 2007. – 315 с.

60. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту / С. Я. Коць // Физиология и биохимия культурных растений. – 2011. – Т. 43, № 3. – С. 212-225.

61. Коць С. Я. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцерни / Коць С. Я., Михалків Л. М. – К.: Логос, 2005. – 300 с.

62. Коць С. Я. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом / Коць С. Я., Маліченко С. М., Кругова О. Д. та ін. – К.: Логос, 2001. – 271 с.

63. Кошевський І. І. Епіфітна мікрофлора сої в умовах Лісостепу України / Кошевський І. І., Житкевич Н. В., Митько В. С. // Наук. вісн. УжНУ. – 2001. – № 9. – С. 114-115.

64. Кретович В. А. Биохимия усвоения азота воздуха растениями / Кретович В. А. – М.: Наука, 1994. – 168 с.

65. Крикунов В. Г. Грунти і їх родючість: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 287 с.

66. Круглов Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю. В. Круглов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 127 с.

67. Круглов Ю. В. Симбиотические взаимоотношения бобовых растений с клубеньковыми бактериями при внесении пестицидов / Ю. В. Круглов, Л. Н. Пароменская // Докл. ВАСХНИЛ. – 1979. – № 11. – С. 8-10.

68. Крутило Д. В. Вивчення мікрофлори насіння сої як одного з ймовірних факторів розповсюдження *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* / Д. В. Крутило // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2007. – Вип. 6. – С. 84-91.

69. Крутило Д. В. Ефективність спільної інокуляції сої *Bradyrhizobium japonicum* штам 2490 та *Enterobacter aerogenes* штам 30 Ф / Д. В. Крутило,

Т. М. Ковалевська, О. В. Надкернична, В. П. Горбань та ін. // Вісник ОНУ. – 2001. – Т. 6, Вип. 4. – С. 149-152.

70. Крутило Д. В. Особливості поширення бульбочкових бактерій сої в різних регіонах України / Д. В. Крутило, Т. М. Ковалевська // Агроекологічний журнал. – 2003. – № 3. – С. 59-63.

71. Кур'ята В. Г. Ефективність симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за дії паклобутразолу / В. Г. Кур'ята, Л. А. Голунова, С. К. Береговенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42, № 3. – С. 218-224.

72. Логвинова К. Т. Краткий агроклиматический справочник Украины / К. Т. Логвинова. – Л.; Гидрометеиздат, 1976. – 256 с.

73. Лупашку З. А. Оценка токсичности действия гербицидов на *R. japonicum* в чистой культуре / З. А. Лупашку, З. Ф. Бобейко, Г. Н. Болокан // Изв. АН МолдССР. – 1987. – № 1. – С. 74-75.

74. Малиновская И. М. Эффективность комплексной обработки семян сои фосфатмобилизующими и азотфиксирующими микроорганизмами / И. М. Малиновская, Ю. Т. Колмаз // Бюлетень ІСГМ. – 1999. – № 4. – С. 39-40.

75. Маліченко С. М. Участь лектинів специфічних і неспецифічних до бульбочкових бактерій бобових рослин у формуванні і функціонуванні азотфіксувального комплексу / С. М. Маліченко, В. К. Даценко, П. М. Маменко, С. Я. Коць // Наук. зап. Тернопіл. пед. ун-ту. Сер. Біологія. – 2002. – № 3 (18). – С. 49-57.

76. Маменко П. М. Симбіотичні властивості і продуктивність сої залежно від концентрації її лектину в інокуляційній суспензії / П. М. Маменко, С. М. Маліченко, В. К. Даценко, С. Я. Коць // Там само. – 2003. – 35, № 3. – С. 215-221.

77. Марков І. Потенційні небезпеки сої [Електронний ресурс]/ І. Марков // Агрономія сьогодні. – 2014. – 285, № 14. – Режим доступу: agro-business.com.ua.

78. Марьюшкин В. Ф. Изменчивость симбиотической азотфиксации у различных генотипов сои // Физиология и биохимия культ, растений / Марьюшкин В. Ф., Даценко В. К., Курочкина Л. Л. и др. – 1990. – Т. 22, № 2. – С. 132-136.

79. Марьюшкин В. Ф. Эффективность различных симбиотических систем сои и ризобий / Марьюшкин В. Ф., Даценко В. К., Старченков Е. П. и др. // Физиология и биохимия культ, растений. – 1994. – Т. 26, № 3. – С. 257-264.

80. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / Медведовський О. К., Іваненко П. І. – К.: Урожай, 1988. – 205 с.

81. Мельник В. М. Фотосинтетичні параметри та азотфіксувальна активність у різних за ефективністю симбіотичних системах соя – *Bradyrhizobium japonicum* / В. М. Мельник, Д. А. Кірізій, С. Я. Коць // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. 2014. Вип. 3 (60). – С. 272-277.

82. Мельникова Н. Н. Влияние семенных экссудатов бобовых растений на формирование бобово–ризобияльного симбиоза / Н. Н. Мельникова, С. В. Омельчук // Прикл. биохимия и микробиология. – 2009. – 45, № 3. – С. 331-337.

83. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури): за ред. В. В. Волкодава. – К., 2001. – 69 с.

84. Методика оценок устойчивости сои к болезням и в редителям // Методические рекомендации. – Одесса, 1985. – 27 с.

85. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / За ред. А. О. Бабича. – Вінниця, 1994. – 87 с.

86. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке севооборотов и технологий выращивания кормовых культур / Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков, А. С. Шпаков и др. – М., 1989. – 72 с.

87. Методические указания по изучению устойчивости сои к грибным болезням / [С. Н. Корсаков, С. И. Колесник, А. Я. Панасюк, Н. М. Петриченко]. – Л.: ВИР им. Н. И. Вавилова, 1979. – 19 с.

88. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / [В. В. Волкогон, А. С. Заришняк, І. В. Гриник та ін.]; за ред. В. В. Волкогона. – К. : Аграрна наука, 2011. – 156 с.

89. Миколаєвський В. П. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів / В. П. Миколаєвський, В. Г. Сергієнко, Л. В. Титова // Мікробіологія і біотехнологія. – 2016. - № 3. – с. 57-68.

90. Микробные популяции в природе / П. А. Кожевин. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 170 с.

91. Мильто Н. И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений / Мильто Н. И. – Минск: Наука и техника, 1982. – 296 с.

92. Миндрин А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции / Миндрин А. С. – М.: ВНИИЭТУСХ, 1997. – 187 с.

93. Михайлов В. Г. Эффективность отбора на повышение азотфиксирующей способности у сои / В. Г. Михайлов, Е. К. Дубовенко, Л. Н. Чечельницкая // Селекция и семеноводство. Респ. межвед. темат. сб. – 1988. – Вып. 65. – С. 63-68.

94. Мишустин Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота // Е. Н. Мишустин, В. Ж. Шильникова. – М., 1968. – 530 с.

95. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві / В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів, 2005. – Вип. 1–2. – С. 6-29.

96. Мікробні препарати в землеробстві: теорія і практика / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін.]. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с

97. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / [В. П. Патика, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв та ін.] // К.: Урожай. – 1993. – 176 с.
98. Мірзоєва Т. В. Розвиток рослинництва у Вінницькій області (на прикладі виробничої діяльності ТОВ “ПоділляАгроінвест”) / Т. В. Мірзоєва, І. А. Собчук // «Молодий вчений» – № 6 (33) – червень, 2016 р. – С. 65-69.
99. Моргун В. В. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень / В. В. Моргун, С. Я. Коць // Фізіологія і біохімія рослин. – 2008. – Т. 40, № 3. – С. 187-205.
100. Московець С. М. Віруси і вірусні хвороби бобових культур на Україні / [С. М. Московець, В. Г. Крась, Н. Б. Порембська та ін.]. – К.: Наук. думка, 1971. – 150 с.
101. Надкерничный С. П. Фитотоксические свойства микроскопических грибов почв Украины: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук / ВНИИСХМ – Л., 1976. – 34 с.
102. Насіннева інфекція польових культур / [Петренко В. П., Черняєва І. М., Маркова Т. Ю. та ін.]. – Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. – Харків, 2004. – 56 с.
103. Натман П. С. Генетика взаимодействия бобовых растений и клубеньковых бактерий / П. С. Натман // С. х. биология. – 1970. – Т. 5, № 3. – С. 462-469.
104. Натман П. С. Клубеньковые бактерии в почве / П. С. Натман // Почвенная микробиология. – М. : Наука, 1979. – С. 141-167.
105. Научно–обоснованная система земледелия Винницкой области. – Винница: Облполиграфиздат, 1988. – 247 с.
106. Ничик М. М. Связанные и свободные аминокислоты листьев бобовых при инокуляции новыми штаммами клубеньковых бактерий / М. М. Ничик, Н. В. Петерсон, С. Я. Коць и др. // Физиология и биохимия культ, растений. – 1991. – Т. 23, N5. – С. 439-445.

107. Новикова Н. И. Современные представления о филогении и систематике клубеньковых бактерий / Н. И. Новикова //Микробиология. – 1996. – Т. 65, Вып. 4. – С. 437-450.

108. Основи наукових досліджень в агрономії / [В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз], за ред. В. О. Єщенка. – Умань: Дія, 2005. – 288 с.

109. Пароменская Л. Н. Проблемы повышения устойчивости бобово-ризобиального симбиоза к гербицидам / Л. Н. Пароменская, Т. А. Чернова, Ю. В. Круглов //Микробиология. – 1998. – Т. 67, № 3. – С. 422-427.

110. Патица В. П. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патица, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца, Л. В. Кириленко // Землеробство. – 2015. – Вип. 2. – с. 12-20.

111. Патица В. П. Вплив аборигенних популяцій бульбочкових бактерій сої на симбіотичну активність інтродукованого штаму *Bradyrhizobium japonicum* / В. П. Патица, Д. В. Крутило., Т. М. Ковалевська // Мікробіол. журн. – 2004. – 66, № 3. – С. 14-21.

112. Патица В. П. Екологія мікроорганізмів / В. П. Патица, Т. Г. Омеянець, І. В. Гриник, В. Ф. Петриченко// За ред. В.П. Патики. – К.: Основа, 2007. – 192 с.

113. Патица В. П. Ріпак і його фітосанітарні властивості / Патица В. П., Захарова О. М. // Вісник аграрної науки. – 2015. – № 6. – С. 15-19.

114. Патыка В. Ф. Биологический азот и новая стратегия производства продукции растениеводства в Украине /В. Ф. Патыка. – Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка: Серія біологія. – 2014. – №3 (60). – С.10-15.

115. Патыка В. Ф. Основные направления оптимизации симбиотической азотфиксации в современной земледелии Украины / В. Ф. Патыка, Н. З. Толкачев, О. Ю. Бутвина //Физиол. и биохим. культурных раст. – 2005. – Т. 37, № 5. – С. 384-393.

116. Патыка В. Ф. Эффективность применения ризоторфина и азотных удобрений под сою на орошаемых землях юга Украины / В. Ф. Патыка, Н. З. Толкачев, В. И. Заверюхин, Н. П. Саенко // *Агрохимия*. – 1987. – № 12. – С. 3-7.

117. Патыка Н. В. Роль *Linum usitatissimum l.* в формировании микробных сообществ подзолистых почв / Н. В. Патыка, Ю. В. Круглов, А. М. Бердников, В. Ф. Патыка // *Мікробіологічний ж-л*. – 2008. – 70. – № 1. – С.59-70.

118. Петерсон Н. В. Влияние минерального азота на эффективность симбиоза клубеньковых бактерий / Н. В. Петерсон, М. М. Ничик, С. Я. Коць // *Микробиол, журн*. – 1991. –Т. 53, Ш 1,– С. 16-22.

119. Петриченко В. Ф. Бактеріальні хвороби сільськогосподарських рослин і пестициди / В. Ф. Петриченко, О. В. Корнійчук, Л. А. Пасічник, Л. М. Буценко, Н. В. Житкевич, Т. Т. Гнатюк, В. П. Патыка // *Вісник аграрної науки*. – 2013. – 4, № 13. – С.21-26.

120. Петриченко В. Ф. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / В. Ф. Петриченко, І. Л. Тихонович, С. Я. Коць, М. В. Патыка та ін. // *Вісник аграрної науки*. – 2012. – №8. – С. 5-11.

121. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області. – В.: ВАТ «Віноблдрукарня», 1997. – 240 с.

122. Поліщук С. В. Особливості прояву бактеріальних хвороб на посівах сої / С. В. Поліщук // *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. – 2014. – Вип. 3. – С. 108-115.

123. Посыпанов Г. С. Методологические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях / Г. С. Посыпанов // *Известия ТСХА*, 1983. – Вып. 5. – С. 17-26.

124. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

125. Проворов И. А. Взаимосвязь между таксономией бобовых и специфичностью их взаимодействия с клубеньковыми бактериями / И. А. Проворов // Бот. журн. – 1992. – Т. 77, № 8. – С. 21-32.

126. Проворов Н. А. Генетический полиморфизм бобовых культур по способности к симбиозу с клубеньковыми бактериями / Н. А. Проворов, Б. В. Симаров // Генетика. – 1992. – 28, №6. – С.5-14.

127. Проворов Н. А. Изменчивость культурных видов сои по способности к симбиотической азотфиксации / Н. А. Проворов, Б. В. Симаров, А. Н. Зарецкая и др. // С.-х. биология. – 1987. – № 6. – С. 29-32.

128. Проворов Н. А. Соотношение симбиотрофного и автотрофного питания азотом у бобовых растений: генетико–селекционные аспекты / Н. А. Проворов // Физиология растений. – 1996. – Т. 43, № 1. – С. 127-135.

129. Проворов Н. А. Эволюция генетических систем симбиоза у клубеньковых бактерий / Н. А. Проворов // Генетика. – 1996. – Т. 32, № 8. – С. 1029-1040.

130. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2014 році / [Базикіна С. В., Бакланова О. В., Бахмут О. О. та ін.]; за ред. О. П. Токара, О. М. Орлової. – К.: Наук.–вир. вид. Голодержзах. Мінагропол. – 2014. – 285 с.

131. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / [В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Івашук, О. В. Корнійчук]. – Львів: Укр. технології, 2010. – 1088 с.

132. Связывание молекулярного азота клубеньковыми бактериями в симбиотических и культуральных условиях / [Е. П. Старченков, Н. И. Белима, В. М. Желюк и др.]. – К. : Наук. думка, 1984. – 224 с.

133. Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями (методические рекомендации) / [Проворов Н. А.,

Симаров Б. В., Сметанин Н. И., Квасова Э. В.]; Под ред. Шумного В. К. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 50 с.

134. Симаров Б. В. Биотехнология симбиотической азотфиксации / Б. В. Симаров, А.А. Ароштан // С.-х. биология. – 1987. – № 11. – С. 104-111.

135. Симочко Л. Ю. Роль *Capsicum annuum* L. у формуванні мікробної спільності дерново-підзолистих ґрунтів Закарпаття / Л. Ю. Симочко, С. М. Кормош, В. П. Патики // Вісник Харківського Національного аграрного університету. Серія біологія. – 2011. – вип. 2 (23). – С. 95-104.

136. Січкач В. І. Селекційна цінність колекційних зразків при створенні високопродуктивних сортів сої / В. І. Січкач // Селекція і насінництво. – 2014. – Вип. 106. – с. 83-92.

137. Січкач В. І. Урожайність та якість насіння широкоадаптивних сортів сої / В. І. Січкач, Г. Д. Лаврова, О. І. Ганжело // Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. – 2014. – Вип. 23. – с. 72-87.

138. Сторчоус І. Поразка бур'янів на соєвому полі / І. Сторчоус // Агробізнес сьогодні. – 2012. – № 12. – С. 42-47.

139. Стоянова Ю. С. Рост, фіксація азота и транспірація рослин сої. 1. Влияние температуры корней / Ю. С. Стоянова // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 3. – С. 413-419.

140. Стригун А. Моногранность защиты сои / А Стригун, С. Трибель // Зерно. – 2013. – № 11. – С. 109-116.

141. Сучасні системи землеробства України / [В. Ф. Петриченко, Я. Я. Панасюк, Г. М. Заболотний та ін.] – Вінниця: Діло, 2006. – 212 с.

142. Тихонович И. А. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе / И. А. Тихонович, А. Ю. Борисов, В. Е. Цыганов и др. // Успехи современной биологии. – 2005. – 125, №3. – С. 227-238.

143. Тихонович И. А. Пути использования адаптивного потенциала систем “растение – микроорганизм” для конструирования

высокопродуктивных агрофитоценозов / И. А. Тихонович, Н. А. Проворов // С. – х. биология. – 1993. – № 5. – С. 36-46.

144. Тихонович И. А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И. Л. Тихонович, Н. А. Проворов. – СПб, 2009. – 211 с.

145. Тихонович И. А. Специфичность взаимодействия бактерий и растений как пример образования интегрированных генетических систем / И. А. Тихонович // Проблемы экспериментальной ботаники. V Купревичские чтения. – Минск: Тэхналогія, 2006. – С. 5-49.

146. Толкачев Н. З. Модифицированный метод определения количества клубеньковых бактерий сои в почве / Н. З. Толкачев // Тр. ВНИИСХМ. 157 – Л., 1990. – Т. 60. – С. 37-43.

147. Толкачев Н. З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины / Н. З. Толкачев // Мікробіол. журн. – 1997. – Т. 59, № 4. – С. 34-41.

148. Трепачев Е. П. Биологический потенциал различных видов многолетних бобовых трав по способности к азотфиксации и вкладу органического вещества в плодородие типичного чернозема / Е. П. Трепачев, Б. Ф. Азаров // С. –х. биология. – 1989. – № 3. – С. 25-34.

149. Троицкая Г. Н. Роль малых доз нитрата и симбиотически фиксированного азота в азотном питании сои в онтогенезе / Г. Н. Троицкая, А. Г. Гадимов, С. Ф. Измайлов // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 3. – С. 448-457.

150. Ушкаренко В. А. Планирования эксперимента и дисперсионный анализ результатов полевого опыта / Ушкаренко В. А., Скрыпник А. Я. – Одесса: Вища школа, 1988. – 119 с.

151. Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: Монографія / [Р. І. Гвоздяк, Л. А. Пасічник, Л. М. Яковлева, С. М. Мороз, О. О. Литвинчук, Н. В. Житкевич та ін.]; За ред. В. П. Патики – К.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2011. – 444 с.

152. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / [А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора, М. П. Власова]. – М: АН СССР, 1961. – 133 с.

153. Фундаментальная фитопатология: учебник для вузов / [Багирова С. В., Джавахия В. Г., Дьяков Ю. Т. и др.]; под ред. Дьякова Ю. Т. – М.: «Красанд», 2012. – 512 с.

154. Харіна А. В. Вплив ризобактерій на розвиток інфекції, викликаної вірусом зеленої крапчастої мозаїки огірка на рослинах *Cucumis sativus* / А. В. Харіна, В. Г. Скрипов, І. Г. Будзанівська та ін. // С.-г. мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2007. – Вип. 5. – С. 179-186.

155. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: монографія / [Петриченко В. Ф., Патики В. П., Пасічник Л. А., Житкевич Н. В., Гуляєва Г. Б. та ін.] / За редакцією академіків НААН В. Ф. Петриченка, В. П. Патики. – Вінниця: «Віндрук», 2016. – 106 с.

156. Хохряков М. К. Определитель болезней растений / М. К. Хохряков, Г. Л. Доброзракова, К. М. Степанов // Изд-во «Лань», 2003. – С. 132-139.

157. Чеботарь Н. И. Влияние гербицидов на формирование клубеньков и урожай сои / Н. И. Чеботарь, Ю. В. Круглов, З. А. Лупашку // Экология и физиология почвенных микроорганизмов: сб. науч. тр. – Л., 1976. – С. 147-152.

158. Черемисов Б. М. Селекция бобовых растений и клубеньковых бактерий на интенсификацию их симбиоза / Черемисов Б. М. – М.: Агропромиздат, 1985. – 250 с.

159. Шадчина Т. М. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / Шадчина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 348 с.

160. Шевчук В. К. Біостимулятори – проти хвороб / В. К. Шевчук, О. Л. Дорошенко // Захист рослин. – 2000. – № 9. – С. 7.

161. Шендрик К. М. Ефективність біологічних та хімічних засобів захисту сої від кореневих гнилей / К. М. Шендрик // Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб. – 2008. – Вип. 54. – С. 494-497.

162. 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.

163. Allen O. N, Allen E. K. The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. Madison: Univ, Wisconsin Pres. – 1981. – 800 p.

164. Andreote F. D., Gumiere Th., Durrer A. Exploring interactions of plant microbiomes // Scienta Agricola, 2009. – Vol. 71, N 6. – P. 528-539.

165. Berkun P. van Anaerobic growth and denitrification among different serogroups of soybean rhizobia / P. van Berkun, H. Keyser Harold // Appl. And Environ. Microbiol. – 1985. – Vol. 49, № 4. – P. 772-777.

166. Blaszcak W. Wplyw niektorych wirusow na wzrost i brodawkowanie bobiku i lubinu /Blaszcak W., Golebniak B., Czeszynska J. //Zesz. probl. postepow. nauk roln. – 1974. – N 156. – S. 107-119.

167. Bos L. Bean yellow mosaic virus [Електронний ресурс]: Database of plant viruses (Association of Appied Biologists). – Режим доступу: <http://www.dpvweb.net>. – 1970. – DPV 40.

168. Bottomley P. J. Ecology of Bradyrhizobium and Rhizobium / Biol. Nitrog. Fixat. // Ed. G. Stacey, R. H. Burris, H. J. N.Y. Evans; I. : Chapman & Hall, 1992. – P. 293-384.

169. Bradbury J. F. Guide to Plant Pathogenic Bacteria Bacteriologist. – England: CAB International Mycological Institute, 1986. – 334 p.

170. 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.

171. Brewin N. J., Kardailsky I. V. Legume lectins and nodulation by *Rhizobium* // Trends Plant Sci. – 1997. – 2, N 3. – P. 92-98.

172. Brunel B. Stability of *Bradyrhizobium japonicum* inoculants after introduction into soil / B. Brunel, G. C. Cleyet, P. Norman et al. // Appl. Environ. Microbiol. – 1988. – Vol. 54. – P. 2636-2642.

173. 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.

174. Desai A. Rhizobial haemoglobin and aminolevulinic and synthetase activity in *Rhizobium japonicum* // Indian J. Exp. Biol. – 1977. № 17. – P. 528-530.

175. Devine T. E. Inheritance of soybean nodulation response with a fast-growing strain of *Rhizobium* // J. Heredity. – 1984. – V. 75, № 5. – P. 359-363.

176. 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

177. Douglas A. E. Symbiotic interactions /A.E. Douglas. – Oxford etc., 1994. – 148 p.

178. Dunleavy J. M. Spread of bacterial tan spot of soybean in field // Plant Dis. – 1985. – 69, № 12. – p. 1036-1039.

179. 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.

180. 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.

181. 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.

182. Eviner V. T. Plant–microbial interaction /V.T. Eviner, F.S. Chapin // *Nature*. – 1997. – Vol. 385, № 6611. – P. 26.

183. Ferguson B. J. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation // B.J. Ferguson, A. Indrasumunar, S. Hayashi [et.al.] // *J. Integr. Plant Biol.* – 2010. – 52, № 1. – P. 61-76.

184. 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.

185. Frans J. de Bruijn (Editor) *Biological Nitrogen Fixation*, 2 Volume Set., Wiley–Blackwell. // Frans J. de Bruijn 2015. – 1260p. – Режим доступа: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118637046.html>.

186. Gage D. J. Infection and invasion of root by symbiotic, nitrogenfixing rhizobia during nodulation of temperate legumes / D. J. Gage // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* – 2004. – V. 68. – P. 280-300.

187. Gershon D. Genetic studies of effective nodulation in *Lotus* spp. // *Can. J. Microbiol.* – 1961. –V. 7, J6 6. – P. 961-963.

188. Geurts R. Rhizobium Nod factor perception and signaling / R. Geurts, T. Bisseling // *Plant Cell*. – 2002. – 14. – P. S 239-S 249.

189. Gibson A. H. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*/ A. H. Gibson, J. E. Harper // *Crop. Sci.* – 1985. – Vol. 25, № 3. – P. 497-502.

190. 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.

191. Han S.–K., Wagner D. Role of chromatin in water stress responses in plant. *J. Exp. Botany*. 2014; 65(10) : 2785-2799.

192. 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.
193. Harman G. E. Mechanisms of seed infection and pathogenesis / GE Harman // *Phytopathology.* 1983; 73(2) : 326-329.
194. Held M. Common and not so common symbiotic entry / M. Held, M.S. Hossain, K. Yokota [et al.] // *Trends Plant Sci.* – 2010. – V. 15. – P. 540-545.
195. Hera C., Poppersu A. Researches on symbiosis between *Rhizobium japonicum* and soybean // *Eurosoya.* – 1986. – № 4. – P. 72-90.
196. 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.
197. Hirsch A. M. Developmental biology of legume nodulation / A. M. Hirsch // *New Phytol.* – 1992. – V. 122. – P. 211-237.
198. Hunt S. Gas exchange of legume nodules and the regulation of nitrogenase activity / S. Hunt, D.B. Layzell // *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1993. – Vol. 44. – P. 483-511.
199. 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.
200. Jardim J. R. Important limiting factors in soil for the Rhizobium-legume symbiosis: Biological nitrogen fixation. Ecology, technology and physiology / J. R. Jardim, J. R. J. Freire. – New York ; London, 1983. – P. 55-75.
201. Jimenes J. An altruistic model of Rhizobium-legume association / J. Jimenes, J. Casadesus // *J. Hered.* – 1989. – Vol. 80. – P. 335-337.
202. Kandan A. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and enhanced yield in tomato / Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V.J. [et al.] // *Biocontrol science and technology.* – 2005. – Vol. 15(6). – P. 553-569.

203. Kapulnik Y. Plant growth promoting by rhizosphere bacteria // Plant Roots. The Hidden Halls / Kapulnik Y., Eds. Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. New York: Marcel Dekkers, – 1996. – P. 769–781.
204. Kapustka L. A., Rice E. L. Symbiotic and asymbiotik N₂ –fixation in a tall grass prairie // Soil Biol. Biochem. – 1978. – P. 553-554.
205. 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. Bacteriol. – 2005. – 187, N 12. – P. 8427-8436.
206. Khan M. S., Zaidi A., Musarat J. Microbes for Legume Improvement / (Eds.). Wien: Springer–Verlag, 2010. – 554 p.
207. 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.
208. 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.
209. Leben G., Rush V., Schmitthenner A. F. The colonization of soybean buds by *Pseudomonas glycinea* and other bacteria // Phytopathology. – 1968. – 58. – № 12. – p. 1677.
210. 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.
211. Lisichkina G. A. Relationship between soybean nodule bacteria and different plants / G. A. Lisichkina, D. G. Zvyagintsev, P. A. Kazhevin // Interrelationship between microorganisms and plant in soil (Libice, CSSR, June 22–27, 1987) : abstr. – Libice, 1987. – P. 5.
212. Loon L. C. van. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria / L.C. van Loon, P.A. Bakker, C.M. Pieterse // Annu. Rev. Phytopathol. – 1998. – Vol. 36. – P. 453-483.

213. 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.

214. 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.

215. Maurhofer M. Salicylic acid biosynthetic genes expressed in *Pseudomonas fluorescens* strain P3 improve the induction of systemic resistance in tobacco against tobacco necrosis virus /Maurhofer M., Reimann C., Schmidli-Sacherer P. [et al.] // Phytopathol. – 1998. – Vol. 88. – P. 678-684.

216. McSpadden Gardener B. B. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in Agricultural Systems // Phytopathology. – 2004. – V. 94, № 11. – P. 1252-1258.

217. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // Trends Plant Sci. – 2002. – 7. – P. 405-410.

218. 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.

219. Mulder L. Integration of signaling pathways in the establishment of the legume-rhizobia symbiosis / L. Mulder, B.Hogg, A. Bersoult, J. V. Cullimore // Physiol. Plant. – 2005. – 123, № 2. – P. 207-218.

220. 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

221. Nap B., Bisseling T. Development biology of plant-prokaryote symbiosis: The legume root nodule // Science. – 1990. – V. 250, № 4993. – P. 943-954.

222. Nardi S., Concheri G., Pizzeghello D. et al. Soil organic matter mobilization by root exudates // Chemosphere, 2000. – Vol. 41, N 5. – P. 653-658.

223. Neef H. Inhibitory effects of *Galega officinalis* on glucose transport across monolayers of human intestinalepithelial cells / H. Neef, P. Augustijns, P. Declercq // *Pharmaceut. Pharmacol. Lett.* – 1996. – Vol. 6. – P. 86–89.

224. Nutman P. S. Genetics of symbiosis and nitrogen fixation in legumes // *Proc. Roy. Soc. L., ser. B.* – 1969, – V. 172, № 1029. – P. 417-437.

225. 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.

226. 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.

227. Nutman P. S. The influence of the legume in root–nodule symbiosis // *Biol. Rev.* – 1956. – Y. 31, № 2. – P. 109-151.

228. 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.

229. Ohyama T., Nicholas J. C., Harper J. E. Assimilation of ¹⁵N₂ and ¹⁵N₃~ by partially nitrate – tolerant nodulation mutants of soybean // *J. Exp. Bot.* – 1993. – V. 44, № 269. – P. 1739-1747.

230. Oldroyd G. E. Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes / G. E. Oldroyd, J. A. Downie // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2008. V. 59. – P. 1169-1180.

231. 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.

232. Patyka V. H., Pasichnyk L.A. Phytopathogenic bacteria in the system of modern agriculture // *Microbiol. j–l.* – 2014. – 76. – №1. – P.21-26.

233. Patyka V. P. Phytopathogenic Bacteria in Contemporary Agriculture // *Microbiologichny zhurnal.* – 2016. – 78. – №6. – P.71-83.

234. Perret X. Molecular basis of symbiotic promiscuity / X. Perret, C. Staehelin, W.J.Broughton// Microbiol. Mol.Biol. Rev. – 2000. – V. 64. – P. 180-201.

235. Phillips D. A. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes / D.A. Phillips // Annu Rev. Plant Physiol. – 1980. – Vol. 31, N 11. – P. 29-49.

236. 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, N1. – P. 31-39.

237. 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.

238. 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 *rip1* in *Medicago truncatula* // Mol. Plant–Microbe Interact. – 2002. – 15. – P. 522-528.

239. Rao G. P. Effect of cucumber mosaic virus infection on nodulation, nodular physiology and nitrogen fixation of pea plants /Rao G.P. [et al.] // Z. pflanzen groukh und pflanzenschutz. – 1987. – Vol. 94, N 6. – P. 606-613.

240. Rhizobiaceae: молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями / под ред. Г. Спайнка, А. Кондороши, П. Хукаса; пер. с англ. И. А. Тихоновича и Н. А. Проворова. – СПб., 2002. – 568 с.

241. Sarma A. D., Emerich D. W. A comparative proteomic evaluation of culture grown vs nodule isolated *Bradyrhizobium japonicum* // Ibid. – 2006. – 6. – P. 3008-3028.

242. 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.

243. Seidel S. Using omethoate insecticide and legume inoculants on seed /S. Seidel, G.E. O'Connor, J. Watt, M. Sutherland //Austral. J. Exp. Agric. – 1991. – Vol. 31, № 1. – P. 71-76.

244. Shaw S. L., Long S.R. Nod factor inhibition of reactive oxygen efflux in a host legume // Plant Physiol. – 2003. – 132, N 12. – P. 2196-2204.

245. 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.

246. Skaf J. S., de Zoeten G.A. Pea enation mosaic virus [Электронный ресурс]: Database of plant viruses (Association of Applied Biologists). – Режим доступа: <http://www.dpvweb.net>. – 2000. – DPV 372.

247. 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.

248. Stougaard J. Regulators and regulation of legume root nodule development / J. Stougaard // Plant Physion. – 2000. – V. 124, № 2. – P. 531-540.

249. 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.

250. 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, N3. – P. 1318-1327.

251. Udvardi M., Poole P. S. Transport and metabolism in legume–rhizobia symbioses. Annu. Rev. Plant Biol. 2013; 64(1) : 781-805.

252. Van Kammen A. The molecular development of nitrogen fixing root nodules //Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications. Proc. of the 10th Inter Congr. on Nitr. Fixation.(St. Peterburg, May 28 – June 3, 1995). – Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publ., 1995. – P. 9-14.

253. 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.

254. Vasil'eva G. G. Physiological role of calcium in legume–rhizobium symbiosis / G.G. Vasil'eva, A.A. Ishenko, A.K. Glyan'ko // *J. Stress Physiol. Biochem.* – 2011. – 7, № 4. – P. 398-414.

255. Vest G. Rj3 – a gene conditioning ineffective nodulation in soybean // *Crop Sci.* – 1970. – V. 10, № 1. – P. 34-35.

256. Vest G., Caldwell B.E. Rj4– a gene conditioning ineffective nodulation in soybeans// *Crop Sci.* 1972. – 12, № 8 . – P. 692-694.

257. 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.

258. Willems A. The taxonomy of rhizobia: an overview / A. Willems // *Plant and Soil.* – 2006. – Vol. 287. – P. 3-14.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,853 = 1,75 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,349 = 2,77 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,21 = 2,48 \text{ т/га});$$

Додаток А.2

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,8 = 1,64 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,27 = 2,60 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,13 = 2,32 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,93 = 1,91 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,47 = 3,01 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,31 = 2,69 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,56 = 1,15 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,88 = 1,80 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,79 = 1,62 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,44 = 0,90 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,698 = 1,43 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,62 = 1,27 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,42 = 0,86 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,66 = 1,35 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,59 = 1,21 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,996 = 2,04 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,58 = 3,24 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,41 = 2,89 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,73 = 1,50 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,15 = 2,36 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,03 = 2,11 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,91 = 1,87 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,43 = 2,93 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 1,28 = 2,62 \text{ т/га});$$

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,042 = 0,09 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,067 = 0,14 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (\text{Hip}_{0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,06 = 0,12 \text{ т/га});$$

Додаток Ж.1

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:

$$\text{Фактор А} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,074 = 0,15 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор В} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot a}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,117 = 0,24 \text{ т/га});$$

$$\text{Фактор АВ} = s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{a \cdot b}} = (H_{ip0,05} = t_{05} \cdot S_d = 2,05 \cdot 0,105 = 0,22 \text{ т/га});$$

Додаток Ж.2

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



Рис. 3.1. Природне ураження кутастою плямистістю (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*): а – стебел і б – листків



Рис. 3.2. Природне ураження пугульним 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)**

Додаток М



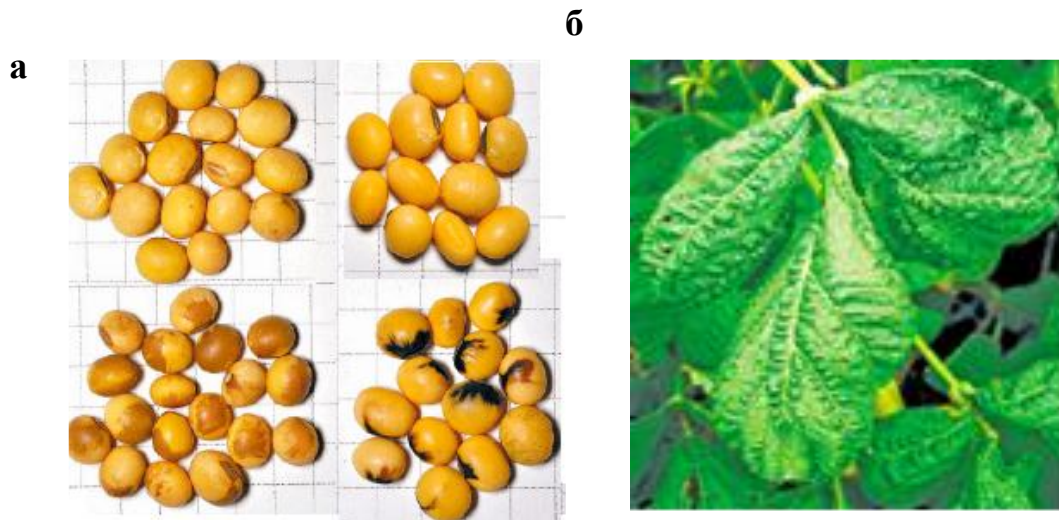
Рис. М.1. Антракноз
(збудник – *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc)



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.Черняєвої),
(збудник – вірус *Bean wrinkle mosaic virus*) а – насіння, б – листки**



**Рис. Н.2. Жовта мозаїка сої
(збудник – вірус *Bean yellow mosaic virus*)**



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Скоморошківське»

Н. В. Грох

2016 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Вінницького національного
аграрного університету

О. С. Яремчук

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 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
(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	1,86	-	-
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 чорноземи 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 (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

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 інокулянтном 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	2,89	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 інокулянтном 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 ПП «ЗЕТО»

М.М. Копитчук

201 6 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Вінницького національного
аграрного університету

О.С. Яремчук

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 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 інокулянтном 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 інокулянтном 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 інокулянтном 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