

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ,**  
**СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**Кафедра рослинництва**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему:**

**«АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ПІДВИЩЕННЯ  
ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ В УМОВАХ  
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
за ОПП Еколого-економічне рослинництво  
спеціальності 201 Агрономія  
Ступеня вищої освіти магістр  
денної форми навчання  
**Нетребін Андрій Петрович**

**Керівник: Єремко Людмила Сергіївна канд. с.-г.  
наук, доцент кафедри рослинництва**

**Рецензент: Міщенко Олег Вікторович, канд. с.-г.  
наук, професор кафедри землеробства і агрохімії ім.  
В.І. Сазанова**

**Полтава – 2023 рік**

## ЗМІСТ

	ст.
<b>ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....</b>	5
<b>РОЗДІЛ 1. РОЛЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ</b>	10
1.1. Роль елементів мінерального живлення у формування продуктивності сої.....	10
1.2. Біостимулятори росту рослин як фактор формування продуктивності.....	21
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	23
2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень.....	23
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень .....	24
2.3. Методика проведення досліджень .....	26
2.4. Агротехніка вирощування сої.....	29
<b>РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА БІОСТИМУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ.....</b>	32
3.1. Ріст і розвиток рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин.....	32
3.2. Фотосинтетична діяльність сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин.....	35
3.3. Формування симбіотичного апарату сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин.....	39
3.4. Продуктивність сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин .....	42
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРУ РОСТУ РОСЛИН У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ.....</b>	43
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....</b>	45
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	49
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	53
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	54
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	55
<b>ДОДАТКИ.....</b>	67





## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Модернізація сільськогосподарського виробництва зосереджуються на стійких екологічних системах. Основними викликами для науковців та експертів у галузі сільського господарства є покращення якості та врожайності сільськогосподарських культур з мінімальними витратами, зосереджуючись на екологічній стійкості. На додаток до зростання чисельності населення, погіршення продовольчої безпеки та тиску на навколишнє середовище, сучасне сільське господарство також стикається з проблемами деградації ґрунтів та скорочення площі орних земель. Близько 24 мільярдів тонн родючого ґрунту було виснажено в усьому світі через неадекватну сільськогосподарську практику та ерозію. Одним із аспектів вирішення даних проблем може бути розширення посівних площ зернобобових культур, зокрема сої, що завдяки наявності у насінні високоякісного білка та олії, має стратегічне значення у світовому землеробстві. Білок цієї культури приймається у світі за стандарт білків, що мають рослинне походження. За рахунок цього, використання сої відіграє ключову роль, як у харчовій промисловості, так і у кормовиробництві. Разом з тим, у фармацевтичній промисловості соя слугує джерелом продукування препаратів, що мають стимулюючий вплив на діяльність центральної нервової системи та головного мозку, покращують реологічні властивості крові та застосовуються процесі лікування діабету і променевої хвороби.

**Актуальність теми.** Як і у більшості бобових, рослини сої можуть встановлювати бобово-ризобіальний симбіоз з азотфіксуючими ґрунтовими бактеріями та забезпечувати себе необхідними речовинами азоту. Висока здатність сої до біологічної фіксації азоту використовується у всіх основних країнах-виробниках і сприяє зменшенню (або навіть усуненню) потреби у застосуванні дорогих азотних добрив.

Соя, як правило, нодулюється видами *Bradyrhizobium*, особливо *B. japonicum*, *B. diazoefficiens*, *B. yuanmingense* та *B. elkanii*, а на більш лужних ґрунтах - штамми *Sinorhizobium*. Якщо ці симбіонти добре підібрані до

генотипів рослин-господарів, за оптимальних умов вирощування соєво-брадиризобіальний симбіоз може фіксувати  $>300 \text{ кг N га}^{-1}$ . У цьому відношенні перспективним агротехнологічним прийомом є проведення допосівної інокуляції насіння із використанням біодобрих на основі ефективних штамів бульбочкових бактерій.

З метою стимулювання метаболічних процесів у рослинах та ґрунтових процесів, а також для покращення доступності поживних речовин у процесі росту і розвитку рослин, значна увага приділяється застосуванню біостимуляторів росту рослин [1].

Згідно з новим регламентом (ЄС; 2019/1009), біостимулятор є добривом, яке покращує поживні процеси рослини незалежно від власного вмісту поживних речовин. Застосування біостимуляторів росту рослин має на меті покращання характеристик рослини та/або ризосфери, підвищення ефективності використання поживних речовин рослинами, підвищення їх толерантності до біотичного та абіотичного стресу.

Серед чинників, що визначають інтенсивність росту і розвитку рослин, формування рівня їх врожайності та покращення якісних характеристик отриманого врожаю ключове значення має забезпеченість рослин елементами мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду. У цьому відношенні вагому роль відіграє визначення найбільш доцільних норм внесення мінеральних добрив.

**Мета і задачі досліджень.** Метою досліджень було визначення ефективності застосування мінеральних добрив, біодобрива і біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сої.

Вирішення поставленої мети полягало у:

- з'ясуванні впливу мінерального удобрення, застосування біодобрива і біостимулятора росту рослин на інтенсивність приростів надземної частини рослин, формування їх симбіотичного апарату, листкової поверхні.
- визначенні продуктивності фотосинтетичної роботи посівів сої;

- визначенні зміни параметрів складових елементів індивідуальності продуктивності рослин залежно від застосування біодобрива та біостимулятора росту рослин на різних фонах мінерального удобрення
- визначенні величини зернової продуктивності посівів залежно від застосування досліджуваних факторів
- проведенні аналізу економічної ефективності застосування досліджуваних елементів технології.

*Об'єкт досліджень* – параметри висоти і маси надземної частини, величини симбіотичного апарату рослин, площі листкової поверхні посівів, структурних елементів врожаю та урожайності зерна сої за різної забезпеченості елементами мінерального живлення, застосування біодобрива та біостимулятора росту рослин.

*Предмет досліджень* – сорт сої Діона, урожайність насіння, біодобриво, біостимулятор росту рослин, мінеральні добрива.

**Методи досліджень:** польовий – для спостереження за фазами розвитку рослин, визначення їх біометричних показників, насінневої продуктивності та проведення обліку врожаю; лабораторний – для визначення енергії проростання насіння, його лабораторної схожості та початкового розвитку рослин сої; статистичний – для проведення дисперсійного аналізу оцінки результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності впровадження елементів технології вирощування.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у науковому обґрунтуванні застосування новітніх агротехнологічних прийомів у технології вирощування сої на основі поєднання внесення мінеральних добрив та застосування мікробіологічних препаратів азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* і біостимулятора росту рослин.

У ході проведення досліджень нами було вивчено вплив застосування біодобрива на основі азотфіксуючих мікроорганізмів *Bradyrhizobium japonicum* і біостимулятора росту рослин на різних фонах мінерального удобрення. Це

дало нам можливість удосконалити агротехнічний процес вирощування сої та підвищити рівень її зернової продуктивності.

**Практичне значення одержаних результатів.** Було визначено, що перспективними операціями технологічного процесу вирощування сої є комплексне застосування біологічного препарату Ризоактив соя (2,0 л/т) та позакореневе обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) на фоні внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . Це надає можливість підвищити зернову продуктивність сої до 3,18 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 104,1 %.

**Особистий внесок здобувача.** Кваліфікаційна робота виступає як самостійне дослідження автора. У ході її написання роботи автором проведено аналітичний огляд зарубіжної та вітчизняної наукової літератури за науковою тематикою роботи. Закладено та проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано результати досліджень, на основі яких сформовано висновки та надано рекомендації виробництву.

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень та основні положення кваліфікаційної роботи оприлюднені і обговорені на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» Полтава 23 листопада 2023 року.

За результатами досліджень опубліковано 1 тези в збірнику матеріалів науково-практичної конференції:

1. Єремко Л.С., Нетребін А.П. Вплив системи удобрення на урожайність сої. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» Полтава 23 листопада 2023 року.

**Структура та обсяг магістерської дипломної роботи.** Загальний обсяг дипломної роботи становить 74 сторінки загального друкованого тексту, містить 9 таблиць. Кваліфікаційна робота складається із вступу, 6 розділів,

висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 125 найменувань.

## РОЗДІЛ I

### РОЛЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

#### 1.1. Роль елементів мінерального живлення у формуванні продуктивності сої

Соя (*Glycine max*) - це давня бобова культура, яка традиційно використовується для приготування як ферментованих, так і неферментованих і неферментованих продуктів харчування, і є основним продуктом харчування серед населення Азії [1, 2]. Соя надзвичайно універсальна і може бути використана різноманітні продукти харчування [3, 4].

Соеві боби містять 35-40% білка, 20% ліпідів, 9% зольних елементів і 8,5% вологи, виходячи з сухої ваги зрілого сирого насіння [5]. У соєвому білку присутні дві з чотирьох груп білків: альбуміни (водорозчинні) та глобуліни (солерозчинні). Основним типом білка в сої є глобулін.

На сьогоднішній день на основі соєвого білка виготовляється широке розмаїття харчових продуктів. За останні десятиліття у світі спостерігається значне підвищення рівня виробництва продукції на основі сої. Найбільшим продуцентом соєвих бобів є США із часткою світового виробництва сої 45%, за ними йдуть Бразилія (20%) і Китай (12%) [6].

У групі соєвих продуктів, найбільш популярними є соєве молоко, що являє собою неферментований білковий продукт на основі сої і слугує ідеальними заміниками для людей, з непереносимістю лактози [7, 8]. Технологія, що використовується для виробництва соєвого молока з рослинних заміників полягає на тому, що насіння замочують, розтирають у великій кількості води і після фільтрації кип'ятять, надалі його збагачують мікроелементами та поживними речовинами шляхом додавання.

Тофу, також відомий як соєвий сир, є соєвим продуктом виготовлений з гарячого соєвого молока [9]. Найбільшими світовими споживачами тофу та соєвого молока є Китай, Японія, Сінгапур та Корея [10]. Тофу багатий на

високоякісні білки, вітаміни групи В та має мінімальний вміст натрію [11], і, що важливо, є чудовим альтернативним джерелом білка для вегетаріанців.

Широкого споживання набуло також соєве м'ясо, як джерело рослинного білка. Подібно до споживання м'яса, рослинні білки часто вживають як "змішану діету" [11]. Багато інших поживних речовин з цілої рослини також потрапляє в організм. Більшість з цих додаткових компонентів мають значний позитивний вплив на здоров'я людини, такі як ізофлавіони, біодоступне залізо, кальцій, магній, харчові волокна, поліненасичені жирні кислоти [12, 13].

Сприятливий вплив соєвого білка на організм людини відбувається завдяки взаємодії з іншими компонентами. Численні дослідження білкових продуктів на основі сої показали, що вони містять антиоксиданти (фітат, ізо- та флавоноїди), що функціонують як інгібітори білка тирозинкінази, контролюють життя і загибель клітин, зменшують всмоктування ліпідів і жовчних кислот із шлунково-кишкового та покращують активність антинеопластичних ферментів [14].

Соєві продукти не тільки містять високоякісні білки, але є багатими на ізофлавіони та кальцій. Таким чином, білкові продукти на основі сої можуть покращувати здоров'я кісток та запобігати ризику розвитку остеопорозу. Існують дослідження, у яких показано, що споживання соєвого білка впливає на мінеральну щільність кісткової тканини [15]. За їх даними терапевтичне лікування соєвими білками, багатими на ізофлавіони, показало зниження швидкості резорбції кісткової тканини [16, 17]. Разом з тим, споживання соєвого білка сприяє підвищенню утримання кальцію в кістковій тканині у жінок у постменопаузальному періоді, що відображає позитивний кістковий баланс, тим самим сприяючи збереженню об'єму кісткової тканини та збільшенню кісткової маси. Крім того, підвищене споживання соєвого білка та його побічних продуктів, як чудового дієтичного джерела кальцію, може допомогти задовольнити його добову норму.

Соєві продукти, багаті на різні поживні речовини можуть пригнічувати аномальний поділ і поширення клітин і можуть діяти у якості інгібітором раку

при різних його типах. Продукти на основі сої - це добре вивчена рослинна білкова їжа для профілактики раку. Дослідження Sharp et al. (2005) виявило, що вживання м'яса - ферментованого соєвого продукту, може знизити ризик розвитку гепатоцелюлярної карциноми та мати вплив на пухлинні клітини та клітинну проліферацію [18]. Окрім м'яса, інші соєві продукти також показали позитивний вплив на профілактику раку. Дослідження показало, що чункукджанг, ферментована соєва паста, виготовлена в Кореї, продемонструвала значний пригнічуючий ефект на ріст ракових клітин аденокарциноми шлунка людини [80]. Крім того, дослідження показали що соєві продукти можуть мати протиракову дію, при колоректальному раку [19].

Паралельні дослідження та пробні випадки були проведені для визначення зв'язку між раком молочної залози та соєвими продуктами (тофу та соєве молоко). Це пов'язано, головним чином, з тим, що білкові структури сої зв'язуються з естрогеном, утворюючи слабкі зв'язки, що призводить до утворення модифікаторів естрогену. За даними мета-аналізу двадцяти одного епідеміологічного дослідження, було виявлено 25% зниження ризику раку молочної залози серед жінок, які дотримувалися дієти, що містила велику кількість соєвих продуктів, порівняно з тими, хто не робив цього. Нещодавній мета-аналіз досліджень вказує на те, що споживання тофу має зворотний зв'язок з ризиком раку молочної залози [19].

Споживання сої в Китаї і Японії є в десять-п'ятнадцять разів вищим, ніж в Європі та США. Однак, було встановлено, що іммігранти з Азії мали такий самий рівень захворюваності на рак простати, як і громадяни США, що пов'язано зі змінами в їхньому раціоні харчування після адаптації до західного способу життя.

Ефективність споживання соєвого білка для втрати жиру та запобігання ожиріння була продемонстрована в дослідженнях на тваринах і людях. Щоденне споживання соєвого білка вивчалось на предмет його поживної цінності та потужних антиоксидантних властивостей впродовж багатьох років.

Дієта з високим вмістом соєвого білка може мати потенціал для запобігання гіперліпідемії та ожиріння. Вплив споживання сої на вагу та інші характеристики, пов'язані з ожирінням, було досліджено з метою розгадати основні механізми завдяки яким соєві продукти мають такі переваги для здоров'я. Одне з перших досліджень показало що ізофлавоноїди сої активують рецептор проліферації пероксисом, покращуючи таким чином метаболізм ліпідів та генеруючи антидіабетичні переваги. Крім того, дослідження довели, що соєві білкові продукти, багаті на ізофлавоноїди, мають антидіабетичну дію, пригнічуючи інсулінорезистентність.

Крім того, ізофлавоноїди сої продемонстрували потужний вплив на зниження рівня холестерину як у дослідженнях на тваринах, так і на людях. Разом з тим, клінічними дослідженнями було виявлено, що жінки в постменопаузі, які вживали соєву їжу щодня впродовж трьох місяців, набрали менше жиру на животі, ніж ті, хто тих, хто вживав звичайну їжу [20, 27-31].

Ведення органічного землеробства є однією із стратегій, що не тільки забезпечує безпеку харчових продуктів, а й збільшує біологічне різноманіття ґрунту. Додаткові переваги біодобрив включають більш тривалий термін зберігання, що не чинить несприятливого впливу на екосистему [21]. Основою органічного землеробства є природній мікробіом, що містить всі види корисних бактерій і грибків, включаючи арбускулярні мікоризні гриби (AMF), які називаються ризобактеріями, що сприяють росту рослин (PGPR).

Біодобрива збагачують ґрунтове середовище на майже всі види мікро- і макроелементів за рахунок фіксації азоту, розчинення фосфатів і калію або мінералізації, що полягає у вивільненні речовин, що регулюють ріст рослин, продукуванні антибіотиків і біодеградації органічної речовини в ґрунті [22].

При внесенні мікроорганізмів біодобрив у ґрунт разом з інокульованим насінням, вони розмножуються і беруть участь в колообігу поживних речовин, а також підвищують врожайність сільськогосподарських культур [23]. Як правило, при внесенні мінеральних добрив, тільки 10-40 % із них засвоюються рослинами, натомість від 60% до 90% втрачається. У цьому відношенні

мікробні інокулянти мають першорядне значення в інтегрованих системах управління поживними речовинами для підтримки продуктивності сільського господарства та здорового довкілля [24]. PGPR або ко-інокулянти і AMF можуть підвищити ефективність використання поживних речовин в добривах.

Мікробні спільноти ризосфери, які є альтернативою хімічних добрив, стали предметом великого інтересу в галузі сталого сільського господарства. Такі мікроорганізми, як правило, складаються з різноманітних природних мікробів, надходження яких до ґрунтової екосистеми покращує фізико-хімічні властивості ґрунту, біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів, родючості ґрунту, ріст і розвиток рослин і продуктивність сільськогосподарських культур [25]. Корисні в сільськогосподарському відношенні, популяції мікроорганізмів включають ризобактерії, що сприяють росту рослин, ціанобактерії, мікоризу, корисні бактерії, що пригнічують хвороби, ендофіти, стійкі до стресу.

Біологічні препарати є додатковим компонентом традиційної системи ведення рослинництва, а саме сівозміни, внесення органічних добрив, догляду за обробкою ґрунту, переробки рослинних залишків, відновлення родючості ґрунту і біоконтролю патогенів і комах-шкідників, які можуть бути значно корисні для підтримки стійкості різних рослинницьких виробництв [26].

Найважливішою поживною речовиною для рослин є азот. Його нестача серйозно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Більшість ґрунтів у всьому світі багаті азотом, і внесення азотних добрив необхідно для досягнення максимальної врожайності сільськогосподарських культур.

Азот є необхідним для всіх живих організмів. Хоча атмосфера на 78% складається з азоту, він не може бути використаний більшістю організмів, і, отже, його доступність у формі, придатній для засвоєння, часто є основним фактором, що обмежує ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

Виробництво хімічних азотних добрив не тільки виснажує невідновлювані джерела енергії, але також становлять небезпеку для людини та навколишнього середовища, крім того, що є дуже дорогими. Сечовина є найдешевшим і легкодоступним джерелом азоту, але, на жаль, менше 50%

застосовуваної сечовини використовується рослинами. Така низька ефективність використання в основному обумовлена випаровуванням і денітрифікацією  $\text{NH}_3$ , а також втратами при вилюговуванні. Вимивання  $\text{NO}_3\text{-N}$  викликає токсичність підземних вод. Випаровування і Денітрифікація забруднюють атмосферу в результаті виділення парникових газів, таких як  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  і  $\text{NH}_3$  [32].

Основним джерелом азоту для рослин в рамках екологічно чистих методів ведення сільського господарства є бобово-ризобіальний симбіоз, що поряд із фотосинтезом рослин є важливою біохімічною реакцією, необхідною для життя на землі і відбувається за допомогою симбіотичних азотфіксуючих бактерій, що перетворюють атмосферний елементарний динітроген в аміак [33]. На його частку припадає 65% всього азоту, що використовується в даний час в рослинництві, і він буде важливим джерелом для сільського господарства майбутнього [34].

Потенціал фіксації азоту для більшості видів бобових культур знаходиться в діапазоні 200-300  $\text{кг га}^{-1}$  [35]. В останні роки використання біологічних інокулянтів на основі азотфіксуючих мікроорганізмів для ведення стійкого рослинництва набуває все більшої популярності в різних частинах світу, і біологічна фіксація азоту являє собою основне джерело надходження азоту в сільськогосподарські ґрунти, в тому числі і в посушливих регіонах.

Симбіотична система є основною системою фіксації молекулярного, що відіграє значну роль в підвищенні родючості і максималізації продуктивності ґрунтів з низьким вмістом азоту. Біологічний азот, що фіксується за допомогою симбіозу ризобій і бобових рослин, також може бути корисний для зернових культур, що ростуть в міжряддях, або для послідуєчих культур сівозміни, що чергуються з бобовими.

У багатьох природних пасовищних системах злаки використовують азот атмосфери, фіксований їх бобовими культурами, для задоволення своєї потреби в азоті, а білок, доступний завдяки цій асоціації, підвищує якість кормів для

тваринництва [36]. На додаток до симбіотичної фіксації  $N_2$  у бобових, ризобії як PGPR також здатні сприяти стимулюванню росту у небобових видів [37].

Щоб діяти як PGPR, ризобії природним чином продукують молекули (ауксини, абсцизову кислоту, цитокініни, рибофлавін, люміхром, ліпохітолігосахариди та вітаміни), що сприяють зростанню врожаю, а їх колонізація і зараження коренів злаків, підвищують врожайність зерна [38]. Інша роль *Rhizobium* як PGPR полягає у їх здатності продукувати фітогормони, здійснювати сольобілізацію неорганічного фосфору, вивільнення сидерофорів та антагонізм проти рослинних патогенних мікроорганізмів [39-41].

Наразі найбільш широко використання у технології вирощування зернобобових культур набули біодобрива на основі бульбочкових бактерій роду *Rhizobium*. Їх вплив полягає у підвищенні врожайності зерна за рахунок перетворення атмосферного азоту в придатні для використання рослинами форми [42]. Будучи стійкими до різних температурних діапазонів, дані мікроорганізми зазвичай проникають в кореневі волоски, розмножуються там і формують бульбочки [43]. Результати багатьох досліджень показали позитивне роль мікроорганізмів роду *Rhizobium* при вирощуванні у різних місцях і на різних типах ґрунтів сочевиці [44], гороху, люцерни, арахісу і сої [45]. Застосування штаму *Rhizobium* IRC-6 сприяло посиленню декількох корисних ознак рослин, таких як збільшенню кількості бульбочок, підвищенню активності нітратредуктази і вмісту леггемоглобіну через 50 днів після інокуляції. Відомі дослідження, де застосування біодобрив забезпечувало захист рослин від патогенів [46]

Застосування інокулянтів *Rhizobium* в дощових умовах на бобових культурах, може давати прибавку врожаю на рівні 10-25 % [47]. Вільноживучі бактерії, а також ризобіальні штами можуть покращувати ріст зернових культур, сприяючи економії внесення мінерального азоту, завдяки своїй здатності фіксувати [48].

Ефективні штами *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Phosphobacter* і *Ризобактер* можуть забезпечити значну кількість азоту для рослин як бобових, так і

злакових культур, що надалі позначається на ростових процесах рослин, формуванні листової поверхні рослин та формуванні і процесі наливу насіння [50]. Разом з тим додавання *Azotobacter*, *Azospirillum* і *Rhizobium* сприяє покращанню фізіологічних і морфологічних особливостей кореневої системи [51].

Мікроорганізми, що є основою біодобрив відіграють важливу роль у фіксації і колообізі азоту, оскільки він має безліч метаболічних функцій [49]. Корисні ґрунтові мікроорганізми, що є складовими частинами біодобрив покращують схожість насіння і структуру коренів [52], пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів ризосфери культурних рослин [53].

Фосфор є незамінним елементом живлення для рослин. Хоча він не є поживною речовиною найбільш затребуваним рослинами, його кількість, що надходить до сільськогосподарських культур, є високою. У рослині фосфор входить до складу деяких цукрів, нуклеїнових кислот, ліпідів та інших сполук. У метаболізмі він є посередником синтезу вуглеводів і бере участь в активації та інактивації ферментів. Він також стимулює проростання, ріст коренів, цвітіння та утворення насіння [54]. Він навіть бере участь у процесах передачі енергії, таких як бере участь у процесах передачі енергії, таких як фотосинтез, а також є компонентом таких молекул, як АТФ і ГТФ [55].

У деяких дослідженнях фосфор описується як лімітуючий фактор росту рослин, де його дефіцит викликає клітинні та фізіологічні зміни [56, 57]. Його дефіцит обмежує накопичення сухої речовини в листі. Крім того, низький вміст фосфору також пригнічує ріст рослин, впливаючи на поглинання інших поживних речовин, знижуючи продуктивність фотосинтезу. У ґрунті фосфор переважно знаходиться в неорганічних формах, включаючи ортофосфат-аніони у розчині, зв'язаному в мінералах або адсорбованому на мінеральних поверхнях та органічних речовинах [58]. У світі дві третини ґрунтів мають обмежену доступність фосфору де низька швидкість дифузії фосфору в розчині та висока швидкість його питомої адсорбції в окисних мінералах є основними факторами, які роблять фосфор менш доступним для рослин і призводять до низької

врожайності в польових умовах [58]. Потреба сільськогосподарських культур у фосфорі часто задовольняється за допомогою добрив з відносно підвищеним вмістом даного елемента, які можуть бути органічними або неорганічними. Однак більшість фосфорних добрив вносяться в неорганічній формі, тобто приблизно 70-80% фосфору, що міститься в сільськогосподарських угіддях, походить з цього джерела [60]. При внесенні добрива фосфор перетворюється у водорозчинні форми, такі як ортофосфат-іони  $\text{HPO}_4^{2-}$  і  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , які легко засвоюються [61]. Однак значна частина доступного фосфору може бути втрачена через швидкість специфічних адсорбційних процесів, які у випадку фосфору мають обмежену оборотність, а також можуть бути втрачені внаслідок поверхневого стоку та процесів вилугування [62].

Іншим процесом, який призводить до втрати поживних речовин, є ерозія, коли фосфор, зв'язаний в органічній речовині, мінеральних частинках або осаджений у вигляді погано розчинних солей, втрачається з поверхневим стоком і вимиванням разом з еродованим ґрунтом [62]. У цьому контексті використання фосфору сільськогосподарськими культурами має середню ефективність від 20% до 25% від загальної кількості внесених фосфорних добрив [63, 64] і може досягати значень нижче 10% для деяких овочевих культур при інтенсивному вирощуванні.

Таким чином, необхідною є надмірна кількість фосфорних добрив, щоб збільшити кількість доступного фосфору і, таким чином, підвищити врожайність.

Бактерії, що мають здатність розчиняти фосфати (PSB), можуть відігравати важливу роль у забезпеченні рослин фосфатами більш екологічним і стійким способом. Вони живуть у природі у великій кількості і розчиняють фосфатні сполуки, пов'язані з кальцієм, у лужному середовищі ґрунту і перетворюють нерозчинні фосфатні сполуки в розчинні форми, роблячи їх доступними для культурних рослин.

Фосфорсолюбілізуючі мікроорганізми широко застосовуються в агрономічній практиці з метою підвищення врожайності сільськогосподарських

культур при збереженні родючості ґрунтів. Благотворний вплив фосфорсолюбілізації на ріст рослин істотно варіюється в залежності від умов навколишнього середовища, штамів бактерій та стану рослин і ґрунтів [65, 66]. Різні види бактерій з родів *Bacillus*, *Rhizobium* і *Pseudomonas* зарекомендували себе як найпотужніші бактерії, здатні розчиняти фосфати [67].

Є також повідомлення про солюбілізацію фосфатів несимбіотичним азотфіксатором *Azotobacter* [68]. Фосфат-солюбілізуюча активність ризобію (наприклад, *Rhizobium/Bradyrhizobium*) пов'язана з продукуванням 2-кетоглюконової кислоти, що вказує на фосфатсолюбілізуючу активність мікроорганізмів і це повністю обумовлено їх здатністю знижувати рН середовища [69].

Здатність до розчинення фосфатів також залежить від природи джерела азоту, що є в середовищі, при цьому розчинність в присутності солей амонію вище, ніж при використанні нітрату як джерела азоту. Це пояснюється витісненням протонів для компенсації поглинання амонію, що призводить до зниження позаклітинного рН [70]. Однак у деяких випадках амоній може призвести до зниження розчинності фосфору [71].

Було зафіксовано також зниження рН ґрунту за рахунок продукування мікроорганізмами органічних кислот. Результати досліджень показали, що застосування фосфорсолюбілізуючих мікроорганізмів надає можливість скоротити застосування фосфорних добрив на 25% і 50% [72].

## **1.2. Біостимулятори росту рослин як фактор формування продуктивності**

Біостимулятори рослинного походження вважаються інноваційним інструментом для вирішення проблем сільського господарства та екологічної стійкості. Крім того, повідомляється, що рослинні біостимулятори впливають на гормони росту рослин, які покращують метаболічну активність рослин і, в кінцевому рахунку, підвищують продуктивність сільськогосподарських культур

[73]. Крім того, біостимулятори росту рослин покращують синтез хлорофілу, мінеральний статус, а також синтез і накопичення антиоксидантних метаболітів. Ці антиоксиданти реактивують фотосинтетичну активність і покращують ріст рослин [74].

Застосування біостимуляторів підвищує стійкість до біотичних та абіотичних стресів, покращуючи внутрішню та зовнішню якість. Крім того, це також зменшує потребу в добривах, що визнано кроком до екологічної стійкості [75, 76]. Крім того, біостимулятори також підвищують рівень тіаміну в зеленій квасолі пропорційно до вмісту тіаміну в ній [77]. Вони впливають на механічні властивості фруктів і овочів, такі як твердість. Це може бути пов'язано з жорсткістю клітинної стінки що призводить до зменшення розтяжності. Біостимулятори також значно покращують гнучкість клітинної стінки, що сприяє збільшенню терміну зберігання фруктів і овочів, і, таким чином, полегшує процеси транспортування та зберігання [78].

Немікробні та мікробні біостимулятори росту рослин також позитивно впливають на продуктивність сільськогосподарських культур. Вони покращують ріст і розвиток рослин, поглинання поживних речовин і транслокацію, а отже, збільшує врожайність і виробництво біомаси агрономічних культур. Крім того, вони покращують розчинення поживних речовин у ґрунті (як макро- та мікроелементів), архітектоніку кореневої системи рослин. Було також показано, що рістрегулюючі речовини впливають на ефективність використання рослинами поживних речовин, зокрема, азоту [75]. Біостимулятори росту рослин також сприяють покращенню засвоєння поживних речовин шляхом покращення експресії генів, що функціонують у рослині, метаболізму а також покращенню поглинання і транспорту поживних речовин [79]. Біостимулятори на основі хітозану позитивно впливають на пружність м'якоті полуниці та покращують термін зберігання за рахунок збільшення концентрації фенольної сполуки в рослинах [80]. Крім того, було продемонстровано, що застосування біостимуляторів за відсутності добрив покращує пагонову та кореневу біомасу редиски [76]. Позакореневе

підживлення екстрактом морських водоростей позитивно вплинуло на ріст сої можливо, завдяки виявленим мінералам та регуляторам росту рослин, присутнім у біостимулятора [81]. Крім того, повідомляється, що морські водорості також покращують ефективність використання води та поживних речовин рослинами завдяки фітогормонам, що входять до їх складу. Потенційний вплив морських водоростей може проявлятися у мінімізації абіотичних стресів та дефіциту поживних речовин [82]. Біостимулятори відіграють значну роль у покращенні росту рослин, підвищенні метаболічної активності, кращої стійкості до стресів та зменшення використання добрив [82].

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень

Дослідження із вивчення ефективності застосування мікродобрив і мікробіологічного препарату були проведені на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

Загальна площа сільськогосподарських угідь господарства становить 4088 га, із них під орні землі відведено – 3974 га, багаторічні насадження – 87 га, вигони – 27 га.

Більша частина території господарства розміщена на чорноземі типовому малогумусному глибокозакіпаючому (2611 га) та чорноземі малогумусному (1470 га) [84]. Решта ґрунтів, загальна площа яких становить 169,0 га - це чорнозем глибокий малогумусний різних ступенів змитості, а в балках - з накладеним відбитком періодичного перезволоження, що відбувається за рахунок посилення водних потоків весною і восени [85].

Ґрунти території господарства утворилися на лесі, що являє собою пухку, нешарову породу палево-жовтого кольору, збагачену карбонатами кальцію і магнію [87].

За механічним складом чорнозем типовий малогумусний є важким суглинком. Вміст грубого пилу у ґрунті становить 37 – 43 %, мулуватих часток у ньому – 25 – 38 %. Перерозподіл колоїдних частин по профілю незначний [86].

Питома вага орного шару ґрунту (0-30 см) становить 2,63 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 55,1 – 59,8 %, вологість стійкого вянення - 8,9-9,4 %, польова вологоємність – 29,7-30,5 %, максимальна кількість продуктивної вологи – 19,5-20,4 мм [87].

За проведеними агрохімічними дослідженнями ґрунт ділянок досліду містить гумусу в горизонті 0-20 см 4,9 – 5,2 %, в горизонті 35-45 см 3,72 – 4,07 % і на глибині 1,5 м – 0,6-0,7 %.

Ємність поглинання орного шару ґрунту становить 33,0 – 35,0 мг-екв. на 100 г ґрунту, реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки 6,3. Гідролітична кислотність знаходиться на рівні 1,6 – 1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту [86].

Орний шар ґрунту містить 5,44 – 8,10 мг азоту, що гідролізується (за Тюріним і Коновою), 10 – 15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16 – 20 мг на 100 г ґрунту калію (за Масловою) [87].

## **2.2. Погодні умови місця проведення досліджень**

Погодні умови років проведення досліджень характеризувалися нерівномірним розподілом опадів впродовж вегетаційного періоду та дещо підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобогаторічними показниками. У 2022 році початковий розвиток рослин відбувався за умов нижчої середньодобової температури повітря та недостатньої забезпеченості рослин вологою порівняно із середньобогаторічними показниками. Так, у травні повітря прогрілося лише до 15,3 °С, що було нижчим за норму на 0,4 °С. Середньомісячна кількість опадів була на рівні 36,0 мм, у той час як норма кількості опадів за даний час становить 45,5 мм (табл. 2.1).

У червні середньодобова температура повітря зросла до 22,9 °С, що перевищило середньобогаторічні показники на 3,5°С. В цілому за місяць випало 48,6 мм дощу, або 34,5 % від норми.

Липень також видався посушливим із підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобогаторічною нормою на 2,0 °С. Разом з тим, місячна кількість опадів у цьому місяці становила 87,4 % від середньобогаторічних значень. Слід звернути увагу на

досить нерівномірний розподіл опадів за місяць. Здебільшого вони випадали у вигляді коротких злив. У полуденний час повітря прогрівалося до 38,2 °С, у той час як середньобігаторічні значення даного показника не перевищували 33,2 °С.

У серпні повітря прогрівалося до 21,8 °С, а кількість опадів становила 68,3 мм, із випаданням їх основної частини наприкінці місяця.

Таблиця 2.1

**Значення температури повітря та кількості опадів за  
вегетаційний період 2022 року**

Показники	Місяці				
	квітень	травень	червень	липень	серпень
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	8,4	15,3	22,9	23,2	21,8
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1
Абсолютний максимум t повітря, °С					
фактично	25,4	29,3	33,1	38,2	34,1
норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Абсолютний мінімум t повітря, °С					
фактично	-3,8	3,3	7,8	12,3	8,4
норма	-3,7	2,1	6,8	9,9	8,5
Опади, мм фактично за місяць	45,6	36,0	48,6	53,4	68,3
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7

Погодні умови вегетаційного періоду 2023 року характеризувалися контрастністю. Так, квітень характеризувався помірним прогріванням повітря та достатньою вологозабезпеченістю. Температура повітря у травні підвищувалася достітньо інтенсивно. Її значення перевищували норму на 0,6 °С, натомість кількість опадів була на 8,6 мм меншою за середньобагаторічні показники. (табл. 2.2).

Червень характеризувався достятньо добрими умовами для росту і розвитку рослин за рахунок середньодобової температури повітря у межах норми, та досить високої кількості опадів (86,2 мм).

Таблиця 2.2

**Значення температури повітря та кількості опадів за  
вегетаційний період 2023 року**

Показники	Місяці					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	8,6	16,2	19,5	21,3	21,4	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	23,1	31,4	33,6	35,9	35,9
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Опади, мм фактично за місяць	20,2	36,9	86,2	25,3	63,2	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Впродовж липня і серпня погода була спекотною. Кількість опадів у липні становила 25,3 мм, або 41,4 від норми. При цьому повітря прогрівалося до 25,5 °С, а у полуденні часи – до 37,9 °С. У серпні випало 63,2 мм дощу при нормі 42,7 мм, що значно покращило умови формування і наливу зерна. Разом з тим температура повітря перевищувала середньобагаторічні значення на 1,7 °С.

### 2.3. Методика проведення досліджень.

Для виконання завдань, поставлених у даній магістерській дипломній роботі у державному підприємстві “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН” впродовж 2022-2023 рр. були проведені польові дослідження із використанням загальноприйнятих методик ведення польових дослідів [88].

Схема експерименту включала варіанти внесення мінеральних добрив ( $N_0P_0K_0$ ,  $P_{35}K_{35}$ ,  $P_{50}K_{50}$ ,  $N_{20}P_{50}K_{50}$ ), обробки насінневого матеріалу біодобривами Ризоактив соя (2,0 л/т) на основі бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, та обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) у фазі другого трійчастого листку. У цей час на рослинах відбувається формування осі суцвіття та квіткових органів.

Дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик [88].

Метод проведення досліджень – польовий. Повторність досліду чотириразова. Облікова площа ділянки 50 м<sup>2</sup> з послідовним розміщенням ділянок. У досліді вивчали сорт сої Аннушка.

Для визначення стану розвитку симбіотичного апарату кореневої системи відкопували на глибину до 30 см, де розташовувалася основна маса бульбочок, потім відмивали та проводили підрахунок та зважування бульбочок [89].

У процесі визначення дати настання фаз росту і розвитку сої користувалися “Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур” [1]. Фенологічні спостереження були проведені на закріплених рослинах у двох несуміжних повтореннях. Початок фази рахували у 10 % рослин, а повну фазу - у 75% рослин [81, 82].

Висоту рослин сої заміряли у ході періоду вегетації на постійно закріплених 20 рослинах у двох несуміжних повтореннях [78]. Сиру і суху масу рослин визначали впродовж вегетаційного періоду, використовуючи “Методику державного сорто випробування” [81], а також з “Методику проведення дослідів по кормовиробництву” [82].

Визначення величини листової поверхні проводили за використання методу “висічок”, де зважували 20 висічок, та масу листової поверхні усієї проби. Значення даного показника знаходили за формулою 3.3.1 [93]:

$$S = \frac{P * S_1 * n}{P_1} \quad (2); \quad (3.3.1) \text{ де}$$

S- загальна площа листків, см<sup>2</sup>;

S<sub>1</sub>- площа однієї висічки, см<sup>2</sup>;

P- загальна маса листків, г;

P – маса висічок, г

n – число висічок, г

Величину елементів структури врожаю сої визначали, користуючись методикою запропонованою Майсурияном Н.А. Згідно цієї методики з кожної ділянки досліду для аналізу з площі 1 м<sup>2</sup> з двох несуміжних повторень в різних

частинах ділянок брали по два пробні снопа, що склалися із 20 рослин кожний [89]. Врожай збирали з кожної ділянки, при цьому відбиралися середні зразки проб зерна для проведення визначення його вологості і засміченості [94]; Дані врожаю зерна приводили до стандартної вологості (14%) і стовідсоткової чистоти. Перерахунок на стандартну 14% вологість проводили за формулою [94]:

$$Y = \frac{A(100 - B)}{100 - 14},$$

де  $Y$  – врожайність чистого зерна за стандартної вологості, ц/га;

$A$  – врожайність чистого зерна за польової вологості, ц/га;

$B$  – вологість зерна на час збирання, %;

14 % – стандартна вологість для зернових культур.

У цій формулі відношення  $\frac{100 - B}{100 - 14}$  є перевідним коефіцієнтом на 14% вологість зерна [94].

Отримані показники урожайності оцінювали за допомогою статистичної обробки [90].

Економічну ефективність елементів технології у досліді визначали за технологічними картами з урахуванням витрат, що були розраховані за нормативами і розцінками, діючими на час 2023 р [90].

## 2.4. Агротехнологічні особливості вирощування сої.

Соя за своїми біологічними особливостями є вимогливою культурою щодо місця розташування у сівозміні. На початку вегетаційного періоду рослини даної культури характеризуються повільним ростом і внаслідок цього мають знижену конкурентну здатність по відношенню до бур'янистої рослинності. Внаслідок цього соя потребує розміщення після попередників таких попередників, які залишають поле чистим. Найбільш раціональним є розмішувати її у сівозміні після кукурудзи і пшениці озимої. Не варто

розміщувати сою після гороху, квасолі, нуту, багаторічних бобових трав, що пов'язано із спільними для даних культур шкідниками і хворобми. Частка сої у короткоротаційних сівозмінах, що складаються із чотирьох-п'яти полів не повинна перевищувати 20-25%. У свою чергу соя є гарним попередником для ярих зернових культур, особливо для пшениці озимої [95].

Технологія обробітку ґрунту під сою обумовлюється морфо-біологічними особливостями її рослин. Вагомим обмежуючим фактором для росту і розвитку рослин є ущільнення ґрунту. Оптимальні значення щільності ґрунту на початку розвитку сої повинні бути на рівні – 1,10-1,20 г/см<sup>3</sup>, а у фазах цвітіння рослин і формування бобів – 1,25-1,28 г/см<sup>3</sup> ґрунту. Раціональним прийомом покращання механічних характеристик ґрунту та покращання умов росту і розвитку рослин є проведення оранки на глибину 22-28 см [96].

У разі значної забур'яненості поля потрібно провести лушення стерні попередника, а у разі появи сходів бур'янів - додаткове дискування та пізньоосінній безполицевий обробіток ґрунту глибину 15-16 см або оранку без обертання скиби, що є завершальним заходом у системі обробітку ґрунту, за рахунок якої можна не тільки спровокувати як появу сходів бур'янів, так і їх повне знищення.

Засмічення коренепаростковими багаторічними бур'янами зменшують за рахунок лушіння стерні попередника та наступної культивуації в один-два сліди важкими культиваторами на глибину 14-16 см. Після проведення даних агрозаходів проводять оранку ґрунту на глибину 22-25 см, за рахунок чого поряд із значним зниженням забур'яненості, забезпечується оптимізація агрофізичних характеристик орного шару ґрунту та накопичення у ньому достатньої кількості вологозапасів за осінньо-зимовий період [97].

Передпосівний обробіток ґрунту навесні у агротехнологічному процесі вирощування даної культури має на меті максимальне збереження вологи, боротьбу з забур'яненістю, розпушення і вирівнювання посівного шару ґрунту.

За настання фізичної стиглості ґрунту застосовується боронування або комбінований обробіток ґрунту (культивуація + боронування).

По мірі збільшення засміченості поля до сівби, його 2-3 рази культивують. Безпосередньо перед проведенням сівби необхідним є проведення культивації з боронуванням.

Для сівби використовують якісний насінневий матеріал, сортова чистота якого не повинна бути меншою ніж 98 %, а лабораторна схожість не повинна бути меншою ніж 90 %).

Перед сівбою насіння обробляють біодобривами, основою яких є бульбочкові бактерії роду *Rhizobium* [97].

Сіють сою у термін коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до 10-12 °С на глибину 3-4 см. В умовах посухи глибину загортання збільшують до 5-6 см, для того, щоб насіння лягло у вологе ложе. У процесі проростання насіння сої поглинає від своєї ваги 130-150% вологи. Після сівби проводять післяпосівне прикочування посівів [98].

У разі потрапляння насіння у вирівняний вологий ґрунт період його набубнявіння і проростання скорочується, з'являються дружні сходи, що сприяє рівномірному росту і розвитку рослин.

Ключовим фактором підвищення рівня продуктивності посівів сої є забезпечення рослин елементами мінерального живлення, що може бути зреалізоване за рахунок проведення допосівної інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив.

Впродовж періоду вегетації сої досить важливим є забезпечення захисту рослин від смітцевої рослинності, розвиток якої може спричинити втрати врожаю зерна сої до 30-50 %.

Шкідливий вплив бур'янів у посівах залежить від їх видового складу, умов забезпеченості ґрунту вологою, тривалості періоду вегетації сої, потенційної забур'яненості орного шару ґрунту, та визначається ступенем захисту посівів.

Важливими агротехнологічними прийомами боротьби із смітцевою рослинністю у посівах є досходове боронування, що проводиться через 3-4 дні після сівби, післясходове боронування, що проводиться впоперек або по

діагоналі до напрямку здійснення сівби та міжрядні культивації, кількість яких залежить від ступеня засміченості поля.

За високого рівня засміченості посівів шкідливою рослинністю до появи сходів застосовуються ґрунтові гербіциди та їх суміші. Головною умовою їх застосування є достатня ступінь зволоженості ґрунту, оскільки за посушливих умов їх ефективність значно знижується. Разом з тим, за умов випадання рясних дощів є загроза вимивання гербіцидів цієї групи у більш глибокі шари ґрунту, та їх негативної дії на проростки сої. Окрім того поєднання високої вологості ґрунту та гранично низьких значень температури повітря і ґрунту існує досить висока ймовірність ураження рослин сої різними хворобами (фузаріозом, аскохітозом, бактеріозом, склеротиніозом, пероноспорозом, бактеріальним опіком, жовтою мозаїкою сої. Для профілактики ураження рослин даними хворобами раціонально провести глибоку зяблеву оранку та повне загортання рослинних решток, на яких може зберігатися інфекція [99].

Збирання врожаю сої проводиться у фазі повної стиглості зерна з вологістю не більше 15-16 %.

## РОЗДІЛ 3

### ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА БІОСТИМУЛЯТОРУ РОСТУ РОСЛИН НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

#### 3.1. Ріст і розвиток рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин

Дослідження росту рослин, ґрунтуються на спостереженнях і кількісній оцінці процесів, що просторово охоплюють кілька порядків величин від клітини до рослини і спільноти, а в часі - від хвилин (негайна реакція на стрес) до століть (екосистемна сукцесія). Ці різні просторові і часові масштаби також відносяться до різних, але частково перекриваючих один одного процесів. На клітинному рівні ріст, як правило пов'язаний з активністю меристем, які продукують клітини та ініціюють утворення нових органів. На рівні органів і в короткі терміни (від годин до днів), ріст часто є синонімом одновимірного подовження (коріння, стебла, листя однодольних) або двовимірного розширення (листя дводольних). На рівні рослини, а також на рівні покриву і в більш тривалих часових масштабах (від днів до тижнів), ріст часто означає накопичення біомаси, що є результатом балансу між асиміляцією вуглеводів (фотосинтезом) і втратами через дихання, ексудацію або осипання [88].

Фенотипово, ростові процеси виражаються функцією часу. Вони проявляються у періодичності і ритмічності коливання інтенсивності проходження. Ростові процеси, завжди є пов'язаними із збільшенням розмірів та маси рослин і є передумовою формування величини продуктивності окремої рослини. У свою чергу, висота рослин на час збирання обумовлює параметри технологічності сорту. Високорослі сорти мають вищі показники маси надземної частини на одиницю врожаю. Вони краще пригнічують ріст і розвиток шкідливої рослинності.

Результати дослідження показали, що лінійний приріст рослини сої у висоту з різною інтенсивністю тривав впродовж усього періоду вегетації аж до фази

фізіологічної стиглості насіння. На початку розвитку інтенсивність лінійних приростів рослин у висоту була незначною, що було пов'язано із розвитком кореневої системи. Вже починаючи від фази третього трійчастого листка інтенсивність лінійного росту рослин збільшувалася і досягала максимуму у фазі цвітіння. Від цвітіння ростові процеси рослин сої у висоту уповільнювалися.

Як свідчать результати досліджень підвищення рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення виявилось досить ефективним методом підвищення інтенсивності ростових процесів.

У фазі повної стиглості, значення висоти рослин у варіантах застосування біодобрива Ризоактив соя підвищувалися щодо контрольного варіанту на 0,4 см, у варіантах поєднання застосування біодобрива і біостимулятора росту висота рослин сої перевищувала контроль на 1,7 см. (табл. 3.1).

Внесення  $P_{35}K_{35}$  сприяло підвищенню інтенсивності наростання рослин у висоту, значення якої збільшувалися щодо контролю у варіанті проведення інокуляції насіння на 3,2 см, у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого обприскування посівів - на 4,3 см.

У варіантах збільшення дози фосфорно-калійного удобрення умови наростання надземної частини рослин покращувалися. На це вказує збільшення висоти рослин порівняно з контрольним варіантом у варіанті проведення інокуляції насіння на 4,7 см, у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин - на 5,9 см.

Найбільш ефективним у цьому відношенні виявилось внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . За даного рівня мінерального удобрення висота рослин у варіанті застосування біодобрива у допосівній інокуляції насіння збільшувалася на 6,7 см порівняно із контролем. Максимальні значення даного показника (64,6 см) були відмічені у варіанті комплексного застосування мінеральних добрив, біодобрива і мікродобрива.

Таблиця 3.1

**Динаміка висоти рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин, см (2022-2023 рр.)**

Варіант	Фази росту і розвитку рослин				
	третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	формува ння бобів	повна стиглість насіння
<b>N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub></b>					
контроль	7,9	23,2	40,9	52,3	55,6
Ризоактив соя	8,6	24,6	41,3	53,8	56,7
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	8,8	25,0	42,5	54,2	57,3
<b>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub></b>					
без обробки насіння	8,9	24,9	43,4	52,5	57,4
Ризоактив соя	9,2	25,6	45,6	54,9	58,8
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	9,8	26,7	45,9	55,6	59,9
<b>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>					
без обробки насіння	9,7	27,7	46,8	56,2	59,7
Ризоактив соя	9,9	28,3	47,3	57,3	60,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	10,2	29,5	48,6	58,3	61,5
<b>N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>					
без обробки насіння	10,5	30,4	48,4	59,5	61,4
Ризоактив соя	10,8	31,2	49,4	60,5	62,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	11,2	32,6	50,6	62,1	64,6

**3.2. Фотосинтетична діяльність сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин**

Біологічна продуктивність рослин визначається продуктивністю фотосинтетичної роботи, результатом якої є утворення багатих на енергію складних органічних сполук. Ключовим органом, у якому проходить процес

фотосинтезу та синтезується органічна речовина є листкові пластинки, розміри та трвалість активного функціонування яких визначають концентрацію синтезованих органічних сполук.

Результати наших досліджень показали нерівномірність у наростанні листкової поверхні посівів впродовж вегетаційного періоду сої. На початкових етапах розвитку рослини формували листкову поверхню, розміри якої були незначними. Це пов'язано із розвитком кореневої системи у цей час, що потрібно для забезпечення рослин мінеральними речовинами у достатній кількості.

Починаючи з фази третього трійчастого листка і до настання фази бутонізації, величина листкової поверхні посівів сої збільшувалися від 22,4 тис. м<sup>2</sup>/га на контролі і 23,2 тис. м<sup>2</sup>/га – у варіанті із проведенням інокуляції насіння, до 23,9 тис.м<sup>2</sup>/га – за поєднання застосування біологічного препарату та мікродобрива (табл 3.2).

За внесення P<sub>35</sub>K<sub>35</sub> величина даного показника збільшувалася до 24,8 тис.м<sup>2</sup>/га. У варіанті P<sub>35</sub>K<sub>35</sub> + Ризоактив соя листкова поверхня досягала розмірів 25,3 тис.м<sup>2</sup>/га. Комплексне використання P<sub>70</sub>K<sub>70</sub>, біологічного добрива та мікродобрива сприяло підвищенню значень площі листкової поверхні до 25,7 тис.м<sup>2</sup>/га.

У варіанті внесення мінеральних добрив у дозі P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> значення даного показника становили 26,3 тис.м<sup>2</sup>/га. За застосування P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>+Ризоактив соя величина листкової поверхні становила 27,2 тис.м<sup>2</sup>/га. Комплексне застосування біологічного препарату та мікродобрива на фоні внесення P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> підвищило значення площі листкової поверхні до 27,9 тис.м<sup>2</sup>/га.

Умови формування асиміляційної поверхні рослин були найбільш сприятливими на фоні повного забезпечення елементами мінерального живлення N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>. Це виражалось у збільшенні розмірів листкових пластинок та їх кількості на рослинах. Листкова поверхня посівів сої була найбільш розвиненою (30,4 тис.м<sup>2</sup>/га) за комбінованого застосування мінеральних добрив N<sub>20</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub>, біодобрива та мікродобрива.

У фазі початку формування бобів розвиток листкової поверхні досягав свого максимуму. На це вказує збільшення значень площі листкової поверхні посівів від 37,8 тис.м<sup>2</sup>/га на контрольному варіанті до 46,4 тис.м<sup>2</sup>/га у варіанті N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс (табл. 3.2)..

Таблиця 3.2

**Динаміка формування листкової поверхні сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин, тис. м<sup>2</sup>/га (2022-2023 рр.)**

Варіанти	Фази росту і розвитку рослин				
	третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	формування бобів	налив насіння
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>					
контроль	7,9	22,4	32,6	37,8	31,7
Ризоактив соя	8,4	23,2	33,2	38,4	32,4
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	9,3	23,9	34,3	39,2	32,9
P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>					
без обробки насіння	8,7	24,8	35,3	40,5	33,3
Ризоактив соя	9,6	25,3	36,2	41,3	33,9
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	10,3	25,7	36,9	41,9	34,7
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>					
без обробки насіння	10,1	26,3	37,6	42,6	35,6
Ризоактив соя	11,2	27,2	38,4	42,8	36,2
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	11,8	27,9	39,3	43,4	36,8
N <sub>20</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>					
без обробки насіння	12,4	28,6	39,8	44,7	37,1
Ризоактив соя	12,6	29,3	41,2	45,9	37,4
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	13,2	30,4	42,4	46,4	38,2

У варіантах із зниженням забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, розміри асиміляційної поверхні посівів зменшувалися.

Вже від фази наливання насіння спостерігалось висихання листків нижніх ярусів рослин, внаслідок чого загальна величина листкової поверхні посівів знижувалася від 38,2 тис.м<sup>2</sup>/га у варіанті N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс до 31,7 тис.м<sup>2</sup>/га на контрольному варіанті. Разом з тим у досліді зберігалася чітка закономірність підвищення значень площі листкової поверхні по мірі покращання поживного режиму рослин

Відповідно до зростання розмірів асиміляційної поверхні рослин та подовження тривалості їх активного функціонування, зростала кількість накопиченої рослинами органічної речовини. Це, перш за все пов'язано із процесом фотосинтезу, у ході якого рослинами створюється до 90-95 % органічної сухої біомаси. У свою чергу інтенсивність і продуктивність фотосинтетичної роботи посівів визначається морфо-біологічними характеристиками культури та впливу комплексу факторів навколишнього середовища. Результати досліджень показали значний позитивний вплив мінерального удобрення, застосування біодобрива та мікродобрива на продуктивність роботи фотосинтетичного апарату гороху впродовж вегетаційного періоду. Слід відмітити, що темпи приросту сухої біомаси рослин були найменшими у початкові етапи розвитку рослин. У фазі третього трійчастого листка маса рослин у абсолютно сухому стані змінювалася у межах від 1,38 г на контрольному варіанті до 2,38 г у варіанті комплексного застосування N<sub>20</sub>P<sub>70</sub>K<sub>70</sub>, Ризоактив соя, СтимОрганік Гумат АміноМакс.

Починаючи від фази третього трійчастого листка інтенсивність накопичення сухої маси у рослинах підвищувалася і набувала максимальних значень у фазі формування бобів. Найбільш сприятливі умови накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси були у варіанті максимального забезпечення рослин поживними речовинами за рахунок внесення N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> та комплексного застосування біодобрива і біостимулятора росту. У даному варіанті збільшення значено досліджуваного показника щодо контрольного варіанту становило 63,5%.

У варіантах із внесенням  $P_{50}K_{50}$  маса рослин у абсолютно сухому стані була на рівні 19,2-20,4 г із збільшенням на фоні поєднання застосування біодобрива і мікродобрива. Внесення  $P_{35}K_{35}$  призводило до погіршення умов продукування рослинами сухої речовини, внаслідок чого їх маса у абсолютно сухому стані зменшувалася до 15,5-17,5 г. У варіантах, де мінеральні добрива не вносилися, значення маси рослин у абсолютно сухому стані були найменшими (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Динаміка накопичення абсолютно сухої речовини рослинами сої  
залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту  
рослин, г (2023-2023 рр.)**

Варіанти	Фази росту і розвитку рослин			
	третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	формування бобів
$N_0P_0K_0$				
без обробки насіння	1,38	2,89	6,49	13,7
Ризоактив соя	1,46	2,96	6,95	13,9
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	1,54	3,12	7,18	14,0
$P_{35}K_{35}$				
без обробки насіння	1,56	3,35	7,23	15,5
Ризоактив соя	1,59	3,49	8,31	16,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	1,64	3,61	8,89	17,5
$P_{50}K_{50}$				
без обробки насіння	1,67	4,65	9,36	19,2
Ризоактив соя	1,93	5,26	10,2	19,8
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	2,08	6,09	10,4	20,4
$N_{30}P_{50}K_{50}$				
без обробки насіння	2,13	6,21	10,8	21,3
Ризоактив соя	2,25	6,95	11,4	21,9
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	2,38	7,14	12,5	22,4

### 3.3. Формування симбіотичного апарату сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимуляторів росту рослин

Соя, як зернобобова культура характеризується унікальною біологічною властивістю біологічної фіксації молекулярного азоту атмосфери, та забезпечення свого розвитку отриманими у ході бобово-ризобіального симбіозу, органічними сполуками. Потужний розвиток симбіотичного апарату у ризосфері кореневої системи її рослин обумовлюється не тільки ефективною взаємодією генотипів рослини-господаря та симбіотрофних мікроорганізмів, що відбувається за певних умов вирощування, а й впливом елементів технології вирощування, пов'язаних із покращанням поживного режиму.

Симбіотичні взаємозв'язки між ґрунтовими бактеріями, спільно відомими як ризобії (які включають роди *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* і *Sinorhizobium*), і корінням бобових формують бульбочки (новий диференційований орган), які фіксують атмосферний діазот під дією ферменту нітрогенази. Специфічний зв'язок між бульбочковим коренем і рослиною-господарем в основному контролюється обміном двома різними сполуками: азотом і вуглецем [100]. Рослина постачає відновлений вуглець бактеріям, які використовуються як поживні сполуки та енергія, а також для стимуляції процесу фіксації азоту, в той час як бульбочки повертають відновлений азот рослині. У сільськогосподарських системах щорічно біологічно фіксується в цілому 50-200 млн тонн азоту, що вносить значний вклад в продуктивність бобових і небобових культур (вирощуваних спільно або в сівозміні з бобовими культурами), а також у глобальний цикл азоту. Така біологічна фіксація азоту знижує як ризики забруднення, викликані інтенсивним використанням синтетичних азотних добрив, так і виробничі витрати [101]. Становлення та розвиток бобово-ризобіального симбіозу залежить не тільки від ефективною взаємодії генотипів рослин та азотфіксуючих мікроорганізмів, а й від умов вирощування, що обумовлюються впливом застосованих агротехнологічних приймів, одним із яких є внесення мінеральних добрив.

Результати наших досліджень свідчать, про нерівномірність формування симбіотичного апарату рослин сої впродовж вегетаційного періоду. На початкових етапах розвитку величина симбіотичного апарату була незначною. Надалі вона поступово збільшувалися до настання фази бутонізації (табл 3.4).

Таблиця 3.4

**Формування симбіотичного апарату сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин (2022-2023 рр.)**

Варіанти	Фази росту і розвитку рослин					
	Бутонізація		Цвітіння		Формування бобів	
	Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.	Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.	Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.
<b>N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub></b>						
без обробки насіння	58,2	38,2	112,3	75,6	96,3	64,7
Ризоактив соя	67,9	54,2	123,5	109,5	108,5	75,6
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	78,5	62,8	132,8	113,3	122,4	83,9
<b>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub></b>						
без обробки насіння	64,8	78,6	124,7	125,3	117,9	106,8
Ризоактив соя	83,2	83,1	132,7	134,9	127,6	112,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	90,8	92,4	134,2	148,4	132,5	125,7
<b>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>						
без обробки насіння	74,3	91,2	142,5	132,9	132,4	126,7
Ризоактив соя	93,8	92,9	153,2	148,6	137,6	131,5
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	117,5	97,6	159,8	153,5	142,5	137,8
<b>N<sub>30</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>						
без обробки насіння	67,5	83,8	136,2	127,6	126,7	111,7
Ризоактив соя	73,4	84,7	142,5	130,6	132,5	123,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	97,6	88,4	149,5	132,6	136,7	130,9

Максимальні її розміри були відмічені у фазі цвітіння сої. Від початку формування бобів, внаслідок надходження значної частини синтезованих

органячних сполук до насіння і зменшення частки асимілятів, спрямованих на підтримку життєдіяльності бульбочкових бактерій, величина симбіотичного апарату рослин зменшувалася.

У ході проведення досліджень, нами був відмічений значний вплив мінерального удобрення та інокуляції насіння на динаміку формування і розміри симбіотичного апарату рослин сої.

У фазі цвітіння, на час найбільшого розвитку симбіотичного апарату сої, кількість і маса бульбочок на коренях рослин змінювалася у межах від 112,3 шт і 75,6 г на контрольній варіанті до 159,8 шт і 153,5 г у варіанті  $P_{50}K_{50}$  + Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс. Величина симбіотичного апарату рослин більшою мірою була обумовлена наявністю у ґрунті елементів мінерального живлення. Величина кількості і маси бульбочок на фоні внесення  $P_{50}K_{50}$  підвищувалися порівняно з контролем на 11,0-19,5% та 65,7-96,3 % відповідно.

На фоні внесення  $P_{50}K_{50}$  величина симбіотичного апарату була найвищою по досліді. А у варіанті застосування повного мінерального удобрення значення кількості і маси бульбочок становили відповідно 136,2-149,5 шт і 127,6-132,6 г.

### **3.4. Продуктивність сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимуляторів росту рослин**

Величина індивідуальної продуктивності окремих рослин відображає вплив чинників навколишнього середовища на прояв генетично обумовленого потенціалу певного сорту. Серед цих чинників забезпеченість елементами мінерального живлення відіграє ключове значення у формуванні вегетативної і генеративної сфери.

Результати досліджень показали, що індивідуальна продуктивність рослин значною мірою залежала від забезпеченості їх елементами мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду. Відмічено закономірне збільшення

значень елементів структури врожаю (кількість бобів з однієї рослини та зерен у них, кількість та маса зерна з однієї рослини, маса 1000 зерен) (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин (2022-2023 рр.)**

Варіанти	Кількість бобів на 1 рослині, шт.	Кількість насінин у 1 бобу, шт.	Кількість насінин з рослини, шт.	Маса 1000 насінин, г
<b>N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub></b>				
без обробки насіння	9,7	2,0	18,7	119,3
Ризоактив соя	11,2	2,2	23,5	121,4
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	12,4	2,2	26,4	126,3
<b>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub></b>				
без обробки насіння	10,3	2,0	21,3	124,8
Ризоактив соя	12,4	2,2	24,2	127,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	14,1	2,2	24,8	131,4
<b>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>				
без обробки насіння	11,2	2,0	23,6	135,3
Ризоактив соя	13,4	2,2	26,4	142,3
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	14,2	2,2	28,5	147,5
<b>N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>				
без обробки насіння	12,4	2,0	25,7	144,2
Ризоактив соя	14,7	2,0	29,3	152,5
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	16,7	2,2	33,5	163,7

Найкращі умови для формування елементів продуктивності рослин створювалися за комплексного застосування Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс на фоні внесення N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>. У даному варіанті було відмічено збільшення кількості бобів і зерен у них, кількості зерен з рослини та маси 1000 зерен порівняно з контролем на 72,2%, 10,0%, 79,1%, 37,2%

відповідно. У варіанті із проведенням лише інокуляції насіння та внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . величини елементів продуктивності рослин були меншими. У середньому на рослинах було відмічено 14,7 бобів із середньою кількістю зерен у них 2,0 шт. Всього з однієї рослини було отримано 29,3 насінини, а маса 1000 насінин була 152,5 г.

Зменшенням рівня удобрення призводило до зниження індивідуальної продуктивності рослин сої. Поряд із тим, було відмічено покращання умов формування продуктивності рослин за проведення інокуляції насіння та її поєднання із позакореневим обприскуванням посівів біостимулятором росту. Так, у варіантах застосування біодобрива, перевищення величин кількості бобів на рослинах, загальної кількості зерен на рослинах та маси 1000 насінин порівняно з контролем було на рівні 15,4% 10,0%, 25,7%, 5,86 % відповідно. У разі поєднання його із позакореневим обприскуванням посівів біостимулятором росту значення кількості бобів на рослинах, загальної кількості зерен на рослинах та маси 1000 насінин збільшувалися до 12,4 шт, 2,2 шт, 26,4 шт та 126,3 г відповідно.

Урожайність зерна була обумовлена величинами елементів індивідуальної продуктивності рослин та їх числа на одиниці площі. В цілому по досліді її найвищі значення (3,18 т/га) були відмічені у варіанті  $N_{20}P_{50}K_{50}$  + Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс.

У варіанті  $N_{30}P_{50}K_{50}$  + Ризоактив соя зернова продуктивність посівів сої була меншою - 3,12 т/га.

Величина зернової продуктивності посівів сої досить сильно залежала від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Про це свідчить підвищення її значень у варіантах збільшення доз внесення мінеральних добрив від 2,65-2,88 т/га - у варіантах внесення  $P_{35}K_{35}$ , до 3,06-3,18 т/га у варіантах внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ .

В середньому за роки проведення досліджень застосування біодобрива сприяло підвищенню урожайності сої щодо контролю на 0,06 т/га. За його

поєднання із біостимулятором росту рослин прибавка врожаю щодо контрольного варіанту була на рівні 0,13 т/га (табл 3.6).

Таблиця 3.6

**Урожайність зерна сої залежно від застосування мінеральних добрив та біостимулятора росту рослин, т/га (2022-2023 рр.)**

Варіанти	Урожайність зерна, т/га		Середнє за 2 роки, т/га
	2022	2023	
<b>N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub></b>			
без обробки насіння	2,44	2,67	2,56
Ризоактив соя	2,49	2,75	2,62
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	2,53	2,86	2,69
<b>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub></b>			
без обробки насіння	2,56	2,74	2,65
Ризоактив соя	2,71	2,86	2,78
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	2,83	2,93	2,88
<b>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>			
без обробки насіння	2,74	3,05	2,88
Ризоактив соя	2,81	3,12	2,96
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	2,91	3,26	3,08
<b>N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>			
без обробки насіння	2,88	3,24	3,06
Ризоактив соя	2,97	3,27	3,12
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	3,31	3,43	3,18

НР<sub>0,95</sub>, т/га А – 0,06; В – 0,07; АВ – 0,10

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРУ РОСТУ РОСЛИН У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Розрахунок економічних показників, що визначають раціональність застосування біодобрива Ризоактив соя у допосівній обробці насіння та позакореневого обприскування рослин біостимулятором росту СтимОрганік Гумат АміноМакс, внесення  $N_0P_0K_0$ ,  $P_{35}K_{35}$ ,  $P_{50}K_{50}$ ,  $N_{20}P_{50}K_{50}$  та їх поєднання був проведений із використанням матеріалів у яких вказана вартість матеріальних ресурсів та засобів у агротехнологічному процесі вирощування культури на основі діючих у 2022-2023 рр розцінок. Вартість досліджуваних прийомів була різною, що в кінцевому рахунку визначило економічну ефективність застосування їх у агротехнологічному процесі вирощування.

Результати досліджень показали, що виробничі витрати, залежно від досліджуваних прийомів змінювалися у межах від 24352 грн/га на контрольному варіанті до 24932 грн/га на варіанті поєднання обробки насіння біопрепаратом та позакореневого обприскування посівів біостимулятором росту рослин на фоні внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . Натомість вартість валової продукції збільшувалася у протилежному напрямку, що пояснюється зростанням рівня врожаю у варіантах із застосуванням біодобрива, біостимулятора росту рослин та мінеральних добрив. Величини даних показників визначили рівень собівартості та рентабельності виробництва зернової продукції сої. Дані величини змінювалися у межах від 7840 до 9513 грн./т, та від 68,2 до 104,1 залежно від застосування елементів технології та величини урожайності зерна.

Аналіз економічної ефективності застосування елементів технології вирощування сої виказав достатньо високу доцільність поєднання комплексного використання біодобрива, біостимулятора росту рослин та внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ , де рентабельність виробництва зернової продукції сягала рівня 104,1 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність мінерального удобрення та застосування біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сої (2022-2023 рр.)**

Варіанти	Вартість валової продукції грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
<b>N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub></b>					
без обробки насіння	40960	24352	16608	9513	68,2
Ризоактив соя	41920	24424	17496	9322	71,6
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	43040	24456	18584	9091	76,0
<b>P<sub>35</sub>K<sub>35</sub></b>					
без обробки насіння	42400	24486	17914	9240	73,2
Ризоактив соя	44480	24512	19968	8817	81,5
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	46080	24559	21521	8527	87,6
<b>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>					
без обробки насіння	46080	24535	21545	8519	87,8
Ризоактив соя	47360	24621	22739	8318	92,4
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	49280	24673	24607	8011	99,7
<b>N<sub>20</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub></b>					
без обробки насіння	48960	24732	24228	8082	98,0
Ризоактив соя	49920	24836	25084	7960	101,0
Ризоактив соя + СтимОрганік Гумат АміноМакс	50880	24932	25948	7840	104,1

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Серед неорганічних добрив фосфорні добрива є основним джерелом забруднення, оскільки вони можуть містити сліди кадмію, свинцю, фтору, стронцію, торію, урану, цинку тощо [102-105].

Певні рівні важких металів присутні в ґрунтах природним чином, що зумовлено вивітрюванням материнських матеріалів. Забруднювачі, що містяться у фосфорних добривах зобов'язані своїм існуванням їхньому походженню, оскільки майже всі фосфорні добрива у світі виробляються з фосфоритів. У процесі виробництва різних комбінацій фосфорних добрив, таких як моноамонійфосфат, діамонійфосфат, потрійний суперфосфат та суміші NPK, ці забруднювачі можуть потрапляти до сільськогосподарських ґрунтів. Ці метали (кадмій, азбест і миш'як) викликають найбільше занепокоєння, оскільки вони негативно впливають на здоров'я людини і спричиняють проблеми з опорно-руховим апаратом. Концентрація кадмію в фосфорних добривах сильно змінюється, залежно від джерела фосфатної сировини, один суперфосфат може містити від 2 до 40 мг кг<sup>-1</sup> Cd [106]. Надмірне і тривале використання добрив призводить до накопичення цих забруднювачів у ґрунті до рівня, шкідливого для довкілля [107-110].

Більше того, взаємодія між різними елементами призводить до кількох інших токсичних ефектів порівняно з дією окремих забруднювачів [111]. Крім того, зрошувальна вода, пестициди та органічні добрива є іншими істотними джерелами важких металів у сільськогосподарських ґрунтах [112,113]. Ці шкідливі елементи через біоаккумуляцію в рослинах приєднуються до харчового ланцюга, а решта потрапляє у водну систему через вилуговування та поверхневий стік. Важкі метали серйозно погіршують якість ґрунту, гальмують ріст і зменшують врожайність сільськогосподарських рослин, якість сільськогосподарської продукції та становлять серйозну загрозу для тварин і людей [114, 115].

Разом з тим, було проведено кілька досліджень для оцінки впливу добрив на накопичення важких металів у ґрунті. Повідомлялося, що багаторазове застосування добрив може призвести до поступового накопичення важких металів у сільськогосподарських ґрунтах з часом [116]. Tirado and Allsopp [117] підраховали, що 54%-58% кадмію, присутнього в навколишньому середовищі, походить від додавання мінеральних фосфорних добрив. Китайські вчені визначили, що додавання фосфорних і комбінованих добрив призводить до щорічного приросту концентрацій азбесту і миш'яку на 5-30%, а концентрацій кадмію - на менше 8% Luo та ін. [118].

Cheraghi та ін. [119] досліджували вплив внесення фосфорних добрив і різних схем обробітку на вміст важких металів у сільськогосподарських ґрунтах. Вони спостерігали підвищений вміст азбесту, хрому, міді, марганцю, нікелю та свинцю у ґрунтах, удобрених фосфором з полів цукрових буряків; свинцю, хрому, азбесту та кадмію у ґрунтах з картопляних полів; заліза і цинку у ґрунтах як з картопляних полів, так і з полів, де вирощувалися цукрові буряки. Czarneski і Düring [120] спостерігали, що вміст псевдо- і рухомих металів (кадмію, міді, марганцю, свинцю і цинку) збільшився у ґрунтах після 14 років застосування мінеральних добрив (N, P, NP та NPK).

Фосфатні добрива містять не тільки важких металів, але й природні радіоактивні матеріали, такі як радіонукліди  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  та  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  [121]. Основним компонентом фосфоритів є збагачений  $\text{P}_2\text{O}_5$  мінерал апатит, в який радіонукліди можуть бути інкорпоровані шляхом іонного заміщення або адсорбції. Під час видобутку та промислової переробки ці радіонукліди перерозподіляються з фосфатних руд до різних побічних продуктів і відходів фосфатної промисловості. Ці радіонукліди слугують джерелом опромінення населення внаслідок використання фосфорних добрив в сільському господарстві та побічних продуктів, таких як фосфогіпс (ФГ) у будівельній галузі, а також у сільському господарстві. Потенційний радіологічний ризик зумовлений як зовнішнім, так і внутрішнім опроміненням через споживання

продуктів харчування, вирощених на ґрунті з додаванням добрив, збагачених радіонуклідами [122].

Таким чином проблема навколишнього середовища набуває все більшого загострення. Для її вирішення в Україні останніми роками спостерігається створення спеціальних національних і міжнародних органів управління і контрол. Основними їх обов'язками є забезпечення екологічної безпеки регіону та держави в цілому.

Завдання екологічної експертизи охоплюють:

Базове дослідження: Вивчення початкового стану навколишнього середовища – біофізичного, соціального та економічного – до початку впровадження операцій. Воно використовується в якості базового орієнтира, за яким будуть вимірюватися зміни впливу.

Оцінка впливу, що включає прогнозування та оцінку впливу. Цей крок, як правило, є технічною і, отже, найбільш складною і суперечливою частиною всього процесу екологічної експертизи. Значимість впливів оцінюється, як правило, за допомогою деякого процесу кількісної оцінки. Вивчення впливу альтернатив також є частиною цього етапу.

Заходи щодо пом'якшення наслідків: Ці заходи призначені для зменшення масштабів і негативних наслідків, пов'язаних з впровадженням певного процесу вирощування.

Звітність та аналіз: Звіт, який у деяких випадках називається заявою про вплив на навколишнє середовище, документує результати екологічної експертизи дослідження.

Прийняття рішень: Остаточне рішення зазвичай приймає посадова особа (або комітет) відповідного державного міністерства. Особа, яка приймає рішення, має один із трьох варіантів, а саме: (1) прийняття однієї з альтернатив проекту; (2) Повернення звіту проведеної експертизи із запитом на подальше вивчення в певних конкретних областях; та (3) повна відмова від запропонованого проекту разом із альтернативними версіями.

Моніторинг: Моніторинг і аудит проводяться під час реалізації проекту і забезпечують дотримання керівних принципів і рекомендацій, викладених в документах екологічної експертизи. Участь громадськості та зацікавлених сторін відбувається протягом усього процесу і є частиною збору інформації, а також звітності та розгляду пропозиції.

Екологічна експертиза технологій вирощування гороху в ДП ДГ „Степне” показала, важливість розробки і прийняття рішень щодо обмеження та раціонального і більш безпечного використання мінеральних добрив. Наразі у господарстві розроблені гігієнічні нормативи, санітарні норми і правила, проводиться екологічна оцінка методів внесення мінеральних добрив, а також удосконалюються технології застосування мінеральних добрив, за рахунок зменшення нерівномірності їх розсіювання. Важливими заходами, що сприяють зменшенню забруднення вод річок поверхневими стоками з полів є скорочення термінів зберігання добрив на полях та будівництво спеціальних майданчиків, де можна було б тимчасово зберігати мінеральні добрива у польових умовах. У господарстві заборонено вносити добрива по сніговому покриву, а також відбувається створення лісосмуг, за рахунок яких забезпечується затримання поверхневого стоку води з полів. У господарстві діють правила, що сприяють суворому дотриманню вимог транспортування і зберігання хімічних добрив та їх утилізації після закінчення строків використання. Разом з тим для зменшення втрати хімічних елементів і з добрив у господарстві відведені відповідні приміщення.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до “Типового положення про службу охорони праці” і Закону України “Про охорону праці” (ст. 15) відповідальність за організацію та стан охорони праці в ДПДГ «Степне» Полтавського району, Полтавської області несе директор господарства. У своїй діяльності по охороні праці він керується законодавчими і нормативними актами, наказами і розпорядженнями вищих органів, типовими правилами пожежної безпеки.

Перед внесенням будь-якого добрива важливо враховувати:

- Загальний стан рослин: вік, продуктивність, аналіз позакореневого підживлення і т.д. щоб знати кількість необхідних їм поживних речовин.

- Слід брати до уваги, чи плантації ще перебувають у стадії виробництва чи вже у стадії виробництва, оскільки потреби в поживних речовинах різняться.

- Щоб визначити кількість азоту, якого потребують сільськогосподарські культури, необхідно провести аналіз ґрунту і врахувати такі фактори, як вологість ґрунту.

- Для визначення дози внесених фосфору, калію та магнію необхідні аналізи ґрунту та/або позакореневого підживлення, а також інформація про минулі внесення добрив. Рекомендується контролювати принаймні кожні 2 роки потребу в цих елементах за допомогою цього типу аналізу.

- Необхідно знати кількість гною та інших органічних добавок, які необхідно внести, щоб уникнути згубного впливу на органічне виробництво.

- Кліматичні умови важливі, оскільки надлишок води та вологості, надмірне випаровування, сильний холод, відсутність світла або інші умови можуть серйозно змінити стан врожаю.

Як уже згадувалося, добривом можуть бути природні речовини, відомі як органічні добрива, або хімічні речовини, які називаються хімічними добривами, неорганічними добривами, мінеральними добривами або синтетичними добривами.

Ризики, що виникають при використанні добрив і поводженні з ними, залежать від типу добрив:

- Використання органічних добрив: небезпека, пов'язана з виділенням певних токсичних і легкозаймистих газів (аміак, вуглекислий газ, метан і сірководень). Також з ризиком зараження через вміст патогенних організмів для здоров'я людини. В значній мірі вони можуть бути використані в органічному сільському господарстві (переробка органічних продуктів)

- Використання хімічних добрив: ризики, пов'язані з їх фізико-хімічними характеристиками та ступенем токсичності через використання хімічних продуктів.

Основними ризиками, пов'язаними з неправильним використанням добрив, є:

- Внутрішні властивості хімічної речовини, такі як легкість засвоєння речовини організмом і його здатність завдавати шкоди.

- Умови, що полегшують контакт між хімічними речовинами і людиною, що їх застосовує, такі як поширення в повітрі, поводження з ними, частота контакту зі шкірою, температура і т. д.

- Індивідуальні особливості аплікатора, такі як вік, стать, стан здоров'я і т.д., які можуть привести до більшої схильності пошкоджень.

- Неправильне поводження з цими речовинами, наприклад куріння під час нанесення продуктів або невикористання відповідних засобів захисту [89-91].

Відповідальним за охорону праці на даному підприємстві є інженер з охорони праці. Керівники і спеціалісти господарства несуть відповідальність за стан охорони праці в межах своїх підрозділів і галузей.

Усі роботи, пов'язані з використанням агрохімікатів, до яких безпосередньо належать мінеральні добрива необхідно виконувати під керівництвом спеціаліста із охорони праці. Відповідальність за охорону праці покладають на керівників господарств.

Щороку перед початком робіт усі задіяні у них працівники, повинні пройти навчання та інструктаж з питань охорони праці та обов'язковий медичний огляд.

Особи, відповідальні за транспортування, зберігання та застосування агрохімікатів, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними засобами. До виконання робіт працівники залучаються за належно оформленим нарядом чи розпорядженням.

Не допускаються до таких робіт особи:

- віком молодше 18 років;
- вагітні й жінки годувальниці;
- особи з різними хронічними захворюваннями, які мають медичні протипоказання.

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим.

Кожен працівник повинен мати комплект спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту (протигаз, респіратор із змінними патронами, захисні окуляри, рукавички тощо) на весь період робіт.

Вибір засобів індивідуального захисту потрібно здійснювати з урахування властивостей пестицидів і мінеральних добрив, умов праці та особистих даних працівника. Захисні засоби необхідно зберігати в спеціально відведених приміщеннях в окремих персональних шафах.

Працівники повинні суворо дотримуватись вимог безпеки під час таких операцій:

- зберігання і видача мінеральних добрив;
- навантажувально-розвантажувальні роботи і транспортування мінеральних добрив до місця внесення;
- проведення операцій внесення мінеральних добрив;

Керівник робіт повинен:

1. ознайомити працівників з характеристикою агрохімікатів, особливостями їх впливу на організм людини і навколишнє середовище, заходами безпеки, правилами охорони та гігієни праці;
2. провести інструктаж з охорони праці;
3. ознайомити працівників з правилами надання домедичної допомоги;

## ВИСНОВКИ

1. Інтенсивність проходження ростових процесів здебільшого визначалася рівнем забезпеченості рослин поживними речовинами. У цьому відношенні найбільш раціональним виявилось внесення  $N_{20}P_{70}K_{70}$  речовини де за поєднання інокуляції насіння біодобривом Ризоактив соя (2,0 л/т) та позакореневого обприскування посівів біостимулятором росту СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) значення показника висоти рослин були найбільшими.

2. Застосування мінерального удобрення, проведення інокуляції насіння, позакореневої обробки посівів біостимулятором росту рослин у фазі появи 3 трійчастого листка, а також комплексне застосування даних агротехнологічних прийомів значно покращує умови росту і розвитку надземної частини рослин і разом з тим, формування асиміляційної поверхні, підвищує параметри величини продуктивності фотосинтетичної роботи. Все це відповідно відіграє ключову роль у накопиченні рослинами абсолютно сухої речовини, що є основою їх продуктивності.

3. Умови становлення бобово-ризобіального симбіозу є найбільш сприятливими на фоні внесення  $P_{50}K_{50}$  за проведення допосівної інокуляції насіння біологічним препаратом.

4. Поєднання комплексного застосування біологічного препарату Ризоактив соя (2,0 л/т) та позакореневого обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) на фоні внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$  надає можливість підвищити зернову продуктивність сої до 3,18 т/га. Даний варіант також доцільно застосовувати з економічної точки зору, оскільки рентабельність виробництва зернової продукції сої при цьому досягає рівня 104,1 %.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендованими операціями технологічного процесу вирощування сої є комплексне застосування біологічного препарату Ризоактив соя (2,0 л/т) та позакореневе обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) на фоні внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . Це надає можливість підвищити зернову продуктивність сої до 3,18 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 104,1 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ahnen R.T., Jonnalagadda S.S., Slavin J.L. Role of plant protein in nutrition, wellness, and health, *Nutr. Rev.*, 2019, 77 (11). 735–747.
2. Rizzo L.G., Baroni. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets, *Nutrients* 10 (1), 2018, 43.
3. Shams-White M.M., Chung M., Fu Z., Insogna K.L., Karlsen M.C., LeBoff M.S., Shapses S. A., Sackey J., Shi J., Wallace T.C., Weaver C.M. Animal versus plant protein and adult bone health: a systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation, *PLoS One*, 2018, 13 (2)
4. Chatterjee C., Gleddie S. , Xiao C.W., Soybean bioactive peptides and their functional properties, *Nutrients*, 2018, 10 (9), 1211.
5. Michelfelder A.J. Soy: a complete source of protein, *Am. Fam. Physician*, 2009, 79 (1), 43–47.
6. Cheng M.H., Rosentrater K.A., Profitability analysis of soybean oil processes, *Bioengineering*, 2017, 4 (4), 83.
7. Jayachandran M., Xu B., An insight into the health benefits of fermented soy products, *Food Chem.*, 2019, 271, 362–371.
8. Jooyandeh H. Soy products as healthy and functional foods, *Middle East J. Sci. Res.*, 2011, 7 (1). 71–80.
9. Goel R., Kaur A., Singh J. Varietal evaluation of soybean for tofu making, *Asian J. Dairy Food Res.*, 2018, 37 (1), 81–84.
10. Pal M., Devrani M., Ayele Y. Tofu: a popular food with high nutritional and health benefits, *Food Beverag. Proc.*, 2019, 5, 54–55.
11. Lusas E.W., Riaz M.N., Soy protein products: processing and use, *J. Nutr.*, 2015. 125 (3). 573S–580S.
12. Beard J.L., Burton J.W., Theil E.C. Purified ferritin and soybean meal can be sources of iron for treating iron deficiency in rats, *J. Nutr.*, 1996, 126 (1), 154–160.
13. Omoni A.O., Aluko R.E. Soybean foods and their benefits: potential mechanisms of action, *Nutr. Rev.*, 2005, 63 (8), 272–283.

14. Xu L., Du B., Xu B., A systematic, comparative study on the beneficial health components and antioxidant activities of commercially fermented soy products marketed in China, *Food Chem.*, 2015, 174, 202–213.
15. Cheng G., Wilczek B., Warner M., Gustafsson J.A., Landgren B.M., Isoflavon treatment for acute menopausal symptoms, *Menopause*, 2007, 14 (3 Pt 1). 468–473.
16. Pawlowski J.W., Martin B.R., McCabe G.P., McCabe L., Jackson G.S., Weaver, Impact of equol-producing capacity and soy-isoflavone profiles of supplements on bone calcium retention in postmenopausal women: a randomized crossover trial, *Am. J. Clin. Nutr.*, 2015, 102 (3), 695–703.
17. Sathyapalan T., Aye M., Rigby A.S., Fraser W.D., Thatcher N.J., Kilpatrick E.S., Atkin S.L. Soy reduces bone turnover markers in women during early menopause: a randomized controlled trial, *J. Bone Miner. Res.: Off. J. Am. Soc. Bone Mineral Res.*, 2017, 32 (1), 157–164.
18. Sharp G.B., Lagarde F., Mizuno T., Sauvaget C., Fukuhara T., Allen N., Suzuki G., Takuoka S., Relationship of hepatocellular carcinoma to soya food consumption: a cohort-based, case-control study in Japan, *Int. J. Cancer.*, 2005, 115, 290–295.
19. Seo H.R., Kim J.Y., Kim J.H., Park K.Y. Identification of *Bacillus cereus* in a chungkukjang that showed high anticancer effects against AGS human gastric adenocarcinoma cells, *J. Med. Food*, 2009, 12 (6), 1274–1280.
20. Lima A., Oliveira J., Saude F., Mota J., Ferreira R.B. Proteins in soy might have a higher role in cancer prevention than previously expected: soybean protein fractions are more effective mmp-9 inhibitors than non-protein fractions, even in cooked seeds, *Nutrients*, 2017, 9, 201.
21. Sahoo R.K., Ansari M.W., Pradhan M., Dangar T.K., Mohanty S., Tuteja N. Phenotypic and molecular characterization of efficient native *Azospirillum* strains from rice fields for crop improvement. *Protoplasma*, 2014, doi:10.1007/s00709-013-0607-7.
22. Sinha R.K., Valani D., Chauhan K., Agarwal S. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology

- using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Int J Agric Health Saf*, 2014, 1:50–64.
23. Singh J.S., Pandey V.C., Singh D.P. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agric Ecosyst Environ*, 2011, 140:339–353.
24. Adesemoye A.O., Kloepper J.W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2009, 85:1–12.
25. Sahoo R.K., Ansari M.W., Dangar T.K., Mohanty S., Tuteja N. Phenotypic and molecular characterization of efficient nitrogen fixing *Azotobacter* strains of the rice fields. *Protoplasma*, 2013, doi:10.1007/s00709-013-0547-2.
26. Sahoo R.K., Bhardwaj D., Tuteja N. Biofertilizers: a sustainable eco-friendly agricultural approach to crop improvement. In *Plant Acclimation to Environmental Stress*. Edited by Tuteja N, Gill SS. LLC 233 Spring Street, New York, 10013, USA: Springer Science plus Business Media; 2013, :403–432.
27. Qin L., J.Y. Xu P.Y. Wang K. Hoshi, Soyfood intake in the prevention of breast cancer risk in women: a meta-analysis of observational epidemiological studies, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 2006, 52 (6), 428–436.
28. Wang Q., Liu X., Ren S. Tofu intake is inversely associated with risk of breast cancer: a meta-analysis of observational studies, *PLoS One*, 2020, 15 (1).
29. Kimura T. East meets West: ethnic differences in prostate cancer epidemiology between East Asians and Caucasians, *Chin. J. Cancer*, 2012, 31 (9) . 421–429.
30. Mezei O., Banz W.J., Steger R.W., Peluso M.R., Winters T.A., Shay N. Soy isoflavones exert antidiabetic and hypolipidemic effects through the PPAR pathways in obese Zucker rats and murine RAW 264.7 cells, *J. Nutr.*, 2003, 133 (5), 1238–1243.
31. Kwon D.Y., Daily J.W., Kim H.J., Park S. Antidiabetic effects of fermented soybean products on type 2 diabetes, *Nutr. Res.*, 2010. 3, 1–13.

32. Glick B.R., Patten C.L., Holguin G., Penrose D.M. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press, London, 1999.
33. Matiru V.N., Dakora F.D. Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops. *Afr J Biotechnol.*, 2004, 3(1):1–7
34. Shiferaw B., Bantilan M.C.S., Serraj R. Harnessing the potential of BNF for poor farmers: technological policy and institutional constraints and research need. In: Serraj R (ed) *Symbiotic nitrogen fixation: prospects for enhanced application in tropical agriculture*. Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, 2004, 3.
35. Peoples M.B., Ladha J.K., Herridge D.F. Enhancing legume N<sub>2</sub> fixation through plant and soil management. *Plant Soil*, 1995, 174:83–101
36. Paynel F., Murray P.J., Cliquet B. Root exudates: a pathway for short-term N transfer from clover and ryegrass. *Plant Soil*, 2001, 229:235–243
37. Hoflich G. Colonization and growth promotion of non-legumes by *Rhizobium* bacteria. *Micobial biosystems: new frontiers*. In: Bell CR, Brylinsky M, Johnson-Green P (eds) *Proceedings of the 8th international symposium on microbial ecology*, Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada, 2000, 827–830.
38. Matiru V.N., Dakora F.D. Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops. *Afr J Biotechnol.*, 2004, 3(1):1–7.
39. Arshad M., Frankenberger W.T. Jr. Plant growth regulating substances in the rhizosphere. *Microbial production and function*. *Adv Agron.*, 1998, 62:46–51.
40. Jadhav R.S., Thaker N.V., Desai A. Involvement of the siderophore of cowpea *Rhizobium* in the iron nutrition of the peanut. *World J Microbiol Biotechnol.*, 1994, 10:360–361.
41. Ehteshamul-Haque S., Ghaffar A. (1993) Use of *Rhizobia* in the control of root diseases of sun flower, okra, soybean and mungbean. *J Phytopathol.*, 1993, 138:157–163.

42. Sharma P., Sardana V., Kandola S.S. Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to Rhizobium Inoculation. *Libyan Agric Res Centre J Int.*, 2011, 2:101–104.
43. Nehra K., Yadav S.A., Sehrawat A.R., Vashishat R.K. Characterization of heat resistant mutant strains of Rhizobium sp. [*Cajanus*] for growth, survival and symbiotic properties. *Indian J Microbiol.*, 2007, 47:329–335.
44. Rashid M.H., Schafer H., Gonzalez J., Wink M. Genetic diversity of rhizobia nodulating lentil (*Lens culinaris*) in Bangladesh. *Syst Appl Microbiol.*, 2012, 35:98–109.
45. Grossman J.M., Schipanski M.E., Sooksanguan T., Drinkwater L.E. Diversity of rhizobia nodulating soybean *Glycine max* (Vinton)] varies under organic and conventional management. *Appl Soil Ecol.*, 2011, 50:14–20.
46. Grossman J.M., Schipanski M.E., Sooksanguan T., Drinkwater L.E. Diversity of rhizobia nodulating soybean *Glycine max* (Vinton)] varies under organic and conventional management. *Appl Soil Ecol.*, 2011, 50:14–20.
47. Rao A.V. Microbial biotechnology for sustainable agricultural production in arid soils. In: Ray RC (ed) *Soil microbial biotechnology for sustainable agricultural production*. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, 2004.
48. Zahir A., Muhammad A., Frankenberger W.T. Jr. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advan Agron.*, 2004, 81:97–168
49. Sahoo R.K., Ansari M.W., Dangar .TK., Mohanty S., Tuteja N. Phenotypic and molecular characterization of efficient nitrogen fixing *Azotobacter* strains of the rice fields. *Protoplasma*, 2013, doi:10.1007/s00709-013-0547-2.
50. Dhanasekar R., Dhandapani R. Effect of biofertilizers on the growth of *Helianthus annuus*. *Int J plant, Ani Environ Sci.*, 2012, 2:143–147.
51. Choudhury M.A., Kennedy I.R. Prospects and potentials for system of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Biol Fertil Soils.*, 2004, 39:219–227.
52. Gholami A, Shahsavani S, Nezarat S: The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Germination seedling Growth and Yield of Maize. *Int J Biol Life Sci.*, 2009, 5:1.

53. Mali G.V., Bodhankar M.G. Antifungal and phytohormone production potential of *Azotobacter chroococcum* isolates from Groundnut (*Arachis hypogea* L.) rhizosphere. *Asian J Exp Sci.*, 2009, 23:293–297.
54. Malhotra H., Vandana Sharma S., Pandey R. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. In *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*; Hasanuzzaman M., Fujita M., Oku H., Nahar K., Hawrylak-Nowak B., Springer: Singapore, 2018, 171–190.
55. Bisson C., Adams N.B.P., Stevenson B., Brindley A.A., Polyviou D., Bibby T.S., Baker P.J., Hunter C.N., Hitchcock A. The molecular basis of phosphite and hypophosphite recognition by ABC-transporters. *Nat. Commun.* 2017, 8.
56. Tiziani R., Pii Y., Celletti S., Cesco S., Mimmo T. Phosphorus deficiency changes carbon isotope fractionation and triggers exudate reacquisition in tomato plants. *Sci. Rep.*, 2020, 10, 15970.
57. Tiziani R., Pii Y., Celletti S., Cesco S. Mimmo T. Phosphorus deficiency changes carbon isotope fractionation and triggers exudate reacquisition in tomato plants. *Sci. Rep.*, 2020, 10, 15970.
58. Richardson A.E., Simpson R.J. Soil Microorganisms Mediating Phosphorus Availability Update on Microbial Phosphorus. *Plant Physiol.*, 2011, 156, 989–996.
60. Foth H.D. *Fundamentals of Soil Science*, 8th ed.; Wiley: New York, NY, USA, 1990.
61. Bhattacharya A. *Changing Environmental Condition and Phosphorus-Use Efficiency in Plants*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019; 241–305.
62. Yang X., Chen X., Yang X. Effect of organic matter on phosphorus adsorption and desorption in a black soil from Northeast China. *Soil Tillage Res.*, 2019, 87, 85–91.
63. Etesami H. Enhanced phosphorus fertilizer use efficiency with microorganisms. In *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production*; Springer: Singapore, 2020, 215–245.
64. Yu X., Keitel C., Dijkstra F.A. Global analysis of phosphorus fertilizer use efficiency in cereal crops. *Glob. Food Sec.*, 2021, 29, 100545.

65. Şahin F., Çakmakçı R., Kantar F. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil.*, 2004, 265:123–129.
66. Çakmakçı R., Erat M., Erdoğan Ü.G., Dönmez M.F. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. *J Plant Nutr Soil Sci.*, 2007, 170:288–295
67. Banerjee M.R., Yesmin L., Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In: Rai MK (ed) *Handbook of microbial biofertilizers*. Haworth Press, Inc., New York, 2006.
68. Kumar V., Behl R.K., Narula N. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under greenhouse conditions. *Microbiol Res.*, 2001, 156:87–93.
69. Halder A.K., Chakrabarty P.K. Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. *Folia Microbiol.*, 1993, 38:325–330.
70. Roos W. Relationship between proton extrusion and fluxes of ammonium ions and organic acids in *Penicillium cyclopium*. *J Gen Microbiol.*, 2007. 130:1007–1014.
71. Reyes E., Garcia-Castro I., Esquivel F., Hornedo J., Cortes-Funes H., Solovera J., Alvarez-Mon M. Granulocyte colony-stimulating factor (G-CSF) transiently suppresses mitogen-stimulated T-cell proliferative response. *Br J Cancer.*, 1999, 80(1/2):229–235.
72. Sundara B., Natarajan V., Hari K. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane yields. *Field Crops Res.*, 2002, 77:43–49.
73. Kim H.J., Ku K.M., Choi S., Cardarelli M. Vegetal-derived biostimulant enhances adventitious rooting in cuttings of Basil, tomato, and chrysanthemum via brassinosteroid-mediated processes. *Agronomy*, 2019, 9, doi:10.3390/agronomy9020074.

74. Rouphael Y., Colla G. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: From experimental data to practical applications. *Agronomy*, 2020, 10, doi:10.3390/agronomy10101461.
75. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. Biostimulants and crop responses: A review. *Biol. Agric. Hort.*, 2015, 31, 1-17.
76. Rehim A., Amjad Bashir M., Raza Q.-U.-A., Gallagher K., Berlyn G.P. Yield Enhancement of Biostimulants, Vitamin B12, and CoQ10 Compared to Inorganic Fertilizer in Radish. *Agronomy*, 2021, 11, 697, doi:10.3390/agronomy11040697.
77. Russo R.O., Berlyn G.P. Vitamin-Humic-Algal Root Biostimulant Increases Yield of Green Bean. *Hort Science*, 1992, 27, 847.
78. Drobek M., Frac M., Cybulska J. Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress-a review. *Agronomy*, 2019, 9, 335, doi:10.3390/agronomy9060335.
- 79 De Pascale S., Rouphael Y., Colla, G. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 2017, 82, 277-285, doi:10.17660/eJHS.2017/82.6.2.
80. Soppelsa S., Kelderer M., Casera C., Bassi M., Robatscher P., Matteazzi A., Andreotti C. Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 2019, 9, 483, doi:10.3390/agronomy9090483.
81. Kocira S., Szparaga A., Kuboń M., Czerwińska E., Piskier T. Morphological and biochemical responses of *Glycine max* (L.) Merr. To the use of seaweed extract. *Agronomy*, 2019, 9, 1-23, doi:10.3390/agronomy9020093.
82. El Boukhari M.E.M., Barakate M., Bouhia Y., Lyamlouli K. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 2020, 9, doi:10.3390/plants9030359.
83. Метеорологічний звіт за 9 місяців 2018 року по метеорологічному посту с. Степне Полтавського району Полтавської області. – Полтава.: Полтавська ДСГДС ім. М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН, 2018. 19.

84. Ямковський В. Особливості сучасної системи удобрення сої. Пропозиція. 2013. № 3. 66–70.
85. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.1. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные процессы / Под ред. Н.И. Полулана. К.: Урожай, 1988. 296.
86. Закалюжний В.М., Джурка Г.Ф. Полтавська область. Геолого-географічний нарис. Полтава, 2000. 130.
87. Метеорологічний звіт за 9 місяців 2018 року по метеорологічному посту с. Степне Полтавського району Полтавської області. – Полтава.: Полтавська ДСГДС ім. М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН, 2018. 19.
88. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта./ Б.А. Доспехов. – М.:Агропромиздат, 1985. 351.
89. Посыпанов Г.С. Методика определения биологической фиксации азота воздуха: Пособие /Г.С.Посыпанов. М., 1998. 215.
90. Посыпанов Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур: Учебное пособие / Г.С.Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – Москва, 1995. 125.
91. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып.3. 184с.
92. Бабич А.О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву /Під ред А.О.Бабича. Вінниця, 1994. 87.
93. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмара, М.П. Власова. – М.: АН СССР, 1961. 133.
94. Майсурян Н.А. Растениеводство / В.Н. Степанов, В.С. Кузнецов, В.И. Лукьянок. – М.: Колос, 1979. 320.
95. Бабич А. А., Колісник С. І., Кобак С. Я. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. 113–121.
96. Бабич А. А., Петриченко В. Ф. Факторы повышения продуктивности сои в

- умовиях Лесостепи України. Докл. ВАСХНИЛ. 1992. № 5. 24.
97. Бабич А. О. Високоврожайні сорти сої. Аграрний тиждень. Україна. 2013. № 10/11. 31.
98. Бабич А. О. Наукові основи сучасних технологій вирощування сої на насіння в умовах Лісостепу України: зб. наук. праць Вінницького ДАУ. 2000. Вип. 7. 10-13.
99. Hilty J., Muller B., Pantin F., Leuzinger S. Plant growth: the What, the How, and the Why *New Phytologist.*, 2021. 232:25–41doi: 10.1111/nph.17610
100. White J., Prell J., James E.K., Poole, P. Nutrient sharing between symbionts. *Plant Physiol.*, 2007, 144, 604–614.
101. Herridge D.F., Peoples M.B., Boddey R.M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil.*, 2008, 311, 1–18.
102. Alloway B.J. Cadmium. In: Alloway B.J. (ed.) *Heavy metals in soils*. New York: Wiley, 1990.
103. Al-Attar L., Al-Qudat M., Shamami K., Ghany B.A., and Kanakri S. Case study: heavy metals and fluoride contents in the materials of Syrian phosphate industry and in the vicinity of phosphogypsum piles. *Environmental Technology.*, 2012, 33: 143–152.
104. Thomas E.Y., Omuetti J.A.I., Ogundayomi O. The effect of phosphate fertilizer on heavy metal in soils and *Amaranthus caudatus*. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2012, 3: 145–149.
105. Raven P.H., Berg L.R., Johnson G.B. *Environment*, 2nd edn. New York: Saunders College Publishing, 1998.
106. Robarge W.P., Boos D., Proctor C. Determination of trace metal content of fertilizer source materials produced in North America. In: Hall W.L. Jr. and Robarge W.P. (eds.), 2004.
107. Environmental impact of fertilizer on soil and water. ACS Symposium Series, 872, 75–89, Washington, DC: American Chemical Society.
108. Atafar Z., Mesdaghinia A., Nouri J., Homae M., Yunesian M., Ahmadimoghaddam M., Mahvi A.H. Effect of fertilizer application on soil heavy

- metal concentration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, 160: 83–89. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0659-x>.
109. Hariprasad N.V., Dayananda H.S. Environmental impact due to agricultural runoff containing heavy metals—a review. *International Journals of Scientific Research Publications*, 2013. 2250-31533.
110. Yargholi B., Azarneshan S. Long-term effects of pesticides and chemical fertilizers usage on some soil properties and accumulation of heavy metals in the soil (case study of Moghan plain's (Iran) irrigation and drainage network). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* ., 2014. 7: 518–523.
111. Haiyan W., Stuanes A.O. Heavy metal pollution in air-water-soil-plant system of Zhuzhou City, Hunan Province, China. *Water, Air, and Soil Pollution.*, 2003. 147: 79–107.
112. Adriano D.C. Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. New York: Springer, 2001.
113. Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton-Smith C., Chambers B.J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment.*, 2003, 311: 205–219.
114. Gupta U.C., Gupta S.C. Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health implications for management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1998, 29: 1491–1522.
115. Singh R., Gautam N., Mishra A., Gupta R. Heavy metals and living systems: an overview. *Indian Journal of Pharmacology*, 2011, 43: 246.
116. Chen L., Guo Y., Yang L., Wang Q. SEC-ICP-MS and ESI-MS/MS for analyzing in vitro and in vivo Cd-phytochelatin complexes in a Cd-hyperaccumulator *Brassica chinensis*. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2007, 22: 1403–1408.
117. Tirado R., Allsopp M. Phosphorus in agriculture: problems and solutions. Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review) 02-2012 ([greenpeace.org](http://greenpeace.org)).

118. Luo L., Ma Y.B., Zhang S.Z., Wei D.P., Zhu Y.G. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90: 2524–2530.
119. Cheraghi M., Lorestani B., Merrikhpour H. Investigation of the effects of phosphate fertilizer application on the heavy metal content in agricultural soils with different cultivation patterns. *Biological Trace Element Research*, 2012, 145: 87–92. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9161-3>.
120. Czarnecki S., Düring R.A. Influence of long-term mineral fertilization on metal contents and properties of soil samples taken from different locations in Hesse, Germany. *The Soil*, 2015, 1: 23–33. <https://doi.org/10.5194/soil-1-23-2015>.
121. Hassan N.M., Mansour N.A., Fayez-Hassan M., and Sedqy E. Assessment of natural radioactivity in fertilizers and phosphate ores in Egypt. *Journal of Taibah University for Science*, 2016, 10: 296–306.
122. Nowak K. Radionuclides content in selected mineral fertilizers available in Poland. In: *ECOpole'12 Conference, Zakopane. 2013.* [https://doi.org/10.2429/proc.2013.7\(2\)065](https://doi.org/10.2429/proc.2013.7(2)065).
123. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ: Каравела, 2008. 34-41.
124. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 40 -52.
125. Єсипенко А. Розроблення переліку профілактичних заходів щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На допомогу спеціалісту з охорони праці, №4, 2012. 36–40.

## ДОДАТОК А

### РИЗОАКТИВ СОЯ

Інокулянт, діючою речовиною якого є три штами бульбочкових бактерій бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* eko/001, *Bradyrhizobium japonicum* eko/002, *Bradyrhizobium japonicum* eko/003.

Покращення азотного живлення рослин сої шляхом ефективного здійснення процесу біологічної фіксації азоту.

Бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* вступають в симбіотичні стосунки з рослинами сої, здійснюють процес біологічної фіксації азоту, покращуючи їх азотне живлення.

В препараті поєднано три високоактивні штами азотфіксувальних бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, які крім симбіотичних (вірулентність, конкурентоздатність, нітрогеназна активність), характеризуються рядом специфічних властивостей, що забезпечує кращий розвиток кореневої системи. Різні швидкості росту біоагентів підвищують імовірність утворення симбіотичного апарату (бульбочок) в продовж вегетації культури. Також дані штами володіють високою адаптивною здатністю до різних ґрунтових та погодних умов.

#### **Переваги препарату:**

- Композиція штамів бактерій є комплементарною до більшості сортів сої вітчизняної та зарубіжної селекції
- Три препаративні форми роблять можливою обробку насіння будь-яким наявним обладнанням
- Містить у своєму складі комплекс екстендерів – речовин, які дозволяють тривалий час зберігати всі властивості препарату та утримувати його на насінні
- Обробка насіння дозволяється за 30 днів до посіву
- Біоагенти препарату стійкі до широкого спектру хімічних засобів захисту та можуть застосовуватися з ними одночасно

- Використання препарату дозволяє знизити норми внесення мінеральних добрив
- Препарат виготовляється згідно екобезпечних технологій та дозволений для органічного виробництва

**Особливості застосування:** препарат Ризоактив Концентрат випускається в трьох марках, Р (рідкий), Т (на основі торфу), В (на основі активованого вугілля), завдяки чому може використовуватися для передпосівної обробки насіння в господарствах з різним технічним оснащенням (ручна обробка, безпосередньо в сівалках, обробка за допомогою протруювальних машин). Удосконалені формули усіх трьох марок забезпечують рівномірний розподіл препарату в масі насіння та гарантоване покриття кожної насінини.

**Інструкція по застосуванню:** рекомендуємо обирати марку Р для обробки насіння в протруювальних машинах, марку Т – для обробки вручну та за допомогою бетономішалок, марку В – для обробки безпосередньо в сівалці. При обробці насіння вручну або за допомогою спеціальних пристроїв (навантажувачів, бетономішалок, тощо) необхідно забезпечити рівномірний розподіл біопрепарату в масі насіння.

**Сухий спосіб:** додати необхідну кількість інокулянту (з розрахунку на 1 т насіння) безпосередньо в бункер сівалки, ретельно перемішати з насінням.

**Сумісне використання препарату з хімічними протруйниками:** біоагенти препарату толерантні до ряду препаратів для протруювання на основі протіоконазолу, металаксилу, флудіоксонілу, кіраксилу, карбоксіну, тіабендазолу.

### СТИМОРГАНІК ГУМАТ АМІНОМАКС

Інноваційна композиція для зняття стресу рослин. Препарат підвищує стійкість рослин до стресового навантаження від застосування ЗЗР, заморозків і посухи, стійкість до патогенів.

До складу композиції входять гумати, амінокислотні комплекси марганцю і цинку, вільні L-амінокислоти, що відповідають за зняття стресу, а також

синтетичний стимулятор росту і адаптоген - Крезацин.

Різнолігандний амінокислотний комплекс цинку (Zn) прискорює синтез ростових речовин (ауксину), а різнолігандний амінокислотний комплекс марганцю (Mn) - розблоковує дефіцит синтезу хлорофілу при застосуванні гербіцидів.

Набір **L-амінокислот** містить:

- **L-Лізін** - стимулює проростання насіння, бере участь у синтезі хлорофілу, посилює процеси запилення і зав'язування плодів, підвищує стійкість рослин до посухи та суховіїв, бере участь у формуванні заряду білкової молекули;
- **L-Треонін** - регулює механізми захисту від стресу, покращує процеси гуміфікації і проростання насіння, стимулює проростання насіння, визначає гідрофільність білків, за високих температур регулює механізм захисту рослин під час стресу та роботу відкривання-закривання продихів.;
- **L-Глутамінова кислота** - активатор механізмів стійкості до патогенів, стимулює проростання насіння, сприяє росту рослин, бере участь у синтезі хлорофілу, покращує запилення, є компонентом білка;
- **L-Аланін** - посилює холодостійкість рослинного організму, стимулює синтез хлорофілу, підвищує стійкість рослин до посухи, суховіїв, регулює відкривання-закривання продихів; оптимізує водообмін;
- **L-Пролін** - впливає на водний обмін, підсилює антистресову дію;
- **L-Серин** - підвищує стійкість рослин до стресів, є попередником ауксіна.

**Красень** - адаптоген широкого спектру дії, підвищує стійкість живих організмів до тривалої дії несприятливих чинників: зниженою і підвищеною температури, посухи. Стимулює схожість і коренеутворення.

## ДОДАТОК В

УДК 631.5:633.358

### ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ

**Єремко Л.С.**, кандидат с.-г. наук, ст. н. с., доцент кафедри рослинництва

*Полтавський державний аграрний університет*

doktor nauk rolniczych, adiunkt, Zakład Uprawy Roślin Pastewnych

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, POLAND*

**Нетребін А.П.**, СВО Магістр за спеціальністю 201 – Агрономія

*Полтавський державний аграрний університет*

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку сектору рослинництва важко недооцінити роль зернобобових культур як джерела рослинних білків, що застосовуються у харчуванні та відіграють вагомую роль у зміцненні здоров'я людей; як культур, що за рахунок біологічної фіксації молекулярного азоту атмосфери, сприяють покращанню властивостей ґрунту, екологізації землеробства та зменшенню викидів парникових газів у атмосферу; як диверсифікаційних культур в агроecosистемах, що розривають цикли розвитку шкідників і хвороб [1,2].

Стратегічною культурою світового землеробства є соя. Її високі поживні цінності обумовлюються наявністю у сухій речовині зерна близько 40% білка, 21% олії, фосфоліпідів, вітамінів, мінеральних сполук, біологічно активних. Окрім того, до його складу входять ненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова, пальмітинова), насичені жирні кислоти (олеїнова і стеаринова). Білки насіння сої, залежно від ролі у рослинному організмі поділяються на чотири класи: метаболічні ферменти, структурні білки, мембранні білки та білки зберігання [3, 4].

Практика вживання сої в раціоні харчування людини є пов'язаною із запобіганням виникнення хвороб серця, ожиріння, підвищення рівня холестерину в крові, діабету, хвороб нирок та остеопорозу [5].

Соя є складовою частиною колообігу речовин у природі. За рахунок здатності її рослин до симбіотичної азотфіксації, у ході якої відбувається перетворення атмосферного азоту до аміаку, підвищення вмісту у ґрунті органічної речовини, доступності азоту та фосфору, розширення її посівів може стати основою екологізації системи землеробства та підвищення родючості ґрунту [6].

Споміж всіх інших чинників, ключову роль у формуванні продуктивності даної культури відіграє рівень забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, який можна покращити за рахунок внесення мінеральних добрив [7]. Для забезпеченості рослин азотом та підвищення їх стійкості до несприятливої дії чинників навколишнього середовища, перспективним агротехнічним прийомом може бути застосування біодобрив на основі азотфіксуючих мікроорганізмів та мікродобрив [8].

**Мета роботи** - визначення ефективності мінерального удобрення, застосування біологічного препарату і мікродобрива та комплексного застосування даних агротехнічних прийомів на величину врожаю зерна сої.

**Матеріали та методи досліджень.** Місцем проведення польових досліджень була спеціально відведена територія на дослідному полі ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області. Дослідження були закладені і проведені впродовж 2022–2023 рр.

Складовими варіантами досліджень були: дози внесення мінеральних добрив -  $N_0P_0K_0$ ,  $P_{35}K_{35}$ ,  $P_{50}K_{50}$ ,  $N_{30}P_{50}K_{50}$  (Фактор А), застосування мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* Ризоактив Соя (2,0 л/т) у допосівній інокуляції насіння та мікродобрива СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) у фазі бутонізації сої (Фактор В).

Варіанти і повторення досліду розміщувалися систематично у чотириразовій повторності. Облікова площа ділянки становила 50 м<sup>2</sup>.

**Результати досліджень** показали позитивну дію досліджуваних агротехнологічних елементів на ріст і розвиток рослин сої. На це вказує збільшення параметрів листової поверхні, маси надземної частини та величини абсолютно сухої біомаси рослин. Відповідно до підвищення значень морфологічних параметрів рослин збільшувалися структурні елементи врожаю. Найбільш сприятливі умови формування індивідуальної продуктивності рослин сої забезпечило поєднання допосівної інокуляції насіння мікробіологічним препаратом і проведення позакореневого підживлення мікродобривом на фоні внесення  $N_{30}P_{50}K_{50}$ . За найкращої забезпеченості рослин сої поживними речовинами, що склалася у даному варіанті в середньому з 2 роки досліджень, на рослинах формувалося 21,3 боби із середньою кількістю зерен у них 2,5 шт., а маса 1000 насінин підвищувалася до 163,2 г. Відповідно до підвищення значень показників структурних елементів продуктивності, урожайність посівів сої зростала. Найвищий рівень зернової продуктивності посівів сої був досягнутий у варіанті поєднання допосівної інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин на фоні внесення  $N_{30}P_{50}K_{50}$ .

**Висновок.** Удосконалення агротехнологічного процесу вирощування за рахунок комплексного застосування мікробіологічного препарату та мікродобрива на фоні повного мінерального удобрення надає можливість підвищити індивідуальну продуктивність рослин та урожайність зерна сої до 3,18 т/га.

#### Бібліографічний список

1. Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: An overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 4. 2. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>
2. Сокирко Д.П., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив елементів технології вирощування на формування симбіотичного апарату зернобобових культур. «Colloquium-journal». 2021. №10(97). С. 30-32. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-1097-30-323.
3. Krishnan, H.V. Biochemistry and molecular biology of soybean seed storage proteins. *Journal of New Seeds*. 2001. 2(3). 1-25.

4. Miraj S., Kiani S. Soybean: Is it the most useful plant for animals. *Der Pharmacia Lettre*. 2016. 8(6). 342-349.
5. Wajid Alil, Muhammed Moiez Ahmad, Fozia Iftikhar, Moin Qureshi, Ayhan Ceyhan. Nutritive potentials of Soybean and its significance for humans health and animal production: A Review. *Eurasian Journal of Food Science and Technology* 2020. 4 (1). 41-53.
6. Mohammad Sohidul Islam, Imam Muhyidiyn, Md. Rafiqul Islam, Md. Kamrul Hasan, ASM Golam Hafeez, Md. Moaz Hosen, Hirofumi Saneoka, Akihiro Ueda, Liyun Liu, Misbah Naz, Celaledin Barutçular, Javeed Lone, Muhammad Ammar Raza, M. Kaium Chowdhury, Ayman El Sabagh, Murat Erman. Soybean and Sustainable Agriculture for Food Security. 2022. 17. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.104129>
7. Volodymyr Hanhur, Mykola Marenych, Liudmyla Yeremko, Svitlana Yurchenko, Olena Hordieieva and Irina Korotkova The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (No 2) 2020, 365–374.
8. Гангур В.В. Єремко Л.С. Тривалість міжфазних періодів сої залежно від способів основного обробітку ґрунту. Матеріали X науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти сучасних технологій вирощування

## ДОДАТОК С

### АНОТАЦІЯ

**Нетребін А.П.** Агротехнічні прийоми підвищення продуктивності сої в умовах Лівобережного Лісостепу України

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

**Кваліфікація:** магістр з агрономії за освітньо-професійною програмою Еколого-економічне рослинництво

**Обсяг магістерської роботи:** 74 с., 9 табл., 3 додатки, 125 літературних джерел.

**Об'єкт досліджень:** параметри висоти і маси надземної частини, величини симбіотичного апарату рослин, площі листової поверхні посівів, структурних елементів врожаю та урожайності зерна сої за різної забезпеченості елементами мінерального живлення, застосування біодобрива та біостимулятора росту рослин

**Мета роботи:** визначення ефективності застосування мінеральних добрив, біодобрива і біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сої.

**Результати та їх новизна:** полягають у науковому обґрунтуванні застосування новітніх агротехнологічних прийомів у технології вирощування сої на основі поєднання внесення мінеральних добрив та застосування мікробіологічних препаратів азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* і біостимулятора росту рослин.

У ході проведення досліджень нами було вивчено вплив застосування біодобрива на основі азотфіксуючих мікроорганізмів *Bradyrhizobium japonicum* і біостимулятора росту рослин на різних фонах мінерального удобрення. Це

дало нам можливість удосконалити агротехнічний процес вирощування сої та підвищити рівень її зернової продуктивності.

**Основні наукові та практичні результати:** визначено, що перспективними операціями технологічного процесу вирощування сої є комплексне застосування біологічного препарату Ризоактив соя (2,0 л/т) та позакореневе обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га) на фоні внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ . Це надає можливість підвищити зернову продуктивність сої до 3,18 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 104,1 %.

**Галузь застосування:** 20 Аграрні науки та продовольство.

**Значення роботи та висновки:** У агротехнологічному процесі вирощування сої для оптимізації протікання продукційного процесу, підвищення зернової продуктивності посівів найбільш доцільним та економічно виправданим є поєднання внесення  $N_{20}P_{50}K_{50}$ , проведення інокуляції насіння мікробіологічним препаратом на основі азотфіксуючих мікроорганізмів *Bradyrhizobium japonicum* Ризоактив соя (2,0 л/т) та обприскування посівів біостимулятором росту рослин СтимОрганік Гумат АміноМакс (1,0 л/га).

**Перелік ключових слів:** соя, продуктивність, урожай, мінеральні добрива, мікробіологічний препарат, біостимулятор росту рослин.