**Міністерство освіти і науки України**

**Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя**

**Факультет природничо-географічних і точних наук**

**Кафедра біології**

**Середня освіта «Біологія»**

**014 Середня освіта (Біологія та здоров’я людини)**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

**ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТУ ПОЛІМІКСОБАКТЕРИН ТА ІМУНОПРОТЕКТОРА BAI-SI НА ОСНОВНІ МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ І АСИМІЛЯЦІЙНІ ПРОЦЕСИ КУКУРУДЗИ**

студентки **Терещенко Оксани Олексіївни**

**Науковий керівник:**

к.б.н., доцент кафедри біології

**Гавій Валентина Миколаївна**

**Рецензенти:**

к.б.н., доцент кафедри біології

Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя

**Лисенко Геннадій Миколайович**

к.б.н., науковий співробітник

відділу біохімії вітамінів та коензимів

Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна

НАН України

**Хоменко А.В.**

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри біології

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Ніжин – 2021

АНОТАЦІЯ

Встановлено, що при вирощуванні кукурудзи доцільно застосовувати бактеріальний препарат Поліміксобактерин та імунопротектор ВАІ-SІ для передпосівної обробки насіння гібриду кукурудзи Дніпровський 196 СВ. Дані регулятори росту поліпшують умови ґрунтового живлення ростин і цим самим стимулюють ріст та покращують поглинальну здатність кореневої системи. Застосовані препарати стимулюють і ріст надземної частини кукурудзи, збільшуючи її масу, висоту стебла та кількість вузлів. Також Поліміксобактерин і ВАІ-SІ позитивно вплинули на зростання вмісту хлорофілу в листках кукурудзи і, як наслідок, підвищили показники урожайності цієї культури.

Отже, Поліміксобактерин та BAI-SI є перспективними препаратами при вирощуванні зернових культур.

*Ключові слова: Поліміксобактерин, ВАІ-SІ, регулятори росту, коренева система, маса надземної частини, висота стебла, хлорофіл, урожайність.*

ANNOTATION

It is established that in the cultivation of corn it is advisable to use the bacterial preparation Polymyxobacterin and immunoprotector BAI-SI for pre-sowing treatment hybrid corn seeds Dniprovsky 196 SV. These growth regulators improve soil nutrition conditions of plants and thus stimulate growth and improve the absorption capacity of the root system. The drugs used stimulate the growth of the aboveground part of corn, increasing its weight, stem height and number of nodes. Polymyxobacterin and BAI-SI also had a positive effect on the growth of chlorophyll content in corn leaves and, as a result, increased the yield of this crop.

 Therefore, Polymyxobacterin and BAI-SI are promising drugs in the cultivation of cereals.

 *Key words: Polymyxobacterin, BAI-SI, growth regulators, root system, mass of aboveground part, stem height, chlorophyll, yield.*

ЗМІСТ

[ВСТУП 4](#_Toc88603547)

[РОЗДІЛ I.ПРИРОДНІ ТА СИНТЕТИЧНІ РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ. МЕХАНІЗМ ЇХ ДІЇ 7](#_Toc88603548)

[1.1. Природні регулятори росту. Механізм їх дії 8](#_Toc88603549)

[1.2. Синтетичні регулятори росту 11](#_Toc88603550)

[РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 14](#_Toc88603551)

[2.1. Характеристика об’єктів дослідження 14](#_Toc88603552)

[2.2. Методика проведення польових досліджень 15](#_Toc88603553)

[2.3. Методики дослідження впливу бактеріальних та синтетичних препаратів на асиміляційні процеси кукурудзи 16](#_Toc88603554)

[РОЗДІЛ ІІІ. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ 18](#_Toc88603555)

[3.1. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на основні морфо-фізіологічні показники кукурудзи 18](#_Toc88603556)

[3.2. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на асиміляційні процеси кукурудзи 26](#_Toc88603557)

[РОЗДІЛ IV. ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ 32](#_Toc88603558)

[ВИСНОВКИ 37](#_Toc88603559)

[СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 38](#_Toc88603560)

**ВСТУП**

**Актуальність теми. На сьогодні в усьому світі, в тому числі і в Україні спостерігається тенденція збільшення посівних площ для вирощування кукурудзи. Це пов’язано з тим, що вона є однією з основних зернових культур, а Україна є однією з найбільших експортерів зерна кукурудзи.**

**Разом з цим постало питання про збільшення рівня врожайності кукурудзи не лише з допомогою добрив, пестицидів, селекційно-генетичних методів, а і впровадженням у виробництво і застосуванням регуляторів росту рослин, які на сьогодні все більше стають важливими складовими сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур [3,20].**

**На сьогодні все більш затребуваними є нові фізіологічно-активні речовини на основі екологічно безпечної сировини. Під час відбору цих речовин виникають труднощі, які пов’язані із пошуком шляхів збільшення продуктивності при одночасному підвищенні якості продукції, що потребує розробки нових елементів агротехнічних прийомів вирощування сільськогосподарських культур. Перспективним у цьому плані є застосування синтетичних і бактеріальних регуляторів росту з метою підвищення продуктивності рослинництва [20, 38].**

**Синтетичні регулятори росту рослин більш дешеві, ніж природні. Їхнє виробництво не потребує використання рослинної сировини. Вони мають невисоку норму витрат (декілька грамів на гектар), не акумулюються в рослинах. Проте, для синтетичних регуляторів росту важливим є питання про їх токсико-гігієнічну безпечність [3, 38].**

**Бактеріальні регулятори росту рослин сприяють активній міграції поживних речовин до коренів. Також внаслідок інтенсивної ферментативної діяльності та продукування вторинних метаболітів, впливають на доступність для рослин важкорозчинних сполук біогенних елементів. До корисного впливу мікроорганізмів на продукційний процес культурних рослин слід віднести ще здатність до біологічної азотфіксації, синтезу фітогормонів та вітамінів [20].**

**Таким чином, синтетичні та бактеріальні препарати є перспективними регуляторами росту зернових культур, але вони потребують подальших досліджень.**

**Мета: дослідити** вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратом Поліміксобактерин та імунопротектором BAI-SI на основні морфо-фізіологічні показники і асиміляційні процеси кукурудзи.

Для досягнення даної мети були поставлені наступні **завдання:**

**− з’ясувати вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на формування кореневої системи кукурудзи у** різні фази розвитку**;**

**− дослідити вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на формування надземної частини кукурудзи у**різні фази розвитку**;**

**− вивчити вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на асиміляційні процеси кукурудзи у різні фази онтогенезу;**

**− визначити найбільш ефективні регулятори при вирощуванні кукурудзи.**

**Об’єкт дослідження: гібрид кукурудзи Дніпровський 196 СВ,**бактеріальний препарат «Поліміксобактерин» та синтетичний імунопротектор на основі кремнію «BAI–SI».

**Предмет дослідження: вплив синтетичних і бактеріальних препаратів на морфо-фізіологічні показники та асиміляційні процеси кукурудзи на основних фазах онтогенезу та її продуктивність.**

**Методи дослідження:** для виконання поставлених задач застосовували такі методи досліджень: експериментальні, математично-ста­тистичні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше з’ясовано вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратом Поліміксобактерин та імунопротектором BAI-SI на формування на надземної та підземної **частини кукурудзи,** на асиміляційні процеси на **основних фазах онтогенезу та її продуктивність.** Встановлені найбільш ефективні стимулятори фотосинтетичної активності, росту надземної та підземної частини кукурудзи.

**Теоретичне і практичне значення одержаних результатів.** Проведені дослідження дозволили встановити можливість застосування досліджуваних препаратів на посівах кукурудзи з метою підвищення морфо-фізіологічних показників, фотосинтетичної продуктивності, урожайності кукурудзи.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи були представлені на V Міжнародній заочній науково-практичній конференції "Актуальні питання біологічної науки" (м. Ніжин, 16 квітня 2019 р.); ХІІ Українському біохімічному конгресі (м. Тернопіль, 30 вересня – 4 жовтня 2019 р.); Всеукраїнському конкурсі наукових робіт з біології (м. Харків, 20 квітня 2021 р.); І Всеукраїнські науково-практичні читання пам’яті професора І.І. Гордієнка (м. Ніжин, 10-11 листопада 2021 р.).

**РОЗДІЛ I. ПРИРОДНІ ТА СИНТЕТИЧНІ РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ. МЕХАНІЗМ ЇХ ДІЇ**

Регулятори росту рослин – це низькомолекулярні сполуки, природного або синтетичного походження, які при малих концентраціях значно змінюють процеси життєдіяльності, що проходять в рослинному організмі [1].

Виявлення речовин, які викликають гормональний ефект у рослин, розуміння фізіологічних процесів, у які вони втручаються, і перехід від природних до промислових або синтетичних речовин, які називаються регуляторами росту, сприяло розвитку цілої галузі агрохімічної промисловості, саме вона дозволила використовувати ці речовини в комерційних засадах [5].

Застосовуючи синтетичні регулятори росту в комерційному сільському господарстві, важливо мати чітко визначену мету, і необхідно встановити, який фізіологічний процес має бути модифікований так, щоб він посилився, відбувався чи ні, або щоб його вираження послаблювалося чи затримувалося [33].

Синтетичні препарати можуть містити одну або дві сполуки з гормональним ефектом, оскільки фізіологічні процеси в цілому регулюються балансом різних гормонів. Проте встановлено, що для певних явищ існує лише один або два провідних гормони, наприклад, цитокініни − для поділу клітин, етилен − для дозрівання плодів.

На сьогодні в Україні у промислових масштабах застосовують близько 80 регуляторів росту рослин, переважна більшість з них є біостимуляторами. Щоб з їх допомогою досягти бажаного ефекту важливо знати процес, який необхідно регулювати з точки зору того, який гормон або групу гормонів він потребує, кількість і концентрацію, необхідні для маніпулювання процесом, і точно встановити момент, коли цільовий орган реагує на бажану маніпуляцію [20].

Значимою також є така властивість регуляторів росту, як підвищення захисних властивостей рослинного організму, при цьому зменшуючи згубну дію навколишніх факторів та пом’якшуючи негативні наслідки використання пестицидів і отрутохімікатів [33].

* 1. **Природні регулятори росту. Механізм їх дії**

Фітогормони, відомі як регулятори росту і розвитку, є молекулами, які регулюють різні фізіологічні процеси в рослинах, у тому числі процеси розвитку і зростання. Це активні хімічні сполуки, які діють у досить малих концентраціях (порядку 10 моль/дм). Фітогормони можуть синтезуватися в різних частинах рослин: як у верхівках пагонів, так і в коренях та дозріваючих плодах. Відрізняючись від тваринних гормонів, вони також можуть діяти як в місці утворення, так і транспортуються в інші частини рослинного організму. Вони не регулюються централізовано, і їх дія великою мірою залежить від концентрації інших гормонів [3]. Фітогормони контролюють процеси росту і розвитку у рослинах шляхом посилення реакції або її гальмування. Правильна реакція рослини найчастіше залежить не від концентрації окремого фітогормону, а виникає внаслідок зміни кількісних співвідношень між різними природними регуляторами росту рослин [21].

Ростові процеси рослин регулюються цілою групою різних за складом і властивостями рослинних гормонів, включаючи:

* ауксини;
* гібереліни;
* цитокініни;
* абсцизини;
* етилен.

Ауксини − фітогормони, які впливають на рослини своєю дією на хімічні зв’язки вуглеводів, що входять до складу стінок рослинних клітин. Цей процес дозволяє клітинам необоротно деформуватися і супроводжується надходженням води та синтезом нового матеріалу клітинної стінки.

Розподіл ауксинів, які стимулюють ріст рослин уздовж, корелює з розподілом областей росту рослини. Гормональні характеристики ауксину легко демонструються в проростках трав, у яких гормон синтезується на кінчику колеоптилю і переходить вниз до точки дії в області росту, де це викликає подовження колеоптильних клітин; зростання припиняється, якщо кінчик видаляється. Рух гормону вниз від верхівки колеоптилі залежить від взаємодії між гормоном і клітинами, через які зазвичай відбувається рух [27].

Окрім сприяння нормальному росту рослин у довжину, ауксини впливають на ріст стебел у напрямку до світла (фототропізм) і проти сили тяжіння (геотропізм). Фототропна реакція виникає тому, що більша кількість ауксину розподіляється в сторону від світла, ніж в сторону до нього; геотропна реакція виникає тому, що на нижній стороні колеоптилю накопичується більше ауксину, ніж на верхній [1]. Ауксини мають також і інший вплив, не лише пов'язаний зі стимулюванням росту; наприклад, вони відіграють роль у поділі клітин, їх диференціації, у розвитку плодів, у формуванні коренів із живців та в опаданні листя [27, 28].

Гібереліни − стимулюють поділ і подовження клітин, порушують стан спокою насіння і прискорюють проростання. У великій кількості містяться в насінні, утворюються також у молодих листках і в коренях; вони рухаються вгору від коренів по ксилемі і, таким чином, не демонструють руху, характерного для ауксинів [16]. Дослідження свідчать про те, що гібереліни сприяють зростанню основних стебел, особливо при застосуванні до всієї рослини. Порівняно з ауксинами, гібереліни мало впливають на частини колеоптилю в культурі тканин. Гібереліни беруть участь у подовженні рослин-розеток, таких як морква. Подовження розеткових рослин відбувається після впливу певного фактору навколишнього середовища, наприклад, холоду або тривалого світлового дня, що супроводжується збільшенням вмісту гібереліну в ураженій рослині. Гібереліни, як і ауксини, мають тенденцію сповільнювати процеси старіння [11].

Цитокініни – це сполуки, які синтезуються в коренях і рухаються вгору по ксилемі та надходять у листя і плоди. Необхідні для нормального росту і диференціювання, діють у поєднанні з ауксинами, щоб сприяти поділу клітин і уповільнювати старіння, яке, принаймні на ранніх стадіях, є організованою фазою метаболізму, а не просто розпадом тканин. Прикладом старіння є пожовтіння ізольованих листків, яке відбувається внаслідок розщеплення білків і руйнування хлорофілу [38]. Цитокініни, які запобігають пожовтінню, стабілізуючи вміст білка і хлорофілу в листках та структуру хлоропластів, використовуються в комерційних цілях для зберігання зелених овочів [35].

Абсцизова кислота – за хімічним складом близька до цитокінінів. Вона ймовірно, повсюдно поширена у вищих рослин і має різноманітну дію; наприклад, сприяє опаданню листя, переходу у стан спокою бруньок і утворенню бульб картоплі. Механізм дії абсцизової кислоти ще до кінця не відомий, але є припущення, що він включає пряме інгібування синтезу РНК і білка [16, 42].

Етилен – природний продукт рослин, який складається з ліноленової кислоти (жирної кислоти) або з метіоніну (амінокислоти). Етилен сприяє опаданню старіючих листків, це відбувається завдяки полегшенню структури ауксину. Його вплив виходить за межі гальмування росту; у фруктах, наприклад, етилен вважається гормоном дозрівання. На його дію у вище вказаному процесі впливають декілька ще не встановлених факторів, це може бути ауксин або інший гормон, що регулює ріст, який впливає на чутливість тканин до етилену [23].

Гормональна взаємодія, яка притаманна тваринним організмам, також спостерігається і у рослин. Про це свідчить регуляція опадання листя, що вимагає синтезу ферментів у зоні опадання, в основі відповідної структури, щоб каталізувати реакції, які включають розпад клітинних стінок. Ауксин, що досягає зони опадання з верхівки структури, сприяє даному процесу; якщо ауксин досягає структури з протилежного напрямку, то він має тенденцію гальмувати його, ймовірно, через свій вплив на метаболізм . Інші гормони також беруть участь в опаданні; етилен прискорює утворення ферментів, а абсцизова кислота проявляє стимулюючий ефект на процеси старіння. Гіберелін, навпаки, сповільнює це явище, посилюючи ростові процеси [49].

* 1. **Синтетичні регулятори росту**

Синтетичні регулятори росту – готовий продукт, результат роботи біохіміків, який вносять ззовні. Ці сполуки повторюють дію рослинних гормонів, які містяться у рослинах в дуже малих концентраціях, і для досягнення масового застосування в сільському господарстві їх необхідно виробляти в промислових кількостях та за розумною ціною [24].

Вони містять активні речовини природного або хімічно синтезованого походження, які мають регуляторну функцію під час розвитку рослин. Правильне застосування регуляторів росту призводить до кращого врожаю і, таким чином, до вищої ринкової вартості рослин [5]. Існує чотири різних типи регуляторів росту з різним впливом на культуру: стимуляція цвітіння, регулювання росту, укорінення та дозрівання плодів [13].

На ринку є різні продукти, які містять різні гормони в дуже малих кількостях (менше 0,1 г/л) разом з іншими сполуками, такими як амінокислоти, цукри, вітаміни, також у невеликих кількостях. Ці суміші відносять до біостимуляторів. Завдяки своїм характеристикам, їх вплив на рослини зазвичай стимулює загальний розвиток, не обов’язково безпосередньо впливаючи на конкретну фізіологічну дію [44]. Біостимулятори можна класифікувати як допоміжні фактори для фізіологічної підтримки рослин, оскільки вони забезпечують безліч сполук у малих кількостях [2].

Варто зазначити, що будь-який регулятор в окремому випадку залежно від своєї специфічності, концентрації, умов застосування та особливостей виду рослин може виступати і як стимулятор, і як інгібітор росту [15,31].

Отже, не можна говорити про біостимулятори як про одну сполуку, але, як правило, вони створені на основі екстрактів наземних рослин, водоростей чи насіння, або комбінацій цієї сировини. Інший важливий компонент, який в деяких продуктах являється єдиною основою біостимулятора, відповідає амінокислотам, одиницям, які є структурними елементами білків і попередниками різних фітогормонів. Як доповнення, деякі синтетичні регулятори росту також містять вітаміни та антиоксиданти, вуглеводи, макро- та мікроелементи тощо [31].

Стимулятори росту − це продукти, найчастіше у вигляді рідини або порошку, необхідні для приготування водного розчину. Їх рекомендують використовувати для передпосівної обробки насіння, зрошування проростків та при інших типах позакореневого підживлення рослин [34, 43].

Найпоширеніші складові різних видів стимуляторів росту і розвитку рослин:

• екстракти морських водоростей – містять рослинні гормони, вуглеводи та мінеральні солі;

• екстракти гумінової кислоти з різної викопної сировини (лігніту, торфу);

• екстракти середовищ, де вирощували дощових черв'яків − містять гумінові кислоти, мінеральні солі, пептидні сполуки, фітогормони [10];

• рослинні екстракти − містять активні органічні сполуки (фітогормони, феноли та ін.);

• хітозан − полімер N-глюкозаміну і N-ацетилглюкозаміну;

• амінокислоти – отримують гідролізом рослинних або тваринних білків [9, 40, 41].

Для гідролізу вище названих складових можуть використовуватися основи чи кислоти (хімічні препарати) або ферменти (ферментні препарати):

• фенольні сполуки у суміші з мінеральними солями;

• мінеральні солі − найчастіше специфічні мікроелементи, окремо або в суміші;

• полісахариди в поєднанні з солями окремих елементів [16, 48].

З іншого боку, найпоширенішими елементами синтетичних регуляторів росту рослин є підсилювачі ґрунтового живлення рослин:

• екстракти гумінової кислоти − тверді або рідкі;

• мікроорганізми: гриби чи бактерії – у споровій чи живій формі;

• консорціуми мікроорганізмів − у споровій або живій формі;

• пептидні сполуки − тваринного походження, також містять амінокислоти;

• мінеральні солі − макро- і мікроелементи, в різних конфігураціях;

• сполуки кальцію та магнію − з природних мінеральних форм, з додаванням інших неорганічних або органічних речовин;

• органічні рослинні продукти − більш-менш оброблена кора дерев або компост [32, 33, 45].

За словами виробників чи імпортерів, стимулятори росту рослин мають насамперед впливати на:

• покращення стійкості рослин до абіотичних стресів − заморозків, надмірної інсоляції та температури, періодичної нестачі води, засолення, затоплення, механічних пошкоджень, постгербіцидних пошкоджень;

• регенерацію рослин, що зазнали стресу;

• збільшення ефективності фотосинтезу і вироблення вуглеводів та енергетичних сполук;

• покращення водного балансу рослин;

• краще засвоювання поживних речовин із ґрунту коренем;

• покращення якісних показників врожаю – вмісту вуглеводів, білків, жирів, вітамінів, каротину, ксантофілу тощо.

• підвищення врожайності – особливо в сезони, коли рослини часто зазнають стресів [22, 47, 65].

**РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**2.1. Характеристика об’єктів дослідження**

Для дослідження ми взяли гібрид кукурудзи Дніпровський 196 СВ.

**Біологічні ознаки.** Трьохлінійний ранньостиглий гібрид, що має вегетаційний період від сходів до повної стиглості 105-110 днів. Висота рослин складає 200-210 см, кількість наземних вузлів на стеблі – 11-12, листків – 16-17. Суцвіття – початок. Він середньої довжини – 18-20см, конічної форми, середнього діаметру, з кількістю рядів зерен – 16-18, висота прикріплення початку – 60-65 см. Початок жовто-оранжевого кольору. Зерно має жовтий колір. Маса 1000 зерен – 260-270 г. Вихід зерна при обмолоті 80%. Вміст крохмалю в зерні 72-74 %, білку 9-10%. Має стійкість до засухи, вилягання, ураження пухирчастою сажкою висока – 8-9 балів (за 9-ти бальною шкалою) [24].

**Господарські ознаки.** Гібрид врожайний, толерантний до підвищеної густоти стояння рослин. Під час багаторічних випробувань на сортодослідних станціях України врожайність зазначеного гібриду складала 72-73 ц/га, що на 5-6 ц/га вище стандарту відповідно. Характеризується швидкою віддачею вологи зерна при дозріванні. Для отримання високих врожаїв потребує сучасних технологій вирощування з внесенням оптимальної дози мінеральних добрив.

Для передпосівної обробки насіння кукурудзи ми використали бактеріальний препарат «Поліміксобактерин» та синтетичний імунопротектор на основі кремнію «BAI–SI».

**«Поліміксобактерин» –** екологічно чистий регулятор росту рослин, який стимулює процеси живлення і розвитку сільськогосподарських культур. До складу препарату входить не менше 5,0 млрд. бактерій в 1 мл розчину. Кількість клітин сторонніх мікроорганізмів – 0,5 %, фактична кількість бактерій в 1 мл препарату – не менше 15,0 млрд. в 1 мл. Використовується для передпосівної обробки насіння ярої та озимої пшениці, ячменю [37].

 **«BAI–SI»** − це імунопротектор, антиоксидант, передпосівна обробка насіння забезпечує підвищення енергії проростання та схожості на 15-25% та стимулює розвиток кореневої системи рослин.

 «BAI–SI» − хелатний комплекс життєво необхідного біогенного металу кремнію (SІ) у формі водного розчину, з якого доступність елемента становить від декількох хвилин до години і до 100% засвоєння. Це активізує фізіологічні процеси рослин: фотосинтез, цикли Кальвіна і Кребса, синтез АТФ, амінокислот, вуглеводів, жирних кислот і ін.. Складові препарату «BAI–SI» виконують трофічну функцію - компенсують дефіцит елементів живлення, та регуляторну, шляхом активації біохімічних процесів в рослинній клітині [4].

**2.2. Методика проведення польових досліджень**

Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя на дослідних ділянках для проведення наукової роботи. Відповідно ділянки готували до посіву: проводили культивацію, обміряли, а також обробляли насіння досліджуваними речовинами. Нами були використані такі варіанти:

* Контроль;
* «Поліміксобактерин» (1 мл / 4,5 мл води на 300 г насіння);
* «BAI–SI» ( 25 мл / 1 л води на 1 год).

Після обробки насіння проводили посів кукурудзи квадратно-гніздовим способом (60×60). Ґрунтовий покрив дослідного поля - чорнозем опідзолений, малогумусний. Загальна площа посівної ділянки – 88 м2. Повторність досліду – трьохразова.

Висівання проводилося при:

* температурі +19 C
* вологості – 59 %
* вітер – 2 м/с
* тиск – 756мм.рт.ст.

Фізіологічні вимірювання здійснювали на різних фазах онтогенезу: фаза 3-5 листків, викидання волотей, фазі воскової стиглості, фазі повної стиглості (дод. А-Б).

**Кількість бічних коренів на головному корені.** Визначали, підраховуючи кількість бічних коренів на головному корені у 20 рослин, взятих у трьохкратній повторності [17].

**Довжину бічних коренів (лінійний ріст бічних коренів)** визначали за допомогою мірної лінійки, аналізуючи 20 рослин у трьохкратній повторності

**Масу надземної та підземної частини** визначали ваговим методом, зважуючи окремо надземну та підземну частину 20 рослин із снопового зразка у трьохкратній повторності.

Для визначення **урожайності**  брали проби рослин із 4 ділянок відповідних варіантів. Площа однієї ділянки – 0,5 м2 і розміщали їх рівномірно в різних місцях поля. Пробні ділянки відображали стан всього посіву. Зібране насіння просушувалося, зважувалося. За даними аналізу окремих проб виводили середні показники, які використовувались для обрахунку урожайності. Тобто, урожайність культури на пробних ділянках визначали переважно в г/м2, а потім перераховували в ц/га [17].

Статистична та математична обробка результатів здійснювалась за допомогою програми Excel 10.0 для Windows. Дані представлені у вигляді середніх значень ± стандартна похибка середнього (М ± m).

**2.3. Методики дослідження впливу бактеріальних та синтетичних препаратів на асиміляційні процеси кукурудзи**

**Методика визначення вмісту хлорофілу в листковій пластинці**

Для визначення вмісту суми хлорофілів *а* і *b* наважку листків масою 1 г тричі екстрагують 96 %-м етанолом по 10 мл. Після фільтрації об’єм об’єднаного екстракту доводять до 30 мл і аналізують на спектрофотометрі СФ-

46 за довжини хвилі 654 нм. Розрахунок загальної кількості хлорофілу здійснюють за формулою

$С\_{а}$+$С\_{b}$=25.1∙ $Е\_{654}$,

де $С\_{а}$+$С\_{b}$ – концентрація хлорофілів *а* та *b*;

$Е\_{654}$ − оптична густина екстракту за довжини хвилі 654 нм.

Для визначення концентрації хлорофілів *а* і *b* застосовують формули

$С\_{а}$=13.7 ∙ $Е\_{665}$ ̶ 5.76 ∙ $Е\_{649}$,

$С\_{b}$=25.8 ∙ $Е\_{649}$ ̶ 7.60 ∙ $Е\_{665}$,

де $С\_{а}$ ̶ концентрація хлорофілу *а*;

$С\_{b}$ − концентрація хлорофілу *b;*

$Е\_{665}$ − оптична густина екстракту за довжини хвилі 665 нм;

$Е\_{649}$ − оптична густина екстракту за довжини хвилі 649 нм.

Вміст хлорофілу у тканинах визначають в міліграмах на 1 г сирої маси за формулою

$V\_{ек}$∙$С\_{хл}$ / 1000∙ $m\_{нав}$,

де $V\_{ек}$ ̶ об’єм екстракту (30 мл);

$С\_{хл}$ ̶ концентрація хлорофілу (г/л);

$m\_{нав}$ ̶ маса наважки (1 г) [12].

**РОЗДІЛ ІІІ. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ**

**3.1. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на основні морфо-фізіологічні показники кукурудзи**

Одним з основних завдань науки і практики в усі часи був пошук методів, які б сприяли максимальному та раціональному використанню рослинами елементів мінерального живлення, як з добрив, так і з ґрунту. Це можна пояснити тим, що від рівня і якості мінерального живлення рослин залежить їх продуктивність [35].

Процес надходження мінеральних речовин у рослину визначають багато факторів. Через листкову поверхню рослини засвоюють більше 95 % вуглецю. Крім того, частина зольних елементів, азот та сірка може надходити в рослинний організм із водних розчинів завдяки позакореневому живленню. Але, основна частина води, нітрогеновмісних сполук та зольних елементів потрапляють у рослину з допомогою кореневої системи [20].

Формування кореневої системи різної потужності залежить від біологічних особливостей рослин та умов їх вирощування. Рослини, що зростають на бідних ґрунтах і в умовах недостачі вологи, у пошуках води й елементів живлення формують потужну кореневу систему.

Використання регуляторів росту призводить до зменшення співвідношення мас підземної та надземної частин сільськогосподарських рослин, але покращує ріст кореневої системи, її масу та глибину проникнення.

Нами було досліджено вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи під час різних фаз онтогенезу. Так, у фазі 3-5 листків бактеріальний регулятор росту Поліміксобактерин збільшив масу коренів на 138,8 %, кількість коренів – на 67,5%, лінійний ріст коренів – на 50%порівняно з показниками контролю. Імунопротектор BAI-SI також показав позитивний результат на розвиток кореневої системи, підвищивши масу коренів на 38,7%, їх кількість – на 10,8% порівняно з показниками контролю (дод. Г, рис 3.1) [39].

Рис. 3.1. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на лінійний ріст,масу та кількість коренів кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі 3-5 листків.

Таким чином, найбільш ефективним у стимулюванні розвитку кореневої системи є бактеріальний препарат Поліміксобактерин. Таку дію препарату можна пояснити тим, що до його складу входять фосфатмобілізувальні бактерії Paenibacillus polymyxa. Вони формують своєрідний біологічний "чохол" – ризосферу і виступають посередниками між рослиною і ґрунтом у забезпеченні елементами живлення. Саме бактерії мають здатність перетворювати окремі складні сполуки на прості, доступні для рослинного організму, беруть участь у різних біохімічних процесах, які проходять у ґрунті, збільшуючи при цьому розміри кореневої системи [37].

Синтетичний препарат BAI-SI, у порівнянні з контролем також посприяв збільшенню маси, кількості та лінійного росту коренів. Це можна пояснити тим, що кремній, який входить до складу цього регулятора росту сприяє кращому поглинанню рослиною макро- і мікроелементів та збільшує швидкість обмінних процесів[4].

Використані нами препарати у фазі 3-5 листків ефективно вплинули на масу надземної частини рослин. Так, імунопротектор BAI-SI, у порівнянні з контролем, збільшив масу надземної частини рослин кукурудзи на 44,3%, а бактеріальний препарат Поліміксобактерин − на 65,1% (дод. Грис. 3.2) [39].

Рис. 3.2. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на масу надземної частини гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у фазі 3-5 листків

Таким чином, найбільш ефективно стимулював ріст надземної частини кукурудзи бактеріальний препарат Поліміксобактерин. Це пов’язано з тим, що бактерії, які входять до складу регулятора росту поліпшують умови живлення рослин, цим самим покращуючи розвиток надземної частини рослин.

У фазі викидання волоті досліджувані нами препарати позитивно вплинули на розвиток кореневої системи кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ. Бактеріальний препарат Поліміксобактерин, у порівнянні з контролем, збільшив масу коренів на 34,2%, кількість коренів – на 61,9%, лінійний ріст коренів – на 7,1%. Імунопротектор BAI-SI також показав позитивний результат на розвиток кореневої системи, підвищивши масу коренів на 45,3%, їх кількість – на 57,1% та лінійний ріст – на 7,3% порівняно з показниками контролю (дод. Ґ, рис. 3.3.).

Рис. 3.3. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на лінійний ріст,масу та кількість коренів кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волоті

Застосування синтетичних і бактеріальних препаратів ефективно вплинуло і на збільшення показників надземної частини кукурудзи у фазі викидання волоті. Зокрема, бактеріальний препарат Поліміксобактерин збільшив масу надземної частини на 28,9%, та висоту стебла на 18,3%, порівняно з показниками контролю. Синтетичний регулятор росту BAI-SI також підвищив показник маси надземної частини гібриду кукурудзи Дніпровський 196 СВ на 30,5%, висоту стебла рослин на 15,9% у порівнянні з показниками контролю. (дод. Ґ, рис. 3.4.).

Рис. 3.4. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на масу надземної частини та висоту стебла кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волоті

Таким чином, обидва використані нами препарати позитивно вплинули як на кореневу систему рослин, так і на надземні частину кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волоті. Поліміксобактерин проявив кращий вплив, у порівнянні з BAI-SI, на кількість додаткових коренів та висоту стебла, тоді як синтетичний препарат BAI-SI більше посприяв збільшенню маси коренів та маси надземної частини рослин, порівняно з бактеріальним регулятором росту.

Порівняно з контролем, регулятори росту позитивно впливають на окремі показники у розвитку кореневої системи кукурудзи у фазі молочної стиглості. Бактеріальний препарат Поліміксобактерин збільшив масу кореневої системи на 56,4%, кількість додаткових коренів на 34,2% порівняно із показниками контролю. Синтетичний препарат BAI-SI також підвищив такі показники, як масу підземної частини (на 53,8%) та кількість додаткових коренів (на 45,3%), порівняно зі значеннями контролю. Показники лінійного росту коренів кукурудзи за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Поліміксобактерин та імунопротектором BAI-SI близькі до показників контролю (дод.Е, рис.3.5).

Рис. 3.5. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на лінійний ріст,масу та кількість коренів кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі молочної стиглості.

У фазі молочної стиглості кукурудзи використані нами препарати ефективно стимулювали розвиток надземної частини рослин (дод. Е, рис. 3.6).

Рис. 3.6. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на масу надземної частини, висоту стебла та кількість вузлів на стеблі кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі молочної стиглості

Так, бактеріальний препарат Поліміксобактерин збільшив масу надземної частини рослин кукурудзи на 45,9%, висоту стебла на 12,8% та кількість вузлів на рослині на 23,2% порівняно з показниками контролю. Зазначені морфо-фізіологічні показники також зросли за передпосівної обробки насіння імунопротектором BAI-SI (дод. Е, рис. 3.6).

Таким чином, як бактеріальний препарат Поліміксобактерин, так і синтетичний BAI-SI виявилися ефективними стимуляторами росту кукурудзи гібриду кукурудзи Дніпровський 196 СВ у фазі молочної стиглості. При цьому Поліміксобактерин проявив кращий вплив, у порівнянні з BAI-SI на масу рослин, а імунопротектор BAI-SI ефективно стимулював розвиток додаткових коренів та лінійний ріст стебла рослин, у порівнянні з бактеріальним препаратом. На лінійний ріст коренів останній регулятор росту не вплинув.

Дослідивши показники підземної частини кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі повної стиглості, нами було встановлено, що рослини, які були оброблені синтетичними і бактеріальними препаратами мають вищі значення, у порівнянні з контролем. Поліміксобактерин, у порівнянні з контролем, збільшив масу коренів на 28%, кількість коренів – на 35,3%, лінійний ріст коренів – на 20,5%. Імунопротектор BAI-SI також ефективно стимулював розвиток кореневої системи, підвищивши масу коренів на 42%, їх кількість – на 37,3% та лінійний ріст – на 14,5% порівняно з показниками контролю (дод. Є, рис. 3.7).

У фазі повної стиглості бактеріальний препарат Поліміксобактерин та синтетичний імунопротектор BAI-SI підвищили досліджувані показники надземної частини кукурудзи у порівнянні з контролем. Поліміксобактерин збільшив, у порівнянні зі значеннями контролю, масу надземної частини на 15,9%, висоту стебла на 32,3% та кількість вузлів на стеблі на 9,5%. Препарат BAI-SI підвищив показники маси надземної частини на 32,7%, порівняно з контролем, що є більш ефективним, ніж вплив бактеріального препарату (дод. Є, рис. 3.8).

Рис.3.7. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на кількість, лінійний ріст та масу коренів кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазу повної стиглості

Рис. 3.8. Вплив бактеріальних та синтетичних препаратів на масу надземної частини, висоту стебла та кількість вузлів на стеблі кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі повної стиглості

Отже, дослідивши окремі фізіологічні показники росту кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ нами було встановлено, що як синтетичний регулятор росту BAI-SI, так і бактеріальний препарат Поліміксобактерин ефективно стимулюють ріст кореневої системи та надземної частини кукурудзи. BAI-SI краще, ніж бактеріальний препарат, вплинув на збільшення маси коренів та надземної частини, кількість коренів. Передпосівна обробка насіння біопрепаратом Поліміксобактерин ефективно стимулює лінійний ріст коренів, висоту стебла та утворення вузлів на стеблі кукурудзи.

**3.2. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на асиміляційні процеси кукурудзи**

На сьогодні науковцями доведено, що урожай – це результат фотосинтетичного процесу в безпосередній його формі або результат біохімічних перетворень продуктів фотосинтезу [7, 46]. Хлорофіли a і b являються основними зеленими фотосинтетичними пігментами вище вказаного процесу. Вони є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [7, 14]. Хлорофіл a і b необхідні для формування структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливу роль у фотохімічних реакціях, поглинають енергію сонячного світла і трансформують її у хімічну енергію органічних сполук [46]. Інтенсивність фотосинтезу та вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах великою мірою залежить від мінерального живлення. Дефіцит основних поживних елементів призводить до зниження кількості фотосинтетичних пігментів у листкових пластинках рослин [7, 14, 30].

Застосування біопрепарату Поліміксобактерину та імунопротектор BAI-SІ при передпосівній обробці насіння викликає певні зміни у пігментному складі листків рослин кукурудзи на різних фазах онтогенезу.

 З’ясовано, що у фазу 3-5 листків у контролі вміст суми хлорофілів *а* і *b* становив 1,28 мг/г сирої маси, хлорофілу *а*  – 1,03 мг/г сирої маси, хлорофілу *b* – 0,25 мг/г сирої маси. При застосуванні передпосівної обробки насіння кукурудзи Поліміксобактерином підвищився вміст суми хлорофілів *а* і *b* у листках кукурудзи до 1,68 мг/г сирої маси, що перевищило показники контролю на 31,2% (табл. 3.1). Також, зазначений біопрепарат ефективно стимулював утворення хлорофілу *b* у листках кукурудзи, перевищуючи показники контролю на 92% [6, 7]. Таку дію Поліксобактерину можна пояснити тим, що до його складу входять фосфатмобілізувальні бактерії *Paenibacillus polymyxa* [36]. Вони утворюють ризосферу, перетворюють складні сполуки ґрунту на прості, доступні для поглинання кореневою системою рослин, збільшуючи при цьому її розміри, поліпшують фосфорне живлення рослин. Фосфор як компонент основних органічних сполук (нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, АТФ та ін.) тісно пов’язаний із системами перетворення енергії в живій клітині, підвищує інтенсивність фотосинтезу і дихання, що забезпечує збільшення вмісту хлорофілів у зелених частинах рослини [7, 30].

 Таблиця3.1.

 Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI-SI на вміст хлорофілів у листках кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі 3-5 листків

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Вміст суми хлорофілів *а* і *b* | Вміст хлорофілу *а* | Вміст хлорофілу *b* |
| мг/гсирої маси | % до контролю | мг/г сирої маси | % до контролю | мг/г сирої маси | % до контролю |
| Контроль | 1,28±0,13 | 100 | 1,03±0,11 | 100 | 0,25±0,03 | 100 |
| Поліміксо-бактерин | 1,68±0,11 | 131,2 | 1,20±0,16 | 116,5 | 0,48±0,05 | 192,0 |
| BAI-SI | 1,25±0,15 | 97,6 | 0,92±0,09 | 89,3 | 0,36±0,03 | 144,0 |

 Вміст суми хлорофілів *а* і *b,* хлорофілу *а* у листках кукурудзи за передпосівної обробки насіння BAI-SІ близькі до показників контролю, водночас вміст хлорофілу *b* перевищує показник контролю на 44% відповідно (табл. 3.1).

Фаза  викидання волотей, як правило, триває від 7 до 12 діб. Протягом цього часу завершується процес утворення пилку, продовжується органогенез жіночих суцвіть. Нами було встановлено, що у фазі викидання волотей досліджувані препарати виявляють вплив на кількість фотосинтетичних пігментів у листках кукурудзи (табл. 2). З’ясовано, що у зазначену фазу у контролі вміст суми хлорофілів *а* і *b* становив 1,94 мг/г сирої маси, хлорофілу *а* – 1,38 мг/г сирої маси, хлорофілу *b* – 0,56 мг/г сирої маси. Попередня передпосівна обробка насіння кукурудзи Поліміксобактерином виявила найвищу ефективність і дозволила збільшити вміст суми хлорофілів *а* і *b* у листках кукурудзи на 0,6 мг/г сирої маси, що перевищило показники контролю на 30,9% відповідно. Зазначений препарат ефективно стимулював вміст хлорофілу *а* і *b* у листках кукурудзи, перевищуючи показники контролю на 26,8% і 41,0% відповідно. Високу ефективність щодо підвищення вмісту зелених фотосинтетичних пігментів у листках кукурудзи виявив BAI-SI. Передпосівна обробка насіння кукурудзи зазначеним препаратом дозволила збільшити вміст суми хлорофілів *а* і *b* на 0,42 мг/г сирої маси, хлорофілу *а –* на 0,22 мг/г сирої маси, хлорофілу *b –* на 0,2 мг/г сирої маси, перевищуючи показники контролю за цими показниками 21,6%, 16% та 35,7% відповідно (табл. 3.2) [7].

За результатами наших досліджень з’ясовано, що вміст хлорофілу в листках рослин кукурудзи поступово зростав за фазами росту та розвитку і досягнув свого максимуму в фазу молочної стиглості зерна (табл. 3.3). Це можна пояснити тим, що застосування біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI покращило умови живлення рослин, підвищило життєдіяльність протопластів, а у зв’язку з цим ріст і розмір пластидоносних клітин, що призводить до збільшення зелених фотосинтетичних пігментів у клітинах [7].

У фазу молочної стиглості зерна найвищу ефективність виявив препарат BAI- SI, збільшуючи вміст суми хлорофілів *а* і *b*, вміст хлорофілу *а* та вміст хлорофілу *b* більше ніж на 40% порівняно з контролем (табл. 3.3).

Таблиця 3. 2**.**

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI- SI на вміст хлорофілів у листках кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волотей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Вміст суми хлорофілів *а* і *b* | Вміст хлорофілу *а* | Вміст хлорофілу *b* |
| мг/гсирої маси | % до контролю | мг/гсирої маси | % до контролю | мг/гсирої маси | % до контролю |
| Контроль | 1,94±0,16 | 100 | 1,38±0,11 | 100 | 0,56±0,04 | 100 |
| Поліміксо-бактерин | 2,54±0,19 | 130,9 | 1,75±0,13 | 126,8 | 0,79±0,07 | 141,0 |
| BAI-SI | 2,36±0,21 | 121,6 | 1,60±0,10 | 116,0 | 0,76±0,08 | 135,7 |

Таблиця 3.3.

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI-SI на вміст хлорофілів у листках кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі молочної стиглості зерна

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Вміст суми хлорофілів *а* і *b* | Вмістхлорофілу *а* | Вмістхлорофілу *b* |
| мг/г сирої маси | % до контролю | мг/г сирої маси | % до контролю | мг/ гсирої маси  | % до контролю |
| Контроль | 2,09±0,16 | 100 | 1,51±0,11 | 100 | 0,58±0,05 | 100 |
| Поліміксо-бактерин | 2,48±0,14 | 118,6 | 1,79±0,09 | 118,5 | 0,69±0,05 | 118,9 |
| BAI-SI | 3,07±0,11 | 146,8 | 2,24±0,13 | 148,3 | 0,83±0,08 | 143,1 |

Таку високу ефективність впливу зазначеного препарату на кількість зелених пігментів фотосинтезу можна пояснити тим, що BAI-SІ – це хелатний комплекс, до складу якого входить біогенний елемент кремній у формі водного розчину [4]. Зазначений мікроелемент входить до клітинних стінок рослин. Він утворює у поверхневих шарах листків, стебел, кореневої системи подвійну кутикулярно-кремнієву оболонку, що оберігає рослини від надлишкової втрати вологи та проникнення гіфів патогенних грибів. Крім того, в клітинах рослини кремній утворює гідрофільні сілікатно-галактозні комплекси, що зв’язують вільну воду і завдяки цьому підвищують водоутримуючу здатність клітини і рослини в цілому. Також активні кремнієві з’єднання підвищують рівень розчинності фосфатів, збільшують їх отримання з ґрунту і поглинання рослинами фосфору. Це дозволяє активізувати процеси фотосинтезу, синтез АТФ, а також амінокислот і вуглеводів [4].

Хлорофіл є не лише основним пігментом фотосинтезу, а й головним фактором урожайності рослин. Найвища врожайність кукурудзи спостерігалася при обробці насіння Поліміксобактерином і становила 93,5 ц/га, перевищуючи показники контролю на 28,8 % відповідно. Тоді, як урожайність кукурудзи за обробки препаратом Bai-SI складала 89,6 ц/га, що перевищило показники контролю на 23,4 % (табл. 3.4) [7].

Таблиця 3.4.

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI-SI на урожайність кукурудзи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Препарат | Урожайність,ц/га | % до контролю |
| Контроль | 72,6±1,62 | 100 |
| Поліміксобактерин | 93,5±1,94 | 128,8 |
| BAI-SI | 89,6±2,04 | 123,4 |

Отже, з аналізу отриманих експериментальних даних видно, що впровадження передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI-SI має позитивний вплив на зростання вмісту зелених пігментів, що беруть участь у процесі фотосинтезу, в листках кукурудзи і, як наслідок, збільшується показник урожайності. Таким чином, Поліміксобактерин та BAI-SI є перспективними препаратами при вирощуванні зернових культур.

**РОЗДІЛ IV. ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ**

Практичні результати дослідження магістерської роботи можна використати під час вивчення курсу біології в школі, зокрема в 11 класі, при розгляді теми 6 «Адаптації» на уроці: «Регуляція у рослин. Фітогормони. Регуляція надходження і виділення речовин. Механізми захисту рослин для збереження гомеостазу». При вивченні вказаної теми потрібно звернути увагу на те, як саме відбуваються процеси надходження та виділення речовин з рослинного організму, встановити важливість і сутність такому поняттю, як газообмін та охарактеризувати головні структури, завдяки яким відбуваються вище вказані явища. Пригадати поняття гомеостазу та способи його збереження в стресових для рослин умовах. При цьому вказати на основні механізми захисту рослин від патогенних організмів та пов'язані з цим пристосування. Також необхідно з'ясувати значення та фізіологічну дію фітогормонів, як основних регуляторів процесів, що проходять у рослинному організмі. Потрібно згадати і про синтетичні регулятори росту, які все частіше використовують при вирощуванні сільськогосподарських культур. Адже, використання штучних аналогів фітогормонів і знання процесів регуляції допоможуть підвищити врожайність при вирощуванні рослин.

**План-конспект уроку на тему: «Регуляція у рослин. Фітогормони. Регуляція надходження і виділення речовин. Механізми захисту рослин для збереження гомеостазу»**

**Мета:**

* визначити основні способи регуляції надходження і виділення речовин у рослинах;
* розкрити загальні особливості фітогормонів та механізм їх дії;
* ознайомитися з синтетичними регуляторами росту рослин та доцільності їх використання при вирощуванні сільськогосподарських культур;
* з’ясувати способи підтримання гомеостазу рослинного організму в несприятливих умовах;
* охарактеризувати основні механізми захисту рослин від шкідників;
* розвивати спостережливість, логічне та біологічне мислення;
* продовжувати формувати науковий світогляд на основі матеріалу, який вивчається;
* виховувати екологічну свідомість, доброзичливість, культуру спілкування.

***Методи та методичні прийоми:*** фронтальна бесіда, складання таблиць, демонстрація, постановка проблемного питання.

***Обладнання та матеріали:***підручник, зошит, таблиці, малюнки, презентації.

***Тип уроку:*** засвоєння нових знань

***Форма проведення:*** урок-конференція

***Хід уроку***

**I. Мотивація навчально-пізнавальної діяльності.**

***Проблемне питання***

*Чи помічали ви, коли стиглий томат покласти разом із зеленими плодами, то останні швидше достигають?*

Під час уроку ми з’ясуємо, які передумови і особливості специфічних речовин сприяють даному процесу.

***Тема:*** Регуляція у рослин. Фітогормони. Регуляція надходження і виділення речовин. Механізми захисту рослин для збереження гомеостазу

***Завдання:***

1. Встановити основні способи регуляції надходження і виділення речовин у рослинах.
2. Ознайомитися та охарактеризувати природні та синтетичні регуляторами росту рослин.
3. З’ясувати способи підтримання гомеостазу в несприятливих умовах та механізми захисту рослин від патогенних організмів.

**II. Актуалізація опорних знань та умінь**

Перед тим, як розпочати вивчення нової теми давайте пригадаємо значення важливих понять, які допоможуть нам краще засвоїти даний матеріал.

**Технологія «Бліцопитування»**

1. Пригадайте сутність процесу транспірації.
2. Які компоненти входять у поняття «мінеральне живлення рослин»?
3. Які речовини беруть участь у процесі газообміну в рослинному організмі?
4. Пригадайте будову продихового апарату рослин.
5. Пригадайте, які речовини називають фітогормонами?
6. Які функції виконують фітогормони?
7. Дайте визначення таким поняттям, як «гомеостаз» та «стрес».

**IІІ. Вивчення матеріалу нової теми**

***Розповідь вчителя з елементами бесіди:***

*Пригадайте, які процеси регулюють життєдіяльність рослин?*

Регуляція надходження й виділення речовин [18].

***Доповідь учнів на тему: «Регуляція надходження та виділення речовин в рослинному організмі»***

*Питання для фронтальної бесіди:*

1. *Охарактеризуйте процес поглинання мінеральних речовин.*
2. *Які існують рівні регуляції процесів життєдіяльності у рослин?*
3. *Як відбувається процес надходження газів у рослинний організм?*
4. *Які органи рослин беруть участь під час виділення речовин з організму?*

***Складання схеми «Рівні регуляції процесів життєдіяльності рослин»***

[19].

***Доповідь учнів на тему: «Природні та синтетичні регулятори росту та їх доцільність при вирощуванні сільськогосподарських культур»*** [38].

*Питання для фронтальної бесіди:*

1. *Сформулюйте визначення поняттю «фітогормони».*
2. *Назвіть та охарактеризуйте природні регулятори росту рослин.*
3. *Чому виникає потреба у використанні штучних регуляторів росту рослин?*
4. *Які є основні типи штучних регуляторів росту рослин?*

***Проблемне питання***

*Чому не варто пошкоджувати кору дерев?*

***Доповідь учнів на тему: «Підтримання гомеостазу в несприятливих умовах та способи захисту рослин від патогенних організмів»***

*Питання для фронтальної бесіди:*

1. *Дайте характеристику поняттю «гомеостаз».*
2. *Як впливають несприятливі умови на рослинний організм?*
3. *Назвіть механічні бар’єри, які запобігають проникненню патогенів усередину рослини.*
4. *Коли в рослинному організмі накопичуються фітонциди і яку роль вони виконують?*

**IV. Закріплення матеріалу, вивченого на уроці**

Таблиця 4.1

Таблиця «Фітогормони та механізм їх дії»

|  |  |
| --- | --- |
| ***Назва*** | ***Фізіологічна дія та роль*** |
| Ауксин | Апікальне домінування (формування крони); геотропізм і фототропізм; диференціація провідних тканин; стимулює: синтез етилену, процес квітування, розвиток плодів, формування коренів на живцях; сповільнює листопад. |
| Цитокінін | Апікальне домінування (форма кореня); розвиток плодів; ріст пагона; затримує старіння листків. |
| Етилен | Стимулює: дозрівання плодів, старіння листків та квітів, опадання чистин рослин. |
| Гіберелін | Стимулює достигання плодів, цвітіння та процес проростання насіння. |
| Абсцизовакислота | Гальмує: процеси життєдіяльності, ріст і розкриття бруньок; стимулює: закривання продихів, опадання листя. |

[18].

**V. Узагальнення і систематизація знань**

**Технологія «Ти мені – я тобі»**

*Учні формулюють питання з теми і опитують один одного.*

**VІ. Підведення підсумків, оголошення домашнього завдання**

Отже, ми з вами познайомилися із новою темою. Ви гарно попрацювали, ми досягли мети уроку. Оцінювання і мотивація.

Оголошення і пояснення домашнього завдання.

**ВИСНОВКИ**

1. Найбільш ефективно стимулює формування кореневої системи кукурудзи бактеріальний препарат Поліміксобактерин на різних фазах онтогенезу.
2. Біопрепарат Поліміксобактерин та імунопротектор BAI-SI ефективно стимулюють формування надземної частини кукурудзи у фазі 3-5 листків, викидання волоті, молочної стиглості.
3. Вміст хлорофілу в листках рослин кукурудзи поступово зростав за фазами росту та розвитку і досягнув свого максимуму в фазу молочної стиглості зерна. Поліміксобактерин та BAI-SI збільшують вміст суми хлорофілів *а* і *b*, вміст хлорофілу *а* та вміст хлорофілу *b* у листках кукурудзи.
4. Передпосівна обробка насіння кукурудзи Поліміксобактерином та BAI-SI підвищила урожайність кукурудзи і вони є перспективними препаратами при вирощуванні зернових культур.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Агакишев Д. В. Регуляторы роста и развития растений. Москва: Наука, 1981. 220 с.
2. Анішин Л. А. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України. *Пропозиція*. 2002. № 10. 2004. С. 58.
3. Анішин Л. А. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. *Пропозиція*. 2002. № 5. С. 105.
4. Б**іологічно активний імунопротектор на основі кремнію“BAI-SI”.** URL: [http://avante-agro.com.ua/ru/органические-удобрения-2/калий-кремний/bai-si](http://avante-agro.com.ua/ru/%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-2/%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B9-%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9/bai-si)
5. Вилесов Г. И., Дульнев П. Г., Давыдова О. Е. Эффективность применения нових регуляторов роста растений в сельском хозяйстве и лесоразведении. Москва: Российская академия с/х наук. 1999. 164 с.
6. Гавій В.М., Кучменко О.Б., Куриленко А.О., Терещенко О.О. Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на асиміляційні процеси рослин та хімічний склад зерна кукурудзи. *Медична та клінічна хімія.* 2019. Т.21, №3 (80). Додаток. – Матеріали ХІІ Українського біохімічного конгресу (30 вересня – 4 жовтня 2019 р., м. Тернопіль). С. 298.
7. Гавій В.М., Кучменко О.Б., Терещенко О.О. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. *Збірник наукови праць Уманського національного університету садівництва.* Випуск 95. Частина 1, 2019. С. 65-75.
8. Гаврилюк М. М. Наукові й організаційні засади сучасного насінництва в Україні: дис. д-ра с.-г. наук: 06.01.14. О., 2003. 322 с.
9. Головко О. Високі врожаї завдяки вітчизняним біостимуляторам. *Урядовий кур’єр*, 1997. С. 9.
10. Господаренко Г.М., Невлад В.І. Ефективність некореневого підживлення гороху азотом. *Корми і кормовий білок*: матеріали першої міжнар. конф., м. Вінниця 16–17 лист. 1994 р. Вінниця, 1994. С. 188–189.
11. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві: навч. посіб. Київ: ЗАТ Нічлава, 2008. 352 с.
12. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і грунтів. Київ: ЗАТ “НІЧЛАВА”, 2003. 320 с.
13. Гамбург К. З., Кулаева О. Н., Муромцев Г. С. Регуляторы роста растений. Москва: Колос, 1979. 246 с.
14. Гуляєв Б.І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття. Збірник наукових праць.*Київ, 2001. Т.1. С. 60–74.
15. Деева В.П. Ботаника: исследования. Выпуск 33.Минск: Право и экономика, 2005. 383 с.
16. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход. Москва: Мир, 1985.
17. Єщенко В., Копитко П., Опришко В., Костогриз П. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
18. Задорожний К.М. Біологія і екологія (профільний рівень): підруч. для 11 кл. закл. загальн. серед. Освіти. Харків: Ранок, 2019. 240 с.
19. Зінченко О.І. Біологічне рослинництво. Київ: Вища школа, 1996. 239 с.
20. Калiнiн Л.Ф. Застосування регуляторiв росту в сільському господарствi. Київ: Урожай, 1989. 167 с.
21. Картель Н.А., Макеева Е.Н., Мезенко А.М. Генетика: Энциклопедический словарь. Минск: Белорусская наука, 2001. 992 с.
22. Керефова Л.Ю. Про вплив регуляторів росту на якісні показники зерна озимої пшениці. *Зерновое хазяйство.* 2004. № 4. С. 25.
23. Кулаева О.Н. Этилен в жизни растений. *Соросовский образовательный журнал*. 1998. № 11. С. 78–84.
24. Кулаева О.Н. Как регулируется жизнь растений. *Соросовский Образовательный журнал*. 1995. № 1. С. 20–27.
25. Кукурудза Дніпровський 196 СВ. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-1/c-5/s-918>
26. Куценко О.М., Писаренко В.М. Агроекологія: навч. вид. Київ: Урожай, 1995. 256 с.
27. Леопольд А. Ауксины. Рост и развитие растений. Москва: Наука, 1968. 494 с.
28. Либберт Э. Физиология растений. Москва: Мир, 1976. 580 с.
29. Лихочвор В.В. Рослинництво: навч. посіб. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 816 с.
30. Мальцева Н.М., Гаєвський А.П., Дерев’янко К.Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Физиология и биохимия культурных растений.* 2011. Т. 43. № 5. С. 403-411.
31. Мананков М.К., Мусиенко Н. Н., Мазанкова О.П. Регуляторы роста растений и практика их пременения. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2002. 183 с.
32. Муромцев Г.С. Регуляторы роста растений. Москва: Колос, 1979. 211 с.
33. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство екології та природних ресурсів, Департамент екологічної безпеки. Київ: ЮнівестМедіа, 2014. 832 с.
34. Пономаренко С.П., Боровик Г.С. Регулятори росту рослин. *Захист рослин*. 1997. № 11. С. 2–5.
35. Пономаренко С.П. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування. *Захист рослин*. 1999. № 12. С.15.
36. Пономаренко С.П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину (фізико-хімічні властивості й біологічна активність). К.: Техніка, 1999. 272 с.
37. Поліміксобактерин. URL: [http://бактерії.укр/поліміксобактерин](http://бактерії.укр/%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD)
38. Скуротівська О.В., Білітюк А.П. Регулятори росту у формуванні врожайності. *Захист рослин*. 2000. № 10. С. 21–23.
39. Терещенко О.О., Гавій В.М. [Вплив синтетичних та мікробних препаратів на окремі фізіологічні показники кукурудзи у фазі 3-5 листків.](#_Toc7028250) *Актуальні питання біологічної науки*: збірник праць V Міжнародної заочної науково-практичної конференції: Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2019. C. 42-44.
40. Третьяков М.М. Фізіологія і біохімія сільськогосподарських рослин: навч. посіб. Москва: Колос, 2000. 320 с.
41. Руденко Ю.М., Токар В.В. Биосил – регулятор роста растений: практикум. Київ: КНУ им. Т. Шевченка, 2013. 224 с.
42. Фізіологія рослин. Проблеми фітогормонології / за ред. К. М. Ситника. К.: Фітосоціоцентр, 2007. 420 с.
43. Химическая защита растений / за ред. Т.С. Груздева. Москва: Агропромиздат, 1987. 415 с.
44. Циркон Макси – регулятор роста. URL: <https://ogorod.ua/shop/12765/magazin/cirkon-maksi>
45. Чекуров В.М. Новые регуляторы роста растеней. *Защита и карантин растений.* 2003. № 9. С. 20–21.
46. Шадчина Т.М., Гуляєв Б.І., Кірізій Д.А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. К.: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
47. Шевелуха В.С. Регуляторы роста растений. М.: Агропромиздат, 1990. 185 с.
48. Шевченко А.О. Регулятори росту рослин у землеробстві. К.: Агроресурси, 1998. 43 с.
49. Яшовський І.В. Основні біологічні фактори інтенсифікації виробництва зерна. Наукові основи ведення зернового господарства / за ред. акад. В.Ф. Сайка. К.: Урожай, 1994. С. 101–120.

**ДОДАТКИ**

Додаток А.

Вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та надземної частини кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі 3-5 листків



Додаток Б.

Дослідження впливу синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та надземної частини кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волоті



Додаток В.

Кукурудза гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі воскової стиглості



Додаток Г.

Вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та масу надземної частини рослин кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі 3-5 листків

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Маса коренів | Кількість додаткових коренів | Лінійний ріст коренів | Маса надземної частини рослин кукурудзи |
| г | % до контролю | шт. | % до контролю | см | % до контролю | г | % до контролю |
| Контроль | 0,31±0,05 | 100,0 | 4,00±0,22 | 100,0 | 5,8±0,39 | 100,0 | 1,06±0,16 | 100,0 |
| Поліміксо-бактерин | 0,88±0,12 | 283,8 | 6,70±0,42 | 167,5 | 8,7±0,62 | 150,0 | 1,75±0,16 | 165,1 |
| Bai-si | 0,43±0,06 | 138,7 | 4,43±0,20 | 110,8 | 6,2±0,48 | 106,9 | 1,53± 0,15 | 144,3 |

Додаток Ґ.

Вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та надземної частини кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі викидання волоті

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Маса коренів | Кількість додаткових коренів | Лінійний ріст коренів | Маса надземної частини | Висота стебла |
| г | % до контролю | шт. | % до контролю | см | % до контролю | г | % до контролю | см | % до контролю |
| Контроль | 52,33±3,71 | 100,0 | 12,6±0,68 | 100,0 | 32,74±0,86 | 100,0 | 459,20±5,29 | 100,0 | 120,30±3,10 | 100,0 |
| Поліміксобактерин | 70,20±2,08 | 134,2 | 20,4±0,51 | 161,9 | 35,06±1,07 | 107,1 | 591,75±5,36 | 128,9 | 142,36±3,81 | 118,3 |
| BAI-SI | 76,00±2,88 | 145,3 | 19,8±0,66 | 157,1 | 35,14±1,02 | 107,3 | 599,25± 4,97 | 130,5 | 139,40±1,07 | 115,9 |

Додаток Е.

Вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та надземної частини рослин кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі молочної стиглості

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Маса коренів | Кількість додаткових коренів | Лінійний ріст коренів | Маса надземної частини | Висота стебла | Кількість вузлівна стеблі |
| г | % до контролю | шт. | % до контролю | см | % до контролю | г | % до контролю | см | % до контролю | шт. | % до контролю |
| Контроль | 98,00±5,37 | 100,0 | 26,50±0,65 | 100,0 | 35,14±0,76 | 100,0 | 888,50±51,78 | 100,0 | 224,65±1,93 | 100,0 | 12,5±1,34 | 100,0 |
| Поліміксобактерин | 153,205±3,07 | 156,4 | 27,50±0,65 | 134,2 | 36,58±0,91 | 104,3 | 1296,25±52,06 | 145,9 | 253,38±10,04 | 112,8 | 15,4±1,48 | 123,2 |
| BAI-SI | 150,67±9,49 | 153,8 | 28,67±0,33 | 145,3 | 35,14±0,18 | 100 | 1026,67± 36,78 | 115,6 | 260,85±6,70 | 116,1 | 16,0±1,50 | 128,0 |

Додаток Є.

Вплив синтетичних та бактеріальних препаратів на розвиток кореневої системи та надземної частини кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у фазі повної стиглості

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Маса коренів | Кількість додаткових коренів | Лінійний ріст коренів | Маса надземної частини | Висота стебла | Кількість вузлівна стеблі |
| г | % до контролю | шт. | % до контролю | см | % до контролю | г | % до контролю | см | % до контролю | шт. | % до контролю |
| Контроль | 115,83±7,90 | 100,0 | 30,57±2,75 | 100,0 | 35,10±0,95 | 100,0 | 245,0±20,74 | 100,0 | 224,82±13,00 | 100,0 | 12,6±1,32 | 100,0 |
| Поліміксобактерин | 148,33±6,15 | 128,0 | 41,43±2,21 | 135,3 | 42,37±2,12 | 120,5 | 284,0±9,92 | 115,9 | 297,43±9,49 | 132,3 | 13,8±1,45 | 109,5 |
| BAI-SI | 164,50±10,67 | 142,0 | 42,00±1,90 | 137,3 | 40,27±1,39 | 114,5 | 325,0± 12,14 | 132,7 | 285,74±11,56 | 127,1 | 13,2±1,76 | 104,8 |