**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 ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ**

**БІОПРЕПАРАТАМИ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА**

**КУКУРУДЗИ**

Студентки **Огієнко Аліни Вікторівни**

**Науковий керівник:**

к.б.н., доцент кафедри біології

**Гавій Валентина Миколаївна**

**Рецензенти:**

д.б.н., професор кафедри біології

Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя

**Кучменко Олена Борисівна**

д.с.-г.н., професор кафедри харчових

технологій та готельно-ресторанної справи Таврійського державного університету імені Дмитра Моторного

**Данченко Олена Олександрівна**

 **Допущено до захисту**

Завідувач кафедри біології

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

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

Ніжин – 2020

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 3](#_Toc58189948)

[РОЗДІЛ I. ПРИРОДНІ ТА СИНТЕТИЧНІ РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ. МЕХАНІЗМ ЇХ ДІЇ 6](#_Toc58189949)

[1.1. Природні регулятори росту. Механізм їх дії 6](#_Toc58189950)

[1.2. Синтетичні регулятори росту 9](#_Toc58189951)

[1.3. Вплив синтетичних регуляторів росту на ріст і розвиток зернових культур 12](#_Toc58189952)

[РОЗДІЛ II.МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 15](#_Toc58189953)

[2.1. Опис досліджуваних препаратів 15](#_Toc58189954)

[2.2. Ботанічна характеристика об’єкту дослідження. Агротехніка 16](#_Toc58189955)

[2.3. Методика проведення досліджень 22](#_Toc58189956)

[РОЗДІЛ III. ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТОМ ПОЛІМІКСОБАКТЕРИН ТА ІМУНОПРОТЕКТОРОМ BAI-SI НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА КУКУРУДЗИ 30](#_Toc58189957)

[РОЗДІЛ IV. ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ 41](#_Toc58189958)

[ВИСНОВКИ 49](#_Toc58189959)

[СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 50](#_Toc58189960)

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** Для задоволення сьогоденних потреб людства, всі галузі промисловості мають постійно вдосконалюватись. Загальна чисельність населення на Землі до 2050 року, прогнозовано зросте до 9,7 млрд, що на 2 млрд перевищує сьогоднішній рівень народонаселення. Такий прогноз надає Організація Об'єднаних Націй [27]. Невпинно зростаючий приріст населення вимагає від науковців знаходити нові методи, тим самим стимулюючи їх до розвитку. Особливо стрімко модернізується аграрно-промисловий комплекс, маючи на меті задовольнити продовольчі потреби сучасного суспільства. Наукові досягнення у даній сфері дозволяють підвищувати врожайність зернових культур, при цьому покращивши якість зерна.

Кукурудза – універсальна зернова культура, що здатна задовольнити технічні та продовольчі потреби [59]. Зерно кукурудзи використовують у харчовій промисловості (виробництво консервів, олії, кондитерських виробів, хлібопекарстві, виробництві круп, борошна та спирту), сільському господарстві (корм для тварин), а також у легкій промисловості (декстрин). Саме тому, кукурудзу вирощують у багатьох країнах світу. В Україні частина врожаю даної культури експортується, інша ж зберігається для застосування в різних галузях виробництва. Тож постає питання в тому, як змінюється хімічний склад зернівок в процесі зберігання, чи змінюються технологічні показники та смакові властивості кукурудзи. Яким має бути оптимальний термін зберігання для того, щоб не втратити високої якості зерна [14, 49]. Якість продукції зазначеної культури залежить від сукупного поєднання погодно-кліматичних, ґрунтових факторів і технології вирощування. Сучасні технологічні прийоми вирощування кукурудзи передбачають використання регуляторів росту рослин [84].

**Тому, мета нашої роботи** вивчити вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратом «Поліміксобактерин» та імунопротектором «BAI-Sі» на хімічний склад зерна кукурудзи.

Для досягнення цієї мети було поставленні наступні завдання:

* дослідити вміст білка в насінні кукурудзи за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином та BAI-Sі;
* встановити дію препаратів «Поліміксобактерин» та «BAI-Sі» на вміст вуглеводів у зерні кукурудзи;
* з’ясувати вміст каротиноїдів та клітковини у зерні кукурудзи за передпосівної обробки насіння регуляторами росту;
* визначити найбільш ефективні регулятори росту для застосування та передпосівної обробки зерна кукурудзи.

**Об`єкт дослідження:** гібрид Дніпровський 196 СВ підвиду кукурудзи цукрової (Zea mays saccharata), біопрепарат «Поліміксобактерин» та імунопротектор BAI-Sі.

**Предмет досліджень:** вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на хімічний склад зерна кукурудзи.

**Методи досліджень.** Для виконання поставлених завдань застосовували спеціальні методи досліджень: лабораторні, польові, математично-статистичні, розрахунково-порівняльні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше проведено дослідження впливу біопрепарату «Поліміксобактерин» та імунопротектору BAI-Sі на хімічний склад зерна гібриду цукрової кукурудзи. Встановлено, що передпосівна обробка насіння досліджуваними препаратами покращує якість зерна кукурудзи, а саме призводить до збільшення вмісту білка, клітковини та накопичення крохмалю. Визначено, що тривале зберігання впливає на його хімічний склад та якість зерна кукурудзи. Встановлено, що застосування зазначених препаратів не подовжує термін зберігання зерна гібридів кукурудзи цукрової.

**Теоретичне і практичне значення одержаних результатів**. Проведені дослідження дозволили встановити можливість застосування досліджуваних синтетичних регуляторів на посівах кукурудзи цукрової із метою впливу на хімічний склад зерна: вміст протеїну, вуглеводів, клітковини, каротиноїдів для підвищення якості та харчових властивостей зерна кукурудзи.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи були представлені на V Всеукраїнській конференції молодих науковців “Сучасні проблеми природничих наук” – Ніжин, 15–16 квітня 2020 року.

**Структура і обсяг дипломної роботи.** Робота викладена на 57 сторінках та включає вступ, 4 розділи, висновки, список використаної літератури.

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

Сучасний рівень розвитку наукових технологій дозволяє збільшувати кількість продуктів харчування, при цьому зберігати та навіть підвищувати якість сировини.

У сільськогосподарському виробництві активно застосовуються новітні енергозберігаючі технології із застосуванням регуляторів росту рослин [6].

Регулятори росту рослин (РРР) – це низькомолекулярні речовини, природнього або штучного походження, які при виключно малих концентраціях у рослинних організмах суттєво змінюють процеси їх життєдіяльності. Вони поєднують у собі оптимальний комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин та мікроелементів [1]. У результаті зовнішньої обробки регуляторами, організм рослини краще протистоїть негативним факторами зовнішнього середовища [34].

Зараз в Україні допущеними до використання є близько 80 регуляторів росту рослин, переважна більшість з яких – біостимулятори. Важливою є здатність регуляторів росту підвищувати захисні властивості рослин, зменшувати згубну дію навколишніх чинників, пом’якшувати токсичну дію пестицидів та отрутохімікатів [60].

Всі РРР умовно поділяються на декілька категорій, відповідно до їх здатності впливати на клітинні процеси, підсилювати природні властивості, покращувати хімічний склад тощо. Регулятори росту ефективно підвищують кількість рослинної сировини, а також покращують хімічний склад вирощеного зерна без значних економічних інвестицій та зміни агрохімічних процесів [34].

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

Фітогормони– сполуки органічного походження, завдяки яким відбувається зв’язок та обмін речовин між клітинами, тканинами і органами, підтримується гомеостаз. Фітогормони мають виняткове значення у процесі реагування організму на вплив чинників зовнішнього середовища. Їх застосування необхідне для формування складу поживних середовищ у процесі культивування культур клітин і тканин in vitro [3]. Такі органічні сполуки здатні виявляти активну дію за низької концентрації в клітинах [35].

До фітогормонів належать:

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

 Ауксини– речовини, що виробляються в клітинах рослини та каталізують процеси росту. Їх утворення локалізоване в апікальній меристемі, тобто утворення ауксинів відбувається в наростаючих частинах, наприклад в молодих листках, бруньках або корінні. Залежно від їх концентрації дані речовини здатні стимулювати ріст, або ж пригнічувати його. Поки що, механізм дії ауксину остаточно не з’ясовано. Найбільш ймовірно, що ауксини активують деякі білки-ферменти, що приймають участь в утворенні структурних елементів клітинної стінки або ж вступають в нестійкі комплекси з рибонуклеїновою кислотою, регулюючи таким чином процес клітинного поділу. Найчастіше ауксини застосовують у рослинництві для активізації процесу вкорінення живців [46].

Загалом, цей фітогормон здатний стимулювати кожну фазу клітинного росту, зокрема ризогенез. Такий вплив ефективно діє на утворення та розвиток кореневої системи, активність утворення меристеми та калюсу, а також розвиток плодів певних типів. Ауксином контролюється процес формування пучків провідної тканини, обумовлюються гео– та фототропізми рослин [1].

Ауксин виконує регулюючу функцію не тільки впливаючи на ріст, квітування дoзрiвання плoдiв, а ще й на опадання чи в’янення усіх частин рослинного організму. Можлива запланована агротехнічна обробка рослини, якщо виникає необхідність сповільнення цих процесів. Такий спосіб широко застосовують під час промислового вирощування цитрусових. Застосування подібних заходів ефективне за потреби збільшення кількості врожаю [46, 47].

На початку ХХ ст., досліджуючи культуру грибів Gibberella fujikuroi, було виявлено речовини, що інтенсивно стимулюють ріст пагонів зернових культур. Так було виявлено гібереліни. Пізніше було підтверджено, що гібереліни утворюються в ході біохімічних процесів рослин [25].

Гібереліни– це фітогормони природнього походження, що можуть синтезуватись не лише в меристематичних клітинах рослин (молоді пагони, листки, коріння), а також у клітинах грибів [60].

Доведена здатність гіберелінів впливати на стан спокою росли, активізацію ростових процесів, мобілізуюче діяти на запасання поживних речовин в ендоспермі насінини, що йде на її живлення. Такі властивості мають користь і для людей, наприклад у процесі виробництва пива в якості фактору, що в результаті підвищує кількість ячмінного солоду [18].

Цитокініни – незамінна складова комплексу фітогормонів, що регулюють клітинні процеси, а саме диференціацію та поділ. Відповідають за формування та розвиток меристем, сповільнюють процес старіння листків, галуження та ростові процеси кореневої системи, впливають на процес проростання насіння та реагування рослини на негативні впливи навколишнього середовища [68].

За останні роки було вивчено, як зовнішнє застосування цитокініну впливає на рівень урожайності сільськогосподарських культур. Використання даного фітогормону на певних стадіях онтогенезу рослин, впливає на процес формування зерна, збільшуючи їх розмір та кількість точок утворення зернин [34].

Абсцизини – це ендогенні фітогормони, що утворюються при виникненні дефіциту води в організмі рослини [25]. Наприклад, абсцизова кислота здатна впливати на інтенсивність геотропізму кореня. Її фізіологічна дія спричиняє перехід рослинного організму у період спокою, впливаючи на швидкість достигання плодів та опадання листя, а також підвищує стійкість рослин до заморозків [73].

Етилен – фітогормон, що здатний забезпечувати сигнальну функцію між рослинами, виділяючись в атмосферу [42].

На початку XX століття у документах сільськогосподарської звітності йшлось про те, що не рекомендується зберігати банани поруч з апельсинами, оскільки цитрусові виділяють щось таке, що спричиняє їх передчасне дозрівання. У 1934 році Р. Гане відніс це «щось» до етилену, який вироблявся вищими рослинами. Подальші наукові дослідження показали, що етилен відповідає всім властивостям природніх гормонів. Таким чином, було виявлено газоподібний фітогормон – етилен [69]. Навіть у надзвичайно малій концентрації (0,001–0,1 мкл/л) він чинить дію на епінастії, проростання, старіння, формування та дозрівання плодів, квітів та листків. Іноді може стимулювати утворення коренів на стеблах [85].

**1.2. Синтетичні регулятори росту**

Синтетичні регулятори росту – готовий продукт роботи біохіміків, який вносять ззовні. Сьогодні існує велика кількість подібних сполук, що діють як природні фітогормони [43].

Синтетичні регулятори виробляють у промислових умовах мікробіологічним або хімічним способом. Штучні аналоги природніх фітогормонів здатні впливати на метаболізм рослин, змінюючи їх властивості до бажаних показників, а також поліпшувати якість та стійкість рослин до дії стресових факторів [13].

Подібні препарати почали активно розробляти після того, як фізіолог рослин Ф. Кегель, у першій половині ХХ ст. успішно здійснив синтез ауксину. Після цього було здійснено синтез інших біологічно активних сполук. На сьогодні можливе створення багатьох речовин, які здатні регулювати різноманітні процеси в ході онтогенезу рослин, адже за структурою, вони близькі до фітогормонів. Виявилось, що серед всіх регуляторів росту найефективнішими є аналоги ауксинiв типу iндолілмасляної, iндолілпіровиноградної, нафтилоцтової та 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти й iншi спoлуки. Вже в середині ХХ ст. вперше синтезували цитокінін [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 [20, 51].

Синтетичні регулятори росту широко застосовуються через їх економічну рентабельність, адже вигода від застосування набагато перевищує їхню вартість. Серед найбільш важливих властивостей, які можливо підвищити застосовуючи регулятори росту, можна назвати резистентність до бактеріальних захворювань, згубної дії температур та дефіциту вологи [63]. За даними результатів досліджень, можна зробити висновок про те, що регулятори росту підвищують врожайність зернових культур не менше ніж на 10–30 %. Схожі відсотки приросту врожаю забезпечує застосування відповідної кількості мінеральних добрив [51].

Основна дія біостимуляторів – це не підвищення продуктивності посівів, а стимулювання біологічних процесів та проникності мембран між клітинами у рослинному організмі, що допомагає кращому розвитку та розкриттю потенціалу врожайності [65, 75].

У аграрній промисловості широко застосовуються наступні регулятори росту, які неодноразово довели свою ефективність:

**Біолан.**

*Опис препарату.* Належить до регуляторів нового покоління. Відрізняється високою концентрацією аналогів природніх фітогормонів, мікроелементів та кислот, які регулюють утворення фітонцидів [44].

М.М. Гаврилюк зазначає, що передпосівна обробка подібним стимулятором значно покращує якість зерна та ефективно впливає на підвищення врожайності [12].

*Використання.* Обробка насіння зернових, плодових, овочевих, баштанних, зернобобових, а також деяких грибів та декоративних рослин [49].

*Механізм дії.* Стимуляція клітинних процесів, збільшення площі асиміляційної поверхні, кількості фотосинтезуючого пігменту, знижує токсичну дію агрохімікатів, підвищує врожай та його якість [15].

**Біосил.**

*Опис препарату.* Біопрепарат, ефективний, концентрований аналог агростимуліну. У своєму складі містить комплекс природніх та штучних регуляторів. Це прозорий, водно-спиртовий розчин, що не має забарвлення [41].

*Використання.* Має широкий спектр дії але особливо ефективний для обробки зернових культур (ярий ячмінь, озима пшениця), зернобобових, кормових трав (конюшина, люцерна), а також широко застосовується у лісовому господарстві [69].

*Механізм дії.* Регулює процеси поділу клітин, стимулює збільшення площі поверхні листка, підвищує стійкість та врожайність [55, 56, 78].

**Агростимулін.**

*Опис препарату.* Комплекс природних та штучних фітогормонів. Прозорий та безбарвний водно-спиртовий розчин [72].

*Використання.* Підвищує рівень врожайності та якість, стійкість до негативних впливів навколишнього середовища, а також до вилягання. Застосовується для бобових, зернобобових та технічних культур. Безпечний для навколишнього середовища [81].

*Механізм дії.* Підвищує схожість насіння та енергію проростання. Зумовлює розвиток потужної кореневої системи і листкової поверхні рослин.

У випадку задовільних агротехнічних умов даний засіб підвищує урожайність зернових на 16–20 %, бобових – 9 %, а насіння люцерни і конюшини до 23 % [64].

Економічно доцільно застосовувати Агростимулін, оскільки його застосування дозволяє зменшити кількість фунгіцидів та протруювачів у середньому на 25% [36].

**Циркон Максі.**

*Опис препарату.* Високоякісний фіторегулятор нового покоління, який має у своєму складі амінокислоти, аналоги фітогормонів, жирні кислоти, олігосахариди та хітозани.

*Використання.* Підвищує показники схожості насіння, появу сходів, підвищує якість та збільшує кількість врожаю. Не має токсичної дії.

*Механізм дії.* Підвищує стійкість культур до дії стресових факторів, знижує ймовірність ураження рослин бактеріями, а також знижує ураження пасльонових культур на фітофтороз [76].

**Емістим**.

*Опис препарату*. Продукт біотехнологічного вирощування грибів з кореневої системи лікарських рослин. Препарат має широкий спектр дії. Містить збалансований комплекс фітогормонів фуксинової та цитокінінової природи, амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, мікроелементів [6]. Підвищує енергію проростання та польову схожість насіння, стійкість рослин до захворювань (кореневої гнилі, бурої іржі та ін.).

*Використання.* Застосовується при вирощуванні зернових, зернобобових, кормових, технічних, плодово- ягідних, баштанних культур та квітів.

*Механізм дії.* Посилює здатність рослин протистояти дії стресових факторів. Підвищує енергію проростання та схожість, покращує якість врожаю [25]. Емістим також здатний пригнічувати розвиток фітопатогенних бактерій [17].

**1.3. Вплив синтетичних регуляторів росту на ріст і розвиток зернових культур**

Одним з найважливіших завдань аграрної промисловості є збільшення кількості готової продукції зернових культур та одночасне скорочення енергетичних та економічних витрат. Тому, виникає необхідність розробки нових, більш екологічних та ефективних регуляторів росту для вирощування зернових культур [5].

Наукова робота в різних сферах біологічних та хімічних досліджень стала підґрунтям для створення синтетичних регуляторів росту рослин. Подібні дослідження проводились ще на початку ХХ ст., коли М. Холодний та Ф. Вент сформулювали теорію росту рослин, яка дала початок детальному вивченню фітогормонів. Основним положенням цієї теорії є твердження, що для оптимального гормонального стану дієвим є введення до організму аналогічних природним речовин – регуляторів росту [40].

Штучно створені фізіологічно активні сполуки поділяються на стимулятори та інгібітори росту і розвитку, залежно від характеру впливу на рослинний організм. Синтетичні регулятори росту об’єднані у наступні групи [50]:

* препарати, пов’язані з метаболізмом та реалізацією фізіологічної активності ауксинів (аналоги ауксинів, антиауксини, інгібітори транспорту);
* препарати, пов’язані з метаболізмом гіберелінів та реалізацією їхньої фізіологічної активності (аналоги, інгібітори синтезу і транспорту);
* регулятори цитокінінової природи;
* ретарданти – преперати, що виявляють антигіберилінову дію.

Подібна класифікаціє сполук є відносною тому, що механізм їх дії складний та багатофакторний [70].

Зараз ведеться розробка сполук, мембрани яких мають гідрофільну і гідрофобну частини. Це дасть можливість змінювати біомембрани і таким чином впливати на їх проникність [66].

Зокрема, за передпосівної обробки синтетичними регуляторами відмічається підвищення рівня польової схожості озимого ячменю, а ячмінь вирощений на території науково – дослідних ділянок мав кращі показники схожості та енергії проростання. Значною мірою підвищується вміст хлорофілу у листках та стійкість до уражень патогенними мікроорганізмами [82]. При вирощуванні бобових культур також широко застосовують синтетичні регулятори, що здатні позитивно впливати на ріст та розвиток. Встановлено, що відбувається поліпшення процесу утворення та функціонування симбіотичних зав’язків між рослиною та мікроорганізмами. У результаті обробки відмічається підвищення ефективності фотосинтезу на початкових етапах вегетації бобових культур [41].

Серед наукових досліджень у вивченні синтетичних регуляторів, варто виокремити роботи Груздева Л. Г., який експериментально підтвердив припущення про те, що обробка рослин ретардантами сприяє підвищенню продуктивності зернових культур і запобігає виляганню. Ретарданти підвищують вміст хлорофілу, каротиноїдів та мікроелементів. Вони здатні продовжити фазу формування листків та підвищити їх функціональну діяльність. У результаті цього підвищується продуктивність фотосинтезу, стійкість до вилягання, якість зерна, а також відбуваються зміни у фізіологічному стані [21–24 ].

Варто зазначити, що застосування регуляторів має чітко регулюватись, враховуючи особливості виду рослин, що обробляються. Переважна більшість подібних регуляторів здатні стимулювати прояв потенційних можливостей рослин, зважаючи на їх генотип. Для досягнення оптимальних результатів дії синтетичних регуляторів мають бути дотримані всі агротехнічні умови вирощування культури (особливості клімату, вологості, pH ґрунту тощо) [67].

Отже, синтетичні регулятори росту виявляють високу ефективність у підвищенні кількості та якості врожаю зернових культур. Синтетичні регулятори впливають на збільшення вегетативної маси, прискорення дозрівання, а також стійкість до захворювань [63]. Водночас, недотримання технологічних та агротехнічних норм застосування регуляторів, спричиняє різке зниження ефективності, порушує внутрішньоклітинні процеси та негативно впливає на врожайність культури [82].

**РОЗДІЛ II.МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**2.1. Опис досліджуваних препаратів**

**Біопрепарат «Поліміксобактерин».**

 «Поліміксобактерин» – мікробний біопрепарат, що здатний підвищувати інтенсивність фосфорного живлення рослин. Характерною особливістю даного засобу є можливість передпосівної обробки зерна, одночасно з інсектицидами, пестицидами та фунгіцидами, оскільки бактерії Paenibacillus polymyxa проявляють природну резистентність до низки пестицидів [62].

Поліміксобактерин неодноразово довів свою ефективність під час досліджень Національної академії аграрних наук України, проведених на різних типах ґрунтів та в різних кліматичних умовах. Відмічається не лише стимулюючий вплив бактеризації на вміст протеїну в зерні кукурудзи, а й підвищення врожайності.

Високі показники врожаю кукурудзи не можна обґрунтувати лише посиленням дії фосфорного живлення. Оскільки бактерії Paenibacillus polymyxa є надзвичайно ефективними організмами, що продукують фітогормони різних класів, які відмінно впливають на коренетворення бактеризованих рослин, підвищують здатність до засвоєння речовин з навколишнього середовища [11].

**Імунопротектор «BAI-Sі».**

«BAI-Sі» – сучасний засіб, який створено на основі біохімічних інжинірингових досліджень у співпраці фахівців галузі аграрних наук, хімії та біологічної інженерії. У ході промислового виробництва вперше досягнуто лабораторної чистоти і точності технологічних процесів.

«BAI-Sі» – це імунозахисний антиоксидант, що виявляє свою дію після обробки зерна у підвищенні енергії проростання та схожості, а також стимулює розвиток кореневої системи. Він ефективний при обробці вегетуючих рослин у якості імунопротектора, а також добре впливає на якість зерна.

«BAI-Sі» – іонний комплекс життєво необхідного біогенного металу кремнію (Si) у формі водного розчину. Доступність елемента становить від декількох хвилин до години і до 100% засвоєння, що дозволяє активізувати фізіологічні процеси рослин: фотосинтез, цикли Кребса і Кальвіна. Кремній приймає участь у синтезі АТФ, а також важливих для життєдіяльності клітини амінокислот, вуглеводів, жирних кислот тощо.

Складові препарату «BAI-Sі» задовольняють потребу в необхідних елементах живлення, поліпшують регуляцію біохімічних процесів.

Переваги застосування препарату «BAI-Si»:

* широкий спектр дії;
* біологічно доступна для рослин форма кремнію;
* висока технологічна якість та економічність у використанні;
* не має токсичної або забруднюючої дії на ґрунт, рослини або насіння.

Передпосівна обробка зернівок біопрепаратом «BAI-Sі» забезпечує:

* розвиток розгалуженої кормової системи і активації в її зоні діяльності ґрунтових мікроорганізмів, а також бактерій, які продукують антибіотичні речовини;
* здатність рослин краще реагувати на стресові фактори (замерзання, посуха, гербіциди);
* збільшення засвоюваності рослинами азоту, фосфору, калію та сірки з ґрунту;
* підвищення схожості та енергії проростання насіння основних с/г культур на 15–25%, врожайності – на 20–50%;
* зміцнення імунітету рослин і поліпшення якості продукції [33].

**2.2. Ботанічна характеристика об’єкту дослідження. Агротехніка**

Кукурудза (*Zea mays* L.) відноситься до однорічних трав’янистих рослин, родина Злакові (*Poaceae)*.

Відповідно до сучасної класифікації можна виділити вісім підвидів кукурудзи:

* Розлусна (*Zea mays everta* Sturt.);
* Крохмалиста (*Zea mays amylacea* Sturt.);
* Зубоподібна (*Zea mays indentata* Sturt.);
* Кремниста (*Zea mays sndarata* Sturt.);
* Цукрова (*Zea mays saccarata* Sturt.);
* Воскоподібна (*Zea mays ceratina* Kulesch);
* Крохмалисто-цукрова (*Zea mays amyleo-saccarata* Sturt.);
* Плівчаста (*Zea mays tunicate* Sturt.) [26].

**Коренева система.**

Кукурудза має мичкувату, добре розвинену кореневу систему, деякі з коренів здатні проникати на глибину від 1 до 2 м. Для кукурудзи характерним є утворення та розвиток кiлькoх ярусiв кoренiв:

* зарoдковi;
* епiкотильні;
* пiдземні вузловi;
* надземнi стебловi (повiтряні або опiрні).

Підземні корені, заглиблюючись у ґрунт до 2 метрів, утворюють основну масу кореневої системи. Розміщення коренів у гумусовому шарі, дозволяє забезпечити рослинний організм мікроелементами та вологою, що наповнює ґрунт за рахунок опадів. Деякі низькорослі гібриди утворюють менш розвинену кореневу систему, ніж інші, високорослі [45].

**Стебло.**

Стебло у кукурудзи – соломина, що має округлу форму. Воно розділене на вузли та заповнене нещільною паренхімою. У південних регіонах України рослина досягає 2,5–3 м, іноді сягає до 4 м заввишки [71].

**Листок.**

Листок кукурудзи – лінійної форми, складається з двох частин: нижньої – листкової піхви, яка у вигляді трубки охоплює стебло, і верхньої – листкової пластинки. Листкова поверхня за сприятливих умов вирощування може сягати 50-60 тис. м²/га і більше.

Декілька видозмінених листків огортають початок , що утворений з 8–12 правильних рядів зерен [19].

**Суцвіття.**

У кукурудзи на одній рослині утворюється два суцвіття: чоловіче – волоть і жіноче – початок. У чоловічих квітках між квітковими лусками є лише тичинки, а у жіночих – маточки. Від кожної зав’язі маточки відходить довгий ниткоподібний стовпчик, який на верхівці має роздвоєну приймочку [31, 32].

**Плід.**

Плід у кукурудзи – зернівка, різних розмірів і форми, консистенції та забарвлення [59].

За розмірами зернівки поділяються наступним чином:

* крупні й дуже крупні – з масою1000 зернин 300–400 г;
* середні – 200–300 г;
* дрібні – 100–200 г.

За формою зернівки поділяються на:

* округлі;
* видовжено-призматичні із западиною на верхівці;
* видовжені із загостреною верхівкою;
* кутасті або сплюснуті;
* з гладенькою або зморшкуватою поверхнею [31].

Під внутрішньою будовою зерна мають на увазі будову ендосперму, який може бути неоднорідним. Залежно від співвідношення між вмістом крохмалю і білка в зерні, форми та щільності розміщення крохмальних зерен ендосперм може бути повністю або частково рогоподібним чи борошнистим. Рогоподібність ендосперму є вищою при більш високому вмісті в ньому білка, який у більшій мірі заповнює проміжки між крохмальними зернами, а також при вуглуватій формі крохмальних зерен, що щільніше прилягають між собою і залишають незначні проміжки. Борошнистий ендосперм краще формується, коли у ньому більший вміст крохмалю і кругліші крохмальні зерна, між якими залишаються значні проміжки [19].

**Агротехнічні умови вирощування кукурудзи.**

З давніх часів людина використовує кукурудзу як продовольчу культуру. Підраховано, що з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, значна частина яких, у свою чергу, є сировиною для продуктів харчування. Але ця культура має певні вимоги до сівби та вирощування [85].

За площею посівів та обсягом виробництва зерна вона посідає друге місце у світі. В Україні площа посівів кукурудзи на зерно сягає понад 1 млн. га і щороку збільшується. Нагальною проблемою є низька реалізація біологічного потенціалу культури, що спричинена недостатньою адаптацією гібридів різних груп стиглості, умов навколишнього середовища та недостатньо розвинена технологія вирощування [37].

Процес вирощування кукурудзи залежить від багатьох факторів, що впливають на підвищення продуктивності, зокрема [61]:

1. Вибір попередника.Першим основним елементом агротехніки кукурудзи є вибір попередника. З агротехнічної точки зору сівозміна важлива для відновлення родючості ґрунту, покращення її властивостей з економічної точки зору дозволяє використовувати землі та отримувати більш високі врожаї та прибуток при найменших витратах на добрива та засоби захисту рослин. Правильно організована сівозміна ефективна у боротьбі з бур’янами, або як мінімум скороченню ареалу їх розповсюдження [85].

Важливо відмітити агротехнічне значення кукурудзи, як просапної культури, яка є хорошим попередником під ярі культури завдяки тому, що залишає ґрунт збагачений органічними рештками та чистим від бур’янів. Переважна більшість агрономів переконані, що кукурудза не вибаглива до розміщення у сівозміні, не має спеціальних вимог до попередників, найменше поширює хвороби на інші культури рослин. Гарним попередником є зернобобові та озимі зернові [28].

1. Ґрунт і мінеральне живлення.Висівати зерно кукурудзи бажано у ґрунт із достатнім рівнем гумусу, оскільки дана культура потребує глибокого гомогенного ґрунтового шару, який буде оптимальним для росту рослин. Також, ґрунт має бути чистим від шкідників та залишків рослин (стебел, коріння). Для одержання високих врожаїв висівати зерно потрібно на чорноземах, темно-каштанових ґрунтах, суглинках, або у заливних ґрунтах. Вирощувати кукурудзу на збіднених, засолених середовищах не раціонально та економічно невигідно [7].

Кукурудза – вимоглива до мінерального живлення. Одним з найважливіших елементів, що впливає на ріст і розвиток рослин є азот. Найбільша потреба в ньому виникає в період викидання волоті. На стадії 3–7 листків та під час формування суцвіть, потрібно забезпечити достатнє живлення фосфором. Адже його дефіцит призводить до зниження маси 1000 насінин та порушення процесів формування повноцінного качана. У разі достатнього фосфорного живлення розвивається потужна коренева система, підвищується стійкість до посушливих умов, прискорюється розвиток і дозрівання качанів. Найвища інтенсивність споживання фосфору відбувається на фазі формування зерна і триває до настання його стиглості [80]. Не менш важливим є калій, його нестача спричиняє порушення обміну карбону, процесів фотосинтезу, розвитку кореневої системи, знижується синтетична функція листків, стійкість кукурудзи до вилягання. Вже під час перших сходів калій починає активно використовуватись рослиною і до періоду цвітіння поглинається до 90 % цього елементу. Після того, як цвітіння завершується, надходження калію припиняється [57].

1. Водний режим.Кукурудзі, для того, щоб сформувати врожай високої якості необхідно 400–600 мм опадів [54]. Для формування 20 кілограмів зерна у середньому достатньо 1 мм атмосферних опадів. Культура більш чутлива до довготривалої посухи, особливо від фази 7–8 листків до початку цвітіння. За один вегетаційний період кожна рослина кукурудзи використовує близько 200 літрів води. Тому, низький рівень вологи та посушливі вітри спричиняють в’янення, висихання листків, порушення процесів утворення зерна [4]. Потреба у зволоженості задовольняється за рахунок атмосферних опадів, запасів ґрунтової води й вологості повітря. Важлива рівновага між зволоженістю і температурним режимом, адже у разі її порушення виникає проблема надмірної транспірації [45].
2. Температурний режим.Кукурудза – теплолюбна культура. Вимоги до оптимального рівня температури змінюються залежно від періоду росту. У польових умовах, для проростання, температура ґрунту має бути 10–12°C. Кукурудза, висіяна в холодний і перезволожений ґрунт, проростає дуже повільно, сходи її часто бувають проріджені, внаслідок ураження насіння грибковими хворобами і втрати польової схожості [32]. Сходи витримують температуру до мінус 3°С, у фазі 2–3 листків – до мінус 3–5°С. За температури ґрунту 6–11°C перші сходи з’являються через 16 днів, а за температури 12–15°C, через 11 днів. За температури 45,0–47,0°C ріст рослин припиняється. Кукурудза краще витримує весняні приморозки, ніж ранні осінні, оскільки більш чутлива до осінніх заморозків. Стебла і качани більш стійкі до знижених температур. Зелене листя та вологе зерно зазнають пошкоджень за незначних мінусових температур [8].
3. Вимоги до освітлення.Кукурудза відноситься до світлолюбних культур. Вона має потребу у світлі вже під час появи сходів. На 1 га кукурудза утворює 20000–50000 м² площі асиміляції, яка сприймає сонячне світло. Збільшення площі асиміляції пропорційне підвищенню рівня інсоляції, що також пов’язано зі змінами температури. Глибина розташування коренів також впливає на збільшення асимілюючої поверхні [29].

Кукурудза для нормальної вегетації потребує тривалості світлового дня 12–14 годин, а цвітіння настає за 9-ти годинного світлового дня. На ефективність освітлення впливає густота посівів та засміченість бур’янами. Навіть незначне затінення помітно знижує інтенсивність росту та врожайність. Отже, під час посіву потрібно правильно добирати спосіб висівання та відстань між окремими рослинами та рядками, що зможе забезпечити оптимальний доступ сонячного світла [52].

**2.3. Методика проведення 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, розбивали на варіанти та повторності, а також обробляли насіння досліджуваними речовинами. Дослідження з впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на хімічний склад зерна кукурудзи проводили у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Нами були використані такі варіанти:

* Контроль;
* «BAI-Sі»;
* «Поліміксобактерин».

**Методика визначення білків у рослинному матеріалі по методу Лоурі**

Для визначення вмісту білків по методу Лоурі потрібно попередньо приготувати розчини:

* А – 2 % Na2CO3 в 0,1 н NaOH;
* B – 0,5 % CuSO4 · 5H2O в 1 % K-Na-виннокислий;
* C – суміш розчинів А і В ( 50 :1 за об’ємом );
* Е – реактив Фоліну.

Відібрати 1 мл лужного гідролізату, додати 5 мл розчину С, перемішати та через 10 хвилин додати 0,5 мл розчину Е. Потім суміш витримати протягом 30 хв. при кімнатній температурі, після чого виміряти оптичну щільність розчину при λ = 750 нм на спектрофотометрі. У якості розчину для порівняння використовувати суміш 1 мл 0,5н NaOH, 5 мл розчину С та 0,5 мл реактиву Фоліну.

Для визначення вмісту білків у розчині необхідно побудувати калібрувальний графік до альбуміну або казеїну. На аналітичних вагах зважити 100 мг альбуміну і розчинити в 100 мл фосфатного буферу. З цього стандартного розчину приготувати інші розчини із вмістом білку від 0,05 до 1,0 мг/мл, відповідно до наступної таблиці:

Таблиця 2.1

Дані для визначення оптичної щільності розчину [29]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Вміст білку, мг/мл | Стандартний розчин альбуміну, мл | Фосфатний буфер | Оптична щільність D750 |
| 1234567 | 0,050,10,20,30,40,51,0 | 0,51,02,03,04,05,010 | 9,59,08,07,06,05,00 |  |

Послідовно відібрати 1 мл кожного із розчинів альбуміну, перенести в чисті, попередньо пронумеровані пробірки і додати 5 мл розчину С, а через 10 хв 0,5 мл розчину Е. Вміст кожної пробірки обережно розмішати і залишити за кімнатної температури протягом 30 хвилин. Після цього виміряти оптичну щільність розчинів при довжині хвилі λ = 750 нм. За даними, отриманими для стандартних розчинів, побудувати калібрувальний графік (на осі ординат - величина оптичної щільності, на осі абсцис - концентрація білку). Користуючись калібрувальною кривою знайти концентрацію білку в досліджуваному розчині. Загальний вміст білків у вегетативній частині рослини (мг/г сирої маси) розрахувати за формулою:

 (2.1)

де с – концентрація білку в досліджуваному розчині в мг/мл;

V – об’єм лужного гідролізату в мл;

m – маса наважки рослинного матеріалу в грамах [29].

**Методика визначення вмісту моносахаридів та дисахаридів у рослинному матеріалі**

Розчинні вуглеводи є незамінним компонентом будь-якої тканини рослини. Кількісний та якісний склад цукрів у різних рослин може варіюватись в широких межах. У коренеплодах цукрового буряку накопичується 19–21 % цукрів, представлених переважно сахарозою. Ягоди винограду містять 20–30 % цукрів, що складаються майже виключно із глюкози і фруктози. Багато цукрів є в персиках, яблуках, сливах, цитрусових і ягідних культурах. У всіх рослин, особливо у ягідних культур (суниці, малина, вишня, хурма), відносний вміст моносахаридів і сахарози зазнає значних коливань [48].

На цукристість і співвідношення різних цукрів у плодах чинять вплив різноманітні фактори – зволоженість ґрунту, температура, кількість внесених мінеральних добрив, тривалість світлового періоду тощо. Через це, при оцінці цукристості різних плодів та сортів однієї рослини необхідно враховувати дані фактори, щоб співставити лише порівнювані між собою об’єкти.

Більша частина цукрів знаходяться у клітинному соці і одним зі способів оцінки зразків є аналіз соку рослин. Цукри легко розчиняються у воді. Тому на цій властивості побудовано їх виділення з рослин і переведення у водну витяжку. Найбільш класичний хімічний метод кількісного визначення цукрів, що володіють вільною альдегідною або кетонною групою, заснований на здатності цих функціональних груп відновлювати в лужному середовищі окисну мідь в окис міді.

Цукри, що мають таку властивість, називаються відновлюючими. До них відносяться всі моносахариди та деякі дисахариди, що мають одну вільну групу (мальтоза, лактоза). Сахароза та інші олігоцукри у яких зв’язані обидві карбоксильні групи, потребують попереднього гідролізу кислотою або ферментом.

Для визначення вмісту моносахаридів та дисахаридів у рослинному матеріалі необхідно **з**важити 5 г досліджуваного матеріалу, подрібнити і розтерти до гомогенної маси у фарфоровій ступці з невеликою кількістю води, нагрітої до 70 °C. Розтерту масу перенести в конічну колбу на 100 мл, об’єм витяжки довести до 50 мл гарячою водою дистильованою і залишити га 10 хв для екстракції. Після закінчення вказаного часу екстракт охолодити, профільтрувати через воронку Шотта і перенести витяжку в мірну колбу. За необхідності довести об’єм водою до 50 мл.

 Потім обов’язково провести освітлення витяжки у випадку мутних екстрактів. Для цього в теплу, не доведену до кінцевого об’єму витяжку додати по каплям 10% розчин оцтовокислого свинцю до утворення осаду. Зазвичай, на витяжку, отриману з наважки 10г необхідно додати 0,5-2 мл розчину оцтовокислого свинцю. Надлишок солі свинцю потрібно уникати, оскільки він проходить через фільтр і заважає ходу аналізу. Освітлену витяжку відфільтрувати і довести водою до 50 мл.

Оптичну щільність досліджуваних розчинів необхідно реєструвати на спектрофотометрі при довжині хвилі λ = 582 нм.

Вміст цукрів у пробах можна визначити за калібрувальною кривою. Для цього потрібно приготувати 50 мл розчину, що містить 10 мг/мл глюкози, потім методом розведення отримати решту розчинів.

Для визначення оптичної щільності (D582) даних розчинів попередньо провести реакції з гліцератом міді, аналогічно попереднім зразкам [29].

Кількість відновлюючих цукрів у досліджуваному зразку вирахувати за формулою:

 $A=\frac{c ∙V}{m} ∙100 \% , $ (2.2)

де с – вміст цукрів у пробі;

V – об’єм витяжки, одержаної з наважки;

m – маса наважки в грамах.

За цією формулою розрахувати суму цукрів.

**Визначення «сирої» клітковини за методом Генненберга й Штомана**

Одним з показників високої якості продуктів рослинного походження є вміст клітковини. Вміст клітковини у рослинних тканинах залежить від багатьох природніх факторів і дозволяє використовувати певні культури (коноплі, льон, бавовник) у виробництві тканин. Наприклад, волокна конопель стійкі до гниття у воді, тому з них виробляють троси для кораблів. Разом з клітковиною у рослинах містяться лігнін, геміцелюлоза та інші речовини, які також виявляють стійкість до різноманітних чинників середовища [53]. Таким чином, доцільно визначати сиру клітковину, яка має включення інших речовин.

Основа методу полягає у процесі гідролізу сірчаною кислотою деяких вуглеводів, а також процесу розчинення алкалоїдів, мінеральних солей та ін. Потім відбувається процес омилення та емульгації жирів, екстрагування восків, смол та інших речовин. Після того, як відбудуться ці процеси, можна визначати рівень сирої клітковини.

 Для визначення «сирої» клітковини за методом Генненберга й Штомана потрібно взяти 5 грамів сухої, ретельно подрібненої наважки, помістити у скляну ємність 300–400 мл, налити до наважки 200 мл розчину сірчаної кислоти. Вміст скляної ємності нагрівають і кип’ятять на слабкому вогні 30 хв. Рівень кислоти визначається лакмусовим папірцем. Для того, щоб не підвищувався рівень кислоти, потрібно доливати гарячу воду до відповідного рівня. Щоб запобігти пригоранню вмісту до внутрішньої поверхні склянки, потрібно періодично помішувати її вміст скляною паличкою.

Після кип’ятіння склянку знімають з вогню і залишають на 5 хв. для утворення осаду, потім рідину відсмоктують використовуючи вакуум.

Для того, щоб виконати фільтрування потрібні колби Бунзена, лійки Джандієрі та водоструминний насос. Потрібно з’єднати насос та трубку лійки. Потім покласти зволожений фільтрувальний папір на пластинку лійки, забезпечивши щільне прилягання, провести фільтрування. Після того, як сірчану кислоту буде прибрано, у колбу додають воду до відповідного рівня та продовжують роботу поки фільтрат не стане нейтральним.

Після вилучення води у ємність вливають 200 мл 1,25%-го лужного розчину та кип’ятять протягом 30 хвилин. Після нагрівання охолоджують для прискорення процесу фільтрування. Вилучають залишок лугу.

Увесь осад переносять на зважений фільтр, декілька разів перемивають водою, потім етанолом і сірчаним ефіром. Осад на фільтрі переміщують в бюкс та висушують у сушильній шафі за температури 100–105 °C, до одержання сухої маси.

Вміст клітковини визначають за формулою:

 $х=\frac{а ∙100}{m},$ (2.3)

де x – вміст клітковини у %;

a– маса сирої клітковини у грамах;

m – маса досліджуваної речовини у грамах;

100 – значення, для переведення у відсотки [29].

**Методика визначення вмісту каротиноїдів у рослинному матеріалі**

Відібрати 0,5 г наважки та помістити в колбу об’ємом 0,1 дм³ та перемішують у попередньо нагрітому до 40°C спирті, до повного розчинення. Після розмішування розчин охолодити до 20 °C та довести до поділки на колбі, перемішати.

Оптичну щільність виміряють наступним чином: частину проби наливають в кювету, поміщують у спеціальний відсік спектрофотометра. Довжина хвилі 0,45 мкм. Розчинником є сам розчин для порівняння.

Вміст каротиноїдів в мг % (Х) в перерахунку на β-каротин визначається за формулою:

 $х= \frac{D ∙100 ∙10}{a ∙2500},$ (2.4)

де D – оптична щільність розчину;

а – наважка г;

100 – розведення в мл;

2500 – показник екстенції;

10 – вміст β-каротину в 1мл 1% розчину в мл в спирті [20].

**Методика визначення вмісту крохмалю у рослинному матеріалі**

В основі методу лежить здатність крохмалю розчинятись у саліциловій кислоті. Після цього вміст крохмалю визначають за інтенсивністю синього забарвлення реактивом І-КІ.

Реактиви:

* 0, 1 н. НСІ;
* 2, 5 грамів саліцилової кислоти розчинити в 25 мл 96% C2H5OH, довести дистильованою водою до об’єму 1 л. У випадку утворення пластівців, розчин потрібно нагріти до повного розчинення саліцилової кислоти.
* Для приготування розчину І-КІ потрібно розчинити у 2 мл дистильованої води 200 мг йодистого калію, внести до розчину 100 мг кристалічного йоду, розмішувати до повного розчинення. Потім перенести розчин до мірного циліндра і довести за допомогою дистильованої води до 90 мл.

Для визначення вмісту крохмалю у рослинному матеріалі необхідно ретельно подрібнити зерно, відібрати 300 мг наважки, насипати в колбу об’ємом 100 мл та залити 20 мл саліцилової кислоти. До колби під’єднують пробку зі зворотнім холодильником, тримають у водяній бані 45 хвилин, періодично розмішуючи вміст колби. Після цього дати суміші охолонути і долити таку кількість саліцилової кислоти, щоб довести вміст колби до 100 мл. Потім знову розмістити колбу над паровою банею і вже гарячу витяжку відфільтрувати через подвійний складчастий фільтр. Далі до мірної колби об’ємом 100 мл вливають 10 мл фільтрату, 70 мл дистильованої води, 15 мл 0,1 розчину НСІ, 2 мл реактиву І-КІ, довести дистильованою водою до мітки. Вимірювання проводять використовуючи червоний світлофільтр і знаходять оптичну щільність розчину. Для розрахунку вмісту крохмалю потрібно користуватись калібрувальним графіком [29].

Статистична обробка результатів

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). Статистична оцінка проводилась за t-критерієм Стьюдента при рівні значимості р ± 0,05.

**РОЗДІЛ III. ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТОМ ПОЛІМІКСОБАКТЕРИН ТА ІМУНОПРОТЕКТОРОМ BAI-SI НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА КУКУРУДЗИ**

Кукурудза – одна з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі, в тому числі й в Україні. Кукурудза за своїми біологічними властивостями широко використовується не тільки у галузі тваринництва, але й у харчовій та фармацевтичній промисловості, для виробництва біопалива.

Якість продукції зазначеної культури залежить від сукупного поєднання погодно – кліматичних, ґрунтових факторів та технології вирощування. Сучасні технологічні прийоми вирощування кукурудзи передбачають використання регуляторів росту рослин, що поліпшують хімічний склад зерна зазначеної культури [7].

Насіння є основною і життєво важливою складовою стійкого росту продуктивності сільського господарства, оскільки більше 90 % продовольчих культур вирощуються із насіння. Тому одним із ефективних способів впливу на процеси росту і розвитку рослини, формуванню стійкості до різноманітних стресових факторів зовнішнього середовища, включаючи хімічні, фізичні та біологічні, є саме передпосівна обробка насіння препаратами біологічно активних речовин [15].

Нами було вивчено біохімічні показники зерна кукурудзи за передпосівної обробки насіння біопрепаратом Поліміксобактерин та імунопротектором ВАІ-Sі.

Вміст перетравного протеїну в зерні кукурудзи є одним із головних показників товарної та технологічної цінності. Зерно кукурудзи має низький вміст білка. Однак, цей показник значною мірою залежить від мінерального живлення і оптимального освітлення.

У результаті проведених досліджень було продемонстровано зростання вмісту білка в зерні кукурудзи в 2,6 і 3,7 рази за передпосівної обробки насіння кукурудзи препаратами «Поліміксобактерин» і ВАІ-Si порівняно з контролем (табл. 3.1, рис. 3.1) відповідно. Таке збільшення білку під дією зазначених препаратів можна пояснити тим, що до Поліксобактерину входять фосфатмобілізувальні бактерії Paenibacillus polymyxa, що є активними продуцентами екзополісахаридів. Зазначені полісахариди збільшують вміст в клітинах гваякол залежної і о-фенілен залежної пероксидаз, що стимулюють синтез білків у клітинах рослин [30]. Тоді, як BAI-Si – це хелатний комплекс необхідного біогенного металу кремнію у формі водного розчину, складові якого активізує біосинтез протеїнів [58]. У процесі зберігання відбувається зниження вміст білку у всіх досліджуваних варіантах, що пов’язане з гідролізом білку в процесі зберігання. Найінтенсивніше втрачає білок зерно контрольного варіанту, а найменші втрати білку спостерігаються в зерні за передпосівної обробки Поліміксобактерином.

Таблиця 3.1.

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст білку у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сирої маси | % доконтролю | мг/г сироїмаси | % доконтролю | % до2019 року |
| Контроль | 1,48±0,51 | 100,0 | 1,02±0,16 | 100,0 | 69,0 |
| Поліміксобактерин | 3,98±0,51\*Р≤0,02 | 268,9 | 3,41±0,29\*Р≤0,02 | 334,3 | 85,6 |
| BAI-SI | 5,56±1,50\*Р≤0,05 | 375,7 | 4,63±0,42\*Р≤0,02 | 453,9 | 83,3 |

Примітка. \*- різниця достовірна порівняно з контролем.



Рис. 3.1. Зміни вмісту білку у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

Вміст водорозчинних цукрів у зерні гібридів кукурудзи цукрової є важливою ознакою, що визначає смакові якості. Вміст моносахаридів в зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 зростає за обробки досліджуваними препаратами порівняно з контрольною групою рослин (табл. 3.2, рис. 3.2.). Так, вміст моносахаридів в зерні кукурудзи зростає в 2,9 і 2,2 рази відповідно за передпосівної обробки препаратами «Поліміксобактерин» і ВАІ-Si. Стимулюючу дію Поліксобактерину відносно зазначеного показника можна пояснити тим, що бактерії Paenibacillus polymyxaу у ризосфері рослин перетворюють складні сполуки ґрунту на прості, доступні для живлення рослин, збільшують розміри кореневої системи, поліпшують фосфорне живлення. Фосфор, як компонент ключових біомолекул (нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, АТФ та ін.), пов’язаний із системами перетворення енергії в живій клітині, стимулює інтенсивність фотосинтезу і дихання, що призводить до зростання вмісту моносахаридів у насінні кукурудзи [62]. Органічний кремній імунопротектора ВАІ-Si приймає участь у процесах фосфорилювання вуглеводів. Це посилює синтез простих цукрів і сприяє підвищенню цукристості зерна кукурудзи [58]. У процесі зберігання вміст моносахаридів у контрольній групі не змінюється, водночас відбувається підвищення водорозчинних цукрів за передпосівної обробки біопрепаратом Поліміксобактерином і імунопротектором ВАІ-Si, що безпосередньо поліпшує смакові якості зерна кукурудзи.

Вміст дисахаридів у зерні кукурудзи також зростає в 1,8 і 2,4 рази відповідно за передпосівної обробки препаратами «Поліміксобактерин» і ВАІ-Si (табл. 3.3, рис. 3.3). В процесі зберігання вміст дисахаридів у зерні гібриду цукрової кукурудзи не змінюється.

Таблиця 3.2

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст моносахаридів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сирої маси | % доконтролю | мг/г сирої маси | % до контролю | % до2019 року |
| Контроль | 139,00±65,87 | 100,0 | 147,9±53,75 | 100,0 | 106,4 |
| Поліміксобактерин | 410,00±31,03\*Р≤0,01#Р≤0,1 | 294,9 | 492,5±27,06\*Р≤0,01 | 333,0 | 120,0 |
| BAI-SI | 304,80±38,81\*Р≤0,05 | 219,3 | 378,20±26,11\*Р≤0,05 | 255,7 | 124,0 |

Примітка. \* - достовірно порівняно з контролем; # - достовірно порівняно з групою рослин, яким проводили передпосівну обробку препаратом «Поліміксобактерин».



Рис. 3.2. Зміни вмісту моносахаридів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

Таблиця 3.3

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст дисахаридів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сироїмаси | % доконтролю | мг/г сироїмаси | % доконтролю | % до2019 року |
| Контроль | 261,44±91,87 | 100,0 | 284,24±78,79 | 100,0 | 108,7 |
| Поліміксобактерин | 467,02±83,31\*Р≤0,05 | 178,6 | 511,13±33,17\*Р≤0,05 | 179,8 | 109,4 |
| BAI-SI | 627,76±137,07\*Р≤0,1 | 240,1 | 665,66±23,21\*Р≤0,1#Р≤0,1 | 234,2 | 106,0 |

Примітка. \* - різниця достовірна порівняно з контролем. # - достовірно порівняно з групою рослин, яким проводили передпосівну обробку препаратом «Поліміксобактерин».



Рис. 3.3. Зміни вмісту дисахаридів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

У той же час вміст крохмалю в зерні кукурудзи знижується на 10,5% і 16,5% відповідно за передпосівної обробки препаратами Поліміксобактерин і ВАІ-Si (табл. 3.4., рис. 3.4.). Зростання вмісту моносахаридів може бути пов’язане із розщепленням крохмалю в насінні. Найінтенсивніше розщеплення крохмалю відбувається зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 за передпосівної обробки зерна кукурудзи BAI-SI.

Таблиця 3.4.

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст крохмалю у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сирої маси | % доконтролю | мг/г сирої маси | % доконтролю | % до2019 року |
| Контроль | 594,67±36,9 | 100,0 | 559,67±40,11 | 100,0 | 94,1 |
| Поліміксобактерин | 532,33±31,06\*Р≤0,1 | 89,5 | 479,23±18,67\*Р≤0,1 | 85,6 | 90,0 |
| BAI-SI | 496,67±33,89\*Р≤0,1 | 83,5 | 434,34±30,97\*Р≤0,1# Р≤0,1 | 77,6 | 87,5 |

Примітки: \* - достовірно порівняно з контролем; # - достовірно порівняно з групою рослин, яким проводили передпосівну обробку препаратом «Поліміксобактерин»



Рис. 3.4. Зміни вмісту крохмалю у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

Гібриди цукрової кукурудзи є цінною сировиною для консервної та переробної промисловості, виробництва різноманітних продуктів харчування, попит на які невпинно зростає. Маючи високу поживну цінність, цукрова кукурудза володіє також дієтичними та лікувальними властивостями. Для оцінки зазначених властивостей кукурудзи, необхідно враховувати значення клітковини та її компонентів (целюлози, геміцелюлози, лігніну) – складників оболонок рослинних клітин. Адже, клітковина є стимулювальним фактором моторної функції травного тракту, а також активної дії травних ферментів Вона підтримує нормальну мікрофлору в кишечнику, виводить із організму токсини та шлаки. Клітковина дуже важлива для підтримання нормальної ваги тіла людини [16].

З’ясовано, що у зерні кукурудзи гібриду Дніпровський 196 СВ у контролі вміст клітковини складав 2,24 %. Передпосівна обробка насіння кукурудзи ВАІ-Si і Поліміксобактерином виявила високу ефективність і дозволила збільшити вміст клітковини до 2,84 % та 2,72 %, що перевищило показники контролю на 26,8 % та 21,2 % відповідно (табл. 3.5, рис. 3.5.). Вміст клітковини в процесі зберігання зменшується, що негативно впливає на подовження терміну зберігання зерна кукурудзи. Оскільки зерно кукурудзи із меншим вмістом клітковини швидше вражається шкідниками та грибковими захворюваннями.

Таблиця 3.5

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст клітковини у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сирої маси | % доконтролю | мг/г сирої маси | % доконтролю | % до2019 року |
| Контроль | 2,24±0,18 | 100,0 | 2,10±0,11 | 100,0 | 93,75 |
| Поліміксобактерин | 2,72±0,27\* | 121,4 | 2,29±0,08\* | 109,0 | 84,2 |
| BAI-SI | 2,84±0,24\* | 126,7 | 2,42±0,09\* | 115,2 | 85,2 |

\*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем (р<0,05)



Рис. 3.5. Зміни вмісту клітковини у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

Каротиноїди являють собою широко розповсюджений клас жовтих, помаранчевих або червоних пігментів, виявлених у природі. У рослинному організмі каротиноїди беруть участь в організації і функціонуванні основних комплексів реакційних центрів фотосистем, у той час як ксантофіли задіяні в організації допоміжних світлозбиральних комплексів фотосистем [86]. Каротиноїди – нестабільні з’єднання, що деградують за впливу високих температур, світла та наявності кисню. Каротини можуть перетворюватись на вітамін А, попередниками якого є α-каротин, β-каротин і β-криптоксантин. Одна молекула β-каротину може перетворитись у дві молекули вітаміну А. Каротиноїди відіграють важливу роль в підтриманні здоров’я людини за рахунок антиоксидантної активності та як попередники вітаміну А [87].

Вміст сумарних каротиноїдів у зерні кукурудзи не змінювався залежно від того, чи проводилась передпосівна обробка насіння та тривалості зберігання (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Вплив передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si на вміст каротиноїдів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Варіант | 2019 р. | 2020 р. |
| мг/г сирої маси | % доконтролю | мг/г сирої маси | % доконтролю | % до2019 року |
| Контроль | 2,15±0,26 | 100,0 | 2,19±0,24 | 100,0 | 101,9 |
| Поліміксобактерин | 2,10±0,13 | 97,7 | 2,52±0,37 | 115,0 | 120,0 |
| BAI-SI | 2,47±0,37 | 114,8 | 2,93±0,43 | 133,8 | 118,6 |



Рис. 3.6. Зміни вмісту каротиноїдів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196 у процесі зберігання у 2020 році за передпосівної обробки насіння Поліміксобактерином і ВАІ-Si

Отже, у технології вирощування кукурудзи доцільно впроваджувати агроприйоми, що передбачають передпосівну обробку насіння мікробним препаратом Поліміксобактерин та імунопротектором ВАІ-Si. Зазначений агроприйом призводить до збільшення вмісту білка, клітковини, цукрів в зерні кукурудзи, що є важливим показником з точки зору її харчової цінності. Також, під впливом зазначених препаратів в процесі зберігання відбуваються незначні втрати білку та підвищується вміст цукрів у зерні гібриду кукурудзи Дніпровський СВ 196. Зменшення вмісту клітковини у зерні кукурудзи зазначеного гібриду вказує на те, що термін зберігання зерна зазначеного гібриду не повинен перевищувати 2 роки.

Таким чином, Поліміксобактерин та BAI-SI є перспективними препаратами при вирощуванні гібридів кукурудзи.

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

Матеріали магістерської роботи можуть бути використані у 6 класі при вивченні теми «Рослини». В межах даної теми можна розглянути будову насінини на прикладі зернівки. На уроці потрібно розглянути особливості будови насінини, звернути увагу на складові зародкового корінця, ендосперму, пояснити функції шкірочки, з’ясувати значення насінини в житті рослин. В межах даної теми також розглядають різноманітність рослин, зокрема сільськогосподарські культури. Під час проведення уроку варто наголосити на тому, що саме сільськогосподарські культури забезпечують людей продуктами харчування, зокрема найважливіше значення мають зернові культури, що використовуються людиною не лише в харчовій промисловості, а також у виробництві ліків та непродовольчих товарів. Також, під час вивчення теми «Рослини» потрібно дати загальну характеристику Класу Однодольні на прикладі злакових рослин, зокрема кукурудзи, як представника родини. Варто наголосити на основних ознаках класу: будова зародку, коренева система, розріз стебла, жилкування листків.

Матеріали магістерської роботи можна також використати у 11 класі при вивченні теми «Фітогормони. Регуляція надходження і виділення речовин. Механізми захисту рослин для збереження гомеостазу».

У ході вивчення навчального матеріалу зазначеної теми варто розглянути, яким чином відбувається надходження води, поглинання мінеральних речовин, надходження газів. Також, необхідно сформулювати уявлення про шляхи регулювання газообміну, звернути увагу на роль продихів у процесі газообміну, розповісти про фізіологічну дію та значення фітогормонів, як речовин за допомогою яких регулюються всі процеси, що відбуваються в рослинному організмі. При цьому важливо наголосити на тому, що існують штучні аналоги фітогормонів, застосовуючи які можливо покращувати та підвищувати якість та врожайність рослин. Тому, знаючи всі тонкощі процесу регуляції рослин, за допомогою синтетичних регуляторів росту, люди впливають на ці процеси і отримують бажаний результат в ході вирощування рослинних культур.

**План-конспект уроку на тему: «Регуляція у рослин. Фітогормони. Регуляція надходження і виділення речовин. Механізми захисту рослин для збереження гомеостазу» (11 клас)**

**Мета:**

* сформулювати в учнів уявлення про шляхи надходження й виділення речовин у рослинному організмі;
* охарактеризувати основні групи природних регуляторів росту та особливості їх фізіологічної дії;
* з’ясувати механізм захисту рослин від патогенних організмів;
* ознайомитись із способами збереження гомеостазу рослин в несприятливих умовах навколишнього середовища;
* встановити особливості застосування синтетичних регуляторів росту рослин у ході вирощування сільськогосподарських культур;
* продовжувати формувати науковий світогляд;
* розвивати навички раціонального природокористування, критичного мислення, вміння встановлювати причинно – наслідкові зв’язки, самостійно працювати з літературою;
* виховувати дбайливе ставлення до природи та її ресурсів.

**Методи і методичні прийоми:** бесіда, пояснення.

**Тип заняття:** урок-лекція.

**Наочність і обладнання:** робочий зошит, підручник, таблиці.

**Хід уроку**

**І. Вступна частина**

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

Мета: охарактеризувати основні групи природніх регуляторів росту, з’ясувати їх значення у процесах життєдіяльності рослин.

Література:

1. Задорожний К.М. Біологія і екологія (профільний рівень): підруч. для 11 кл. закл. загальн. серед. освіти / К.М. Задорожний, О. М. Утєвська, Д. В. Лєонтьєв. – Харків: Вид – во «Ранок», 2019 – 240 с.
2. Зінченко О.І. Біологічне рослинництво / О.І. Зінченко, О.С. Алексєєва, П.М. Приходько. – К.: Вища шк., 1996 – 239 с.
3. Пономаренко С.П. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування / С.П. Пономаренко. − Захист рослин, №12., 1999 – 15 с.
4. Третьяков М. М. Фізіологія і біохімія сільськогосподарських рослин / М.М. Третьяков. – М.: Колос, 2000 – 320 с.

План

1. Регуляція надходження й виділення речовин;
2. Фітогормони:
	1. Ауксини;
	2. Цитокініни;
	3. Гібереліни;
	4. Етилен;
	5. Абсцизова кислота.
3. Збереження гомеостазу в несприятливих умовах;
4. Механізм захисту від шкідників.

**ІІ. Основна частина**

Розповідь учителя з елементами бесіди:

* *Згадайте, які процеси регулюють життєдіяльність рослин?*
1. Регуляція надходження й виділення речовин

Надходження у рослину води, разом з розчиненими в ній мінеральними речовинами відбувається за допомогою спеціальних волосків, які знаходяться у всисній зоні кореня.

* *За яким законом відбувається цей процес?* Відповідно за законами осмосу вода надходить через кореневу систему у всі частини рослини.

Для повноцінного функціонування рослинного організму в ньому відбувається ряд процесів:

Таблиця 4.1

Таблиця «Регуляція надходження й виділення речовин» [79]

|  |  |
| --- | --- |
| Процес | Характеристика |
| Поглинання мінеральних речовин | Відбувається шляхом активного транспорту. Перенесення йонів крізь цитоплазматичну мембрану всередину клітин кореневих волосків проти градієнта концентрації і електричного потенціалу, тому на цей процс витрачається енергія. |
| Надходження газів (CO2, О2) | Надходження газів головним чином відбувається через продихи. Для дихання рослини також використовуютьО2 , утворений у процесі фотосинтезу й накопичений у міжклітинниках. |
| Інтенсивність газообміну | Регулюється закриттям та відкриттям продихів. На світлі в замикаючих клітинах продихів збільшується вміст цукрів і йонів Калію, що зумовлюють підвищення осмотичного тиску й надходження води. Тургорний стан змінюється і продихи відкриваються. |
| Виділенняв рослин | Відбувається за допомогою коренів, листків, а також клітин спеціальних видільних тканин. Багато продуктів метаболізму можуть накопичуватись у корі або листках, які періодично скидаються. |

1. Фітогормони

Вище зазначені та будь – які інші процеси, що відбуваються в організмі рослин, регулюються за допомогою органічних речовин – фітогормонів.

* *Пригадайте, які речовини називають фітогормонами?*

Фітогормони – сполуки органічного походження, які виробляються рослинним організмом і регулюють всі процеси росту и розвитку. Вони здатні виявляти свою дію при дуже низькій концентрації, забезпечуючи таким чином взаємодію між клітинами, органами або навіть окремими організмами, а також підвищувати стійкість та опірність рослин [73].

* *Які функції виконують фітогормони?*

Сповільнюють або прискорюють ростові процеси. Регулюють процес квітування та дозрівання плодів та насіння. Підсилюють адаптивну здатність рослин до дії біотичних та абіотичних факторів [74].

* *На які групи поділяються фітогормони?*

Всі фітогормони поділяються на стимулятори, які підсилюють та зумовлюють різні процеси та інгібітори, які сповільнюють або призупиняють метаболічні процеси. Але повноцінно існувати рослина може лише при збалансованій та врівноваженій дії всіх фізіологічно активних речовин [3].

*Групи фітогормонів:*

* Ауксини;
* Цитокініни;
* Гібереліни;
* Етилен;
* Абсцизова кислота.
	1. Фізіологічні функції ауксину

Ауксини – речовини, що виробляються в клітинах рослини та каталізують процеси росту.

Дані сполуки стимулюють ризогенез, розвиток камбію, розростання завязі партенокарпічних плодів. Концентруючись на верхівці пагона, регулюють процеси фототропізму у пагонів або геотропізму верхівки кореня.

Ауксини найчастіше застосовують для укорінення живців [10].

* *Дайте визначення поняттям: ризогенез, фототропізм, геотропізм?*

2.2 Фізіологічні функції цитокініну

Цитокініни – незамінна складова комплексу фітогормонів, що регулюють клітинні процеси, а саме диференціацію та поділ [65].

* *Які функції виконують цитокініни?*

Забезпечують обмін речовин між кореневою та наземною частинами рослин, особливо у стані стресу, викликаного негативними факторами навколишнього середовища. Навесні виводять бульби, насіння, бруньки зі стану спокою, а також підвищують енергію проростання.

Цитокініни здатні сповільнювати процеси розпаду хлорофілу, тому можливо припустити, що вони приймають участь у роботі ФСА рослин.

Екзогенне застосування штучних аналогів позитивно впливає на підвищення якості та врожайності зернових, зернобобових та інших сільськогосподарських культур [51].

2.3 Фізіологічні функції гіберелінів

Гібереліни – це фітогормони природнього походження, що можуть синтезуватись в меристематичних клітинах рослин (молоді пагони, листки, коріння). Існують також і синтетичні, штучно створені аналоги природніх гіберелінів.

* *Яку функцію виконують гібереліни в організмі рослин?*

Окрім здатності регулювати поділ клітин, вони також стимулюють ріст меживузлів, процес цвітіння, опилення, формування зав’язі та проростання насіння. Дані фітогормони ефективно підвищують інтенсивність фотосинтезу і транспірації.

Властивість гіберелінів впливати на проростання насіння, ріст зародку, набула застосування у пивоварінні, для підвищення інтенсивності проростання ячменю й одержання солоду [77].

* *Згадайте, як відбувається процес транспірації?*

2.4 Фізіологічні функції етилену

* *Поміркуйте, для чого зелені томати складують разом зі стиглими, червоними томатами?*

Етилен – це безбарвна газоподібна речовина, що має слабко виражений запах. Етилен відноситься до групи ненасичених вуглеводнів. Приймає участь у формуванні захисних реакцій, призупиняє процеси росту, стимулює руйнування пігменту хлорофілу, дозрівання плодів, старіння листків. Були проведені дослідження, результати яких говорять про негативний вплив етилену на утворення бульбочок у бобових рослин [40].

2.5 Фізіологічні функції абсцизової кислоти

* *Поміркуйте, навіщо дерева, які формують листяну крону, скидають листя восени?*

Абсцизова кислота – речовина, що діє, як інгібітор широкого спектру дії. Її фізіологічна дія спричиняє перехід рослинного організму у період спокою, впливаючи на швидкість достигання плодів та опадання листя, а також підвищує стійкість рослин до заморозків. У разі несприятливих умов, наприклад весняних заморозків, призупиняє розкриття бруньок [38].

3. Збереження гомеостазу в несприятливих умовах

Для підтримання гомеостазу особливе значення мають саме фітогормони, за допомогою яких рослини виявляють свою адаптивну здатність до змін навколишнього середовища [77].

Забезпечення рівноваги життєвих функцій у стресових ситуаціях можливе через зміну інтенсивності життєвих процесів. Нестача вологи, мінеральних речовин, дія екстремально низьких або високих температур призводять до стресового стану організму. Наприклад, деякі рослини скидають листя, впадають в період спокою тощо [39].

* *Дайте визначення таким поняттям, як «гомеостаз» та «стрес»*
* Механізм захисту від шкідників
* *Чому не варто пошкоджувати цілісність кори дерев?*

Для власного захисту у рослин сформовані покривні тканини, які є надійним бар’єром. Утворення кори, кутикули, воскового шару захищають організм від потрапляння до тканин патогенів. Якщо відбувається потрапляння спор грибів або бактерій у тканини, то виникають захворювання. У такому разі виробляються фітонциди – органічні речовини, які пригнічують розвиток хвороботворних організмів. Більшість рослин виділяють леткі фітонциди, що впливають на мікроорганізми на відстані [79]. Недарма оздоровчі санаторії будують серед хвойних лісів. Наприклад, у місті в 1 м³ повітря міститься більше 30 тис. патогенних мікроорганізмів, тоді як у сосновому лісі близько 250 на 1 м³ повітря [27].

**ІІІ. Підбиття підсумків**

Таким чином, фітогормони – це речовини, які забезпечують процеси росту і розвитку, а також підтримують оптимальний рівень гомеостазу в рослинному організмі.

**ВИСНОВКИ**

1. Передпосівна обробка зерна Поліміксобактерином і ВАІ-Si підвищила вміст білку в зернівках кукурудзи в 2,6 і 3,7 рази порівняно з контролем. В процесі зберігання відбувається зниження вміст білку у всіх досліджуваних варіантах.
2. Вміст моносахаридів та дисахаридів в зерні кукурудзи зростає відповідно за передпосівної обробки препаратами «Поліміксобактерин» і ВАІ-Si. У процесі зберігання вміст моносахаридів у контрольній групі не змінюється, водночас відбувається підвищення водорозчинних цукрів за передпосівної обробки зазначеними препаратами.
3. Передпосівна обробка насіння кукурудзи ВАІ-Si і Поліміксобактерином дозволила збільшити вміст клітковини у зерні гібридів цукрової кукурудзи. Вміст сумарних каротиноїдів у зерні кукурудзи не змінювався залежно від того, чи проводилась передпосівна обробка насіння та тривалості зберігання.
4. Поліміксобактерин та BAI-SI є перспективними препаратами при вирощуванні гібридів кукурудзи.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

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. Бурчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 74–75.
5. Вакуленко В. В., Шаповал О. А. Регуляторы роста растений. *Защита и карантин растений*. 2000. № 11. С. 41–42.
6. Вилесов Г. И., Дульнев П. Г., Давыдова О. Е. Эффективность применения новых регуляторов роста растений в сельском хозяйстве и лесоразведении. Москва: Российская академия с/х наук. 1999. 164 с.
7. Влащук А. М., Колпакова О. С. Вдосконалення елементів технології вирощування нових гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Актуальні питання вирощування сільськогосподарських культур у південному регіоні України*: матеріали наук.-практ. конф., м. Херсон, 2014 р. Херсон, 2014. С. 25–26.
8. Влащук А.М., Дробіт О.С. Динаміка висоти рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення. *Селекція, генетика та технологія вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. Центральне. 2018. С. 15.
9. Волкогон В. В., Волкогон М. В., Дімова С. Б. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / за ред. В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 463 с.
10. Волкогон В. В., Сальник В. П. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2005. № 3. С. 187–197.
11. Волкогон В., Толмакова Л., Москаленко А. Поліміксобактерин у поміч кукурудзі та соняшнику. *Аграрний тиждень*. Україна. 17 березня 2020.
12. Гаврилюк М. М. Наукові й організаційні засади сучасного насінництва в Україні: дис. д-ра с.-г. наук: 06.01.14. О., 2003. 322 с.
13. Гамбург К. З., Кулаева О. Н., Муромцев Г. С. Регуляторы роста растений. Москва: Колос, 1979. 246 с.
14. Голик М. Г. Хранение и обработка початков и зерна кукурузы. Москва: Колос, 1968. 335 с.
15. Головко О. Високі врожаї завдяки вітчизняним біостимуляторам. *Урядовий кур’єр*, 1997. С. 9.
16. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини. Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. 736 с.
17. 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.
18. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно атиквні речовини в рослинництві: навч. посіб. Київ: ЗАТ Нічлава, 2008. 352 с.
19. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого грунту. Ч.2. Відкритий ґрунт. навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2008. 312 с.
20. Деева В. П. Ботаника: исследования. Выпуск 33. Минск: Право и экономика, 2005. 383 с.
21. Дериглазова Г. М. Влияние природных и антропогенных факторов на урожай и качество зерна ярового ячменя. *Земледелие*. 2012. № 6. С. 43–45.
22. Дериглазова Г. М., Митрохина О. А., Боева Н. Н. Значение некорневой обработки отдельными микроэлементами и комплексными удобрениями посевов зерновых культур. *Вестник Курской сельскохозяйственной академии*. 2011. № 3. С. 45–47.
23. Дериглазова Г. М. Значение способов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя в агроландшафте. *Вестник Курской сельскохозяйственной академии*. 2013. № 2. С. 38–41.
24. Дериглазова Г. М. Опыт возделывания ярового ячменя в Курской области. *Земледелие*. 2010. № 6. С. 6–9.
25. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход. Москва: Мир, 1985.
26. Душкин А. Н. Особенности сортовой агротехники гибрида Докучаевский. *Кукуруза*. 1981. № 1. С. 25.
27. Євтушенко М. Д., Лісовий М. П., Пантелєєв В. К., Слюсаренко О. М. Імунітет рослин. Київ: Колобіг, 2004. 304 с.
28. Євчук Л. А. До проблеми підвищення якості продукції аграрними підприємствами. *Агроінком*. 2007. № 9–10. С. 8–11.
29. Єщенко В., Копитко П., Опришко В., Костогриз П. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
30. Егоренкова И.В., Трегубова К.В., Коннова С.А., Бугреева Л.В., Игнатов В.В. Влияние экзополисахаридов бактерий Рaenibacillus polymyxa 1465 на рост и защитные реакции пшеницы. *Известия Саратовского университета.* Т.16. № 4. С. 414–420.
31. Зінченко О. І., Коротєєв А. В., Коленська С. М. Рослинництво: практикум. Вінниця: Нова Книга, 2008. 536 с.
32. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
33. Імунопротектор на основі кремнію - BAI-Sі. *Професійне насіння.* URL: <https://semena.in.ua/bai-si-immunoprotektor-na-osnove-kremniya-fasovka-25-ml> (дата звернення 15.04.2020).
34. Калiнiн Л. Ф. Застосування регуляторiв росту в сiльському господарствi. Київ: Урожай, 1989. 167 с.
35. Картель Н. А., Макеева Е. Н., Мезенко А. М. Генетика: Энциклопедический словарь. Минск: Белорусская наука, 2001. 992 с.
36. Керефова Л. Ю. Про вплив регуляторів росту на якісні показники зерна озимої пшениці. *Зерновое хазяйство.* 2004. № 4. С. 25.
37. Князюк О.В. Вплив агроекологічних факторів і технологічних прийомів на ріст, розвиток і формування продуктивності кукурудзи. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету.* Біла Церква, 2004. № 30. С. 59–65.
38. Косаківська І. В., Войтенко Л. В., Устінова А. Ю. Вплив короткочасних температурних стресів на вміст абсцизової кислоти у рослин із різними типами екологічних стратегій. *Український ботанічний журнал*. 2012. № 6. С. 926–933.
39. Косаківська І. В. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів. Київ: Сталь, 2003. 191 с.
40. Кравченко Л. О. Регулятори росту в умовах інтенсифікації виробництва. *Наукові основи ведення зернового господарства*. Київ: Урожай, 1994. С. 185–192.
41. Краснодемська З. Відкриття, що здивувало світ: (Регулятори росту створені українськими вченими, є найефективнішими). *Урядовий кур’єр*. 1999. 7 квітня. С. 8.
42. Кулаева О. Н. Этилен в жизни растений. *Соросовский образоват журнал*. 1998. № 11. С. 78–84.
43. Кулаева О. Н. Как регулируется жизнь растений. *Соросовский Образовательный журнал*. 1995. № 1. С. 20–27.
44. Куценко О. М., Писаренко В. М. Агроекологія: навч. вид. Київ: Урожай, 1995. 256 с.
45. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Найдьонов В.Г. Біоенергетична оцінка технології вирощування кукурудзи на зерно залежно від гібридного складу і режиму зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2008. № 56. С. 11–20.
46. Леопольд А. Ауксины. Рост и развитие растений. Москва: Наука, 1968. 494 с.
47. Либберт Э. Физиология растений. Москва: Мир, 1976. 580 с.
48. Лихочвор В. В. Застосування регуляторів росту рослин на посівах зернових культур. *Пропозиція*. 2003. № 4. С. 57.
49. Лихочвор В. В. Рослинництво: навч. посіб.Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 816 с.
50. Лукаткин А. С., Овчинникова О. В. Влияние препарата цитодеф на рост и холодоустойчивость теплолюбивых растений. *Агрохимия*. 2009. № 12. С. 32–38 .
51. Мананков М. К., Мусиенко Н. Н., Мазанкова О. П. Регуляторы роста растений и практика их пременения. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2002. 183 с.
52. Маслак О. Тенденції світового та внутрішнього ринків кукурудзи. *Пропозиція*. 2016. № 7. С. 4–8.
53. Мацебера А. Г. Замість пестицидів і важких металів – клітковина та білок: Прості й доступні питання підвищення якості зерна та збільшення його врожайності. *Зерно і хліб*. 2005. № 1. С. 44.
54. Мельник С. І. Сучасний стан та перспективи зростання продуктивності сортів та гібридів сільськогосподарських рослин в Україні. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів та природокористуванняУкраїни*. Сімферополь, 2009. № 127. С. 6–10.
55. Меркушина А. С. Фiторегулятори та мiкроелементи в захистi рослин. *Вiсник аграрної науки. Спец. Випуск*. 1999. С. 54–57.
56. Муромцев Г.С. Регуляторы роста растений. Москва: Колос, 1979. 211 с.
57. Оканенко А. С., Починок Х. Н., Голик К. Н., Смелянская Е. П. Фотосинтез и продуктивность в связи с водным режимом растений. Фотосинтез, рост и устойчивость растений. Київ: Наукова думка, 1971. С. 5–28.
58. Органічний кремній AGROGLASSURL. URL: <https://www.agroglass.com.ua/home/information> (дата звернення 24.06.2020).
59. Осокина Д. Кукурузный поток. Химия и жизнь. *Научно-популярный журнал Академии Наук СССР*. 1981. № 2. С. 37 – 40.
60. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство екології та природних ресурсів, Департамент екологічної безпеки. Київ: Юнівест Медіа, 2014. 832 с.
61. Писаренко П. В. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно в умовах півдня України. *Зрощуване землеробство*. 2007. № 48. С. 237–240.
62. 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) (дата звернення 10.03.2020).
63. Пономаренко С. П. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування. *Захист рослин*. 1999. № 12. С.15
64. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину (фізико-хімічні властивості й біологічна активність). К.: Техніка, 1999. 272 с.
65. Пономаренко С. П., Боровик Г. С. Регулятори росту рослин. *Захист рослин*. 1997. № 11. С. 2–5.
66. Радцева Г. Е., Радцев В. С. Физиологические аспекты действия химических регуляторов роста на растения. М.: Наука, 1982. 148 с.
67. Ракитин Ю. В. Управление жизнедеятельностью растений. М.: Знание, 1956. 54 с.
68. Скуротівська О. В., Білітюк А. П. Регулятори росту у формуванні врожайності. *Захист рослин*. 2000. № 10. С. 21–23.
69. Руденко Ю. М., Токар В. В. Биосил – регулятор роста растений: практикум. Київ: КНУ им. Т. Шевченка, 2013. 224 с.
70. Тимергалиев И. Ф. Хакимова Р. А., Глотова В. А. Технология возделывания пивоваренного ячменя в Среднем Поволжье. *Земледелие*. 2010. № 6. С. 15–18.
71. Товстуха Є. С. Фітотерапія. К.: Здоров'я, 1990. 304 с.
72. Третьяков М. М. Фізіологія і біохімія сільськогосподарських рослин: навч. посіб. Москва: Колос, 2000. 320 с.
73. Фізіологія рослин. Проблеми фітогормонології / за ред. К. М. Ситника. К.: Фітосоціоцентр, 2007. 420 с.
74. Харченко Ю. В., Харченко Л. Я. Теосинте – перспективна культура для селекції кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2010. № 4. С. 50–56.
75. Химическая защита растений / за ред. Т. С. Груздева. Москва: Агропромиздат, 1987. 415 с.
76. Циркон Макси – регулятор роста. *Ogorod.ua гарантия вашего урожая.*URL: <https://ogorod.ua/shop/12765/magazin/cirkon-maksi> (дата звернення 12.03.2020).
77. Чайлахян М. Х. Гормональная регуляция роста и развития высших растений. *Успехи современной биологии*. 1982. Т. 95, № 1. С. 23–34.
78. Чекуров В. М. Новые регуляторы роста растеней. *Защита и карантин растений.* 2003. № 9. С. 20–21.
79. Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Слепян З.И. Иммунитет растений к вредителям и болезням. Л.: Агропромиздат, 1986. 192 с.
80. Швартау В. В., Гуляев Б. И., Карлова А. Б. Особенности реакции растений на дефицит фосфора. *Физиология и биохимия культурных растений.* 2009. Т. 41. № 3. С. 208–220.
81. Шевелуха В. С. Регуляторы роста растений. М.: Агропромиздат, 1990. 185 с.
82. Шевченко А. О. Регулятори росту рослин у землеробстві. К.: Агроресурси, 1998. 43 с.
83. Шевчук О. В. Нова сила для захисту кукурудзи. *Агроном*. 2008. № 1. С. 120–121.
84. Шпаар Дитер. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. К.: Зерно, 2012. 462 с.
85. 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.
86. Hashimoto A., KoyamaY. The 2 Ag state of carotenoid bound to spinach chloroplast as revealed by picosecond transient Raman spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta.*1990. Vol. 1017, № 2. P. 181–186.
87. Vallabhaneni R., Wurtzel E. T. Timing and biosynthetic potential for carotenoid accumulation in genetically diverse germplasm of maize. *Plant Physiology*. 2009. Vol. 150, № 2. P. 562–572.