

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

**Кафедра рослинництва**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему:**

**«АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ОПТИМІЗАЦІЇ  
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
за ОПП Еколого-економічне рослинництво  
спеціальності 201 Агрономія  
Ступеня вищої освіти магістр  
денної форми навчання  
**Коротич Віталій Вікторович**

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

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

**Полтава – 2023 рік**





## ЗМІСТ

|                                                                                                                            | ст.       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....</b>                                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. ВЛАСТИВОСТІ КУКУРУДЗИ ТА РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЇЇ ПОСІВІВ.....</b>           | <b>9</b>  |
| 1.1. Властивості кукурудзи та її значення у народному господарстві.....                                                    | 9         |
| 1.2. Роль мінерального живлення у формуванні урожайності зерна кукурудзи                                                   | 17        |
| <b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>                                                                   | <b>22</b> |
| 2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень.....                                                        | 22        |
| 2.2. Погодні умови місця проведення досліджень .....                                                                       | 23        |
| 2.3. Методика проведення досліджень .....                                                                                  | 25        |
| 2.4. Агротехніка вирощування кукурудзи.....                                                                                | 26        |
| <b>РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ.....</b> | <b>29</b> |
| 3.1. Вплив мінерального живлення на початковий розвиток рослин кукурудзи.                                                  | 29        |
| 3.2. Інтенсивність ростових процесів кукурудзи залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.....     | 30        |
| 3.3. Вплив мінерального живлення на фотосинтетичну діяльність посівів кукурудзи.....                                       | 33        |
| 3.4. Вплив мінерального живлення на величину елементів продуктивності та урожайності зерна кукурудзи.....                  | 37        |
| <b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ.....</b>                                                  | <b>41</b> |
| <b>РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....</b>                                                                                | <b>43</b> |
| <b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>                                                                                       | <b>48</b> |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                                      | <b>52</b> |
| <b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>                                                                                       | <b>53</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>                                                                                | <b>54</b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>                                                                                                        | <b>63</b> |

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Кукурудза, як культура універсального використання відіграє ключову роль у підтриманні стабільного функціонування сільськогосподарства та промисловості. Обсяги споживання продукції даної культури на продовольчі цілі становлять 20 %, на технічні цілі – 15-20 %, на кормові цілі - 60-65 %. Серед сільськогосподарських культур кукурудза посідає перше місце за валовими зборами вирощеної продукції і друге місце - за посівними площами. Розширення посівних площ під кукурудзою обумовлено її перевагами в економічному та агротехнологічному відношенні. Для досягнення світового рівня врожайності є потреба у науковому обґрунтуванні і практичному пошуку шляхів підвищення продуктивності кукурудзи через реалізацію її генетичного потенціалу за рахунок удосконалення елементів технології вирощування.

Численні дослідження щодо визначення впливу екзогенних чинників середовища на формування продуктивності кукурудзи довели, що рівень потенційної урожайності її посівів може сягати 22 т/га, тим часом як величина середньої зернової продуктивності її посівів у виробничих умовах найчастіше не перевищує 7 т/га. Таким чином збільшення валових зборів зерна кукурудзи за рахунок удосконалення агротехнологічного процесу її вирощування набуває особливої актуальності.

**Актуальність теми.** Виробництво зерна кукурудзи пов'язано із високою складністю агротехнологічного процесу вирощування, енергозатратністю операцій, що проводяться та чітким дотриманням дисципліни у ході отримання зернової продукції. Разом з тим проведення певної агротехнологічної операції повинно враховувати потреби рослин у зв'язку із біологічними особливостями культури. Хімічні добрива забезпечують кореневу зону легкодоступними поживними речовинами, які піддаються втратам, тоді як біодобрива збільшують поглинання поживних речовин, фіксуючи вразливі до втрат поживні речовини із зовнішніх джерел (наприклад, азотфіксуючі бактерії) або

солюбілізуючи недоступні поживні речовини (наприклад, фосфор і калій-солюбілізуючі бактерії).

У дослідженні біодобрива були запропоновані як елементи технології, що забезпечують стале сільськогосподарське виробництво, оскільки вони є екологічно чистими та економічно ефективними матеріалами. Біодобрива визначаються як препарати, що містять живі мікроорганізми або латентні клітини, що мають потенціал до колонізації коренів сільськогосподарських рослин і сприяють їх росту шляхом покращення доступності та засвоєння поживних речовин.

**Мета і завдання дослідження.** За мету у дослідженні ставилася оптимізація проходження процесу формування продуктивності кукурудзи шляхом покращання поживного режиму рослин за рахунок підбору найбільш доцільної комбінації мінеральних добрив та біодобрив.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

- вивчити вплив мінерального удобрення та застосування біодобрив на темпи росту і розвитку рослин кукурудзи;
- визначити вплив мінерального удобрення на динаміку нагромадження надземної біомаси рослинами кукурудзи;
- дослідити зміни у формуванні листової поверхні посівів кукурудзи залежно від рівня їх мінерального удобрення;
- вивчити вплив досліджуваних факторів на величину елементів структури та урожайності зерна.
- обґрунтувати економічну доцільність застосування мінеральних добрив і біодобрив для підвищення урожайності кукурудзи.

*Об'єкт досліджень* – ріст і розвиток рослин, формування та величина листової поверхні, фотосинтетична продуктивність рослин, величина урожайності зерна залежно від рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

*Предмет досліджень* – кукурудза, мінеральні добрива, біодобрива, листкова поверхня, надземна маса рослин, продуктивність.

**Методи дослідження:**

польовий – для визначення впливу мікродобрив і регулятора росту рослин на ріст, розвиток рослин кукурудзи, формування їх продуктивності у посівах різної щільності.

лабораторний – для визначення посівних якостей насіння кукурудзи, динаміки накопичення сухої речовини залежно від лії мікродобрив і регулятора росту рослин у посівах різної щільності;

статистичний – для визначення достовірності отриманих результатів;

розрахунковий – для визначення економічної ефективності застосування запропонованих агротехнологічних прийомів

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що за умов недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України визначено ефективність різних рівнів мінерального удобрення а також поєднання мінерального удобрення і застосування біодобрив на основі азотфіксуючих, фосфор і калій мобілізуючих мікроорганізмів у формуванні продуктивності кукурудзи. У ході проведення досліджень було удосконалено агротехнологічні елементи вирощування кукурудзи за умов недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України.

**Практичне значення одержаних результатів.**

У ході проведення експериментальних досліджень було визначено, що у агротехнологічному комплексі вирощування кукурудзи ефективним прийомом підвищення зернової продуктивності посівів до 8,13 т/га та збільшення рівня їх економічної ефективності до 64,5 % є застосування комплексу біодобрив (Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т)) на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ .

**Особистий внесок здобувача.** Магістерська дипломна робота є самостійно виконаною науковою працею здобувача. Усі наукові результати отримано автором самостійно.

Автором здійснений пошук літературних джерел за темою досліджень, закладені і проведені польові та лабораторні дослідження, проаналізовані результати наукових досліджень, сформульовані наукові висновки за результатами досліджень та надані рекомендації виробництву.

#### **Апробація результатів роботи.**

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

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

1. Єремко Л.С., Коротич В.В. Удобрення як фактор підвищення продуктивності кукурудзи / матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції на тему: «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 23 листопада 2023 року. Полтава, 2023. С. 157-160.

**Структура та обсяг магістерської дипломної роботи.** Загальний обсяг дипломної роботи становить 68 сторінок загального друкованого тексту. Магістерська дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаної літератури налічує 85 найменувань.

## РОЗДІЛ I

### ВЛАСТИВОСТІ КУКУРУДЗИ ТА РОЛЬ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЇЇ ПОСІВІВ

#### 1.1. Властивості кукурудзи та її значення у народному господарстві

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найважливіших зернових культур, що використовуються в раціоні харчування людей у багатьох частинах світу, а також є важливим компонентом кормів для тваринництва. З точки зору загального світового виробництва, кукурудза в середньому за останні п'ять років випереджає рис та пшеницю.

У промисловості кукурудза використовується для різноманітних цілей, включаючи виготовлення крохмалю, декстрози, патоки та пластівців [1]. Вона також добре росте в широкому діапазоні ґрунтових і кліматичних умов.

Світове виробництво перевищує 600 метричних тонн, причому близько 60% з них виробляється в Сполучених Штатах Америки. Китай продукує 27% світової кукурудзи, а решта вирощується в країнах Африки, Латинської Америки, Європи та Південної Азії, причому значна частка вирощується в тропіках і субтропіках.

В останні роки споживання зернових пов'язують зі зменшенням хронічних дегенеративних захворювань, таких як рак, ожиріння, діабет 2 типу, серцево-судинні та метаболічні проблеми, а також навіть симптомів, пов'язаних з нейродегенеративними захворюваннями. Ці переваги для здоров'я пояснюються широким розмаїттям і високою концентрацією нутріцевтичних молекул, присутніх у зернових. Тож ці молекули не можна розглядати як поживні елементи самі по собі, а як біологічно активні компоненти, які можуть взаємодіяти з біологічними системами за допомогою різних клітинних механізмів, дозволяючи оптимально підтримувати фізіологічні функції організму, запобігаючи таким чином виникненню захворювань [2].

Слід звернути увагу на плутанину, яка зазвичай виникає, коли говорять про такі поняття, як «нутриєнти», «нутрицевтики», «функціональні харчові

продукти» та «харчові добавки». Роз'яснення цих термінів стає зрозумілим, якщо взяти до уваги, що різні якості елементів включених до цих категорій, можуть безпосередньо впливати на їх споживання.

Термін «поживні речовини» належить до елементів раціону, які можуть засвоюватися організмом і включатися в різні фізіологічні системи, забезпечуючи виконання основних функцій. Наприклад, ліпіди та вуглеводи відомі як джерело метаболічної енергії, як складові клітинної мембрани і як попередники гормонів; в свою чергу, інтеграція білків в організм використовується як елемент клітинної структурної перебудови та інтеграції в ферментативні системи. Вітаміни та мінерали забезпечують підтримання осмотичної рівноваги, беруть участь у функціонуванні нервової та м'язової систем, а також можуть виступати кофакторами ферментів. З іншого боку, термін «нутрицевтичний» відноситься до споживання речовин, що містяться в продуктах харчування, здатних сприяти позитивному впливу на здоров'я, не беручи безпосередньої участі в основних процесах різних систем. Концепція поняття функціонального харчування охоплює натуральні або перероблені харчові продукти, які містять біологічно активні сполуки, що можуть бути або не бути поживними речовинами. Разом ці молекули повинні мати здатність приносити користь для здоров'я, запобігаючи або допомагаючи в лікуванні хронічних захворювань, у нетоксичних кількостях, які можна включати в щоденний раціон [3]. Як приклад вищесказаного можна згадати споживання риби, яка містить омега жирні кислоти, а також споживання фруктів та овочів, багатих на мінерали, вітаміни та харчові волокна, а також інших продуктів, збагачених біологічно активними речовинами, такими як антиоксиданти та пробіотики [4].

Останнім часом зернові, такі як кукурудза, були визнані функціональними продуктами харчування, оскільки вони є важливим джерелом калорій, а також білків, пептидів, вуглеводів, клітковини та антиоксидантів з нутрицевтичною функцією. Харчова цінність кукурудзи для населення світу є незаперечною, частково завдяки великій універсальності її зерен для виробництва продуктів

харчування.

Зерно кукурудзи складається в основному з клітковини, яка становить від 61 до 86%, залежно від сорту рослини. Приблизно 99% клітковини знаходиться в ендоспермі і складається з крохмалю (приблизно 73% від загальної ваги), а решта являє собою стійкий крохмаль. Ядро також містить некрохмальні полісахариди, такі як целюлоза, геміцелюлоза і, в меншій мірі, лігнін (приблизно 10% від загальної маси), що містяться переважно в клейковині. Далі йде білок; в залежності від сорту чи гібриду кукурудзи, його вміст може становити від 6 до 12% в перерахунку на суху речовину, тоді як ліпіди становлять близько 3-6%. З них від 81 до 85% зберігається в зародку. Інші фітохімічні елементи також можуть бути у пігментованих і жовтих сортах, здебільшого у вигляді вторинних метаболітів, фенольних сполук і каротиноїдів. Серед сортів і гібридів кукурудзи існує дуже широкий діапазон вмісту фенолів, що було оцінено шляхом кількісного визначення загального вмісту поліфенолів за методом реактиву Фоліна-Ціокальтеу, який показав вміст 1756 мг еквіваленту галової кислоти/100 г зразка для сорту фіолетової кукурудзи з андським генотипом [5] та 266 мг еквіваленту галової кислоти/100 г зразка для сорту фіолетової кукурудзи з мексиканським генотипом [6]. Що стосується мексиканської білої кукурудзи, то повідомлялося про 260 мг еквіваленту галової кислоти/100 г зразка.

Ймовірно, що сорти кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів містять вищу концентрацію фенольних сполук, повідомляючи про 320 мг еквівалента галової кислоти/100 г зразка [6]. Слід зазначити, що найвищий вміст каротиноїдів зафіксовано у жовтих сортах кукурудзи, із середньою концентрацією сухої основи 13 мкг еквіваленту  $\beta$ -каротину/100 г зразка [7], хоча червоні сорти також синтезують каротиноїди.

Ці елементи діють як нутрицевтики залежно від їх біодоступності, молекулярної структури, фізико-хімічних характеристик та їх фізіологічних ефектів, а також від властивостей набутих або втрачених після переробки різних харчових побічних продуктів.

Зерно кукурудзи містить білки, які були класифіковані на чотири групи відповідно до їх розчинності. Найбільш розчинні у воді білки відносяться до категорії альбумінів, тоді як білки, розчинні в сольових розчинах, відомі як глобуліни. Білки, розчинні в спиртових розчинах складають групу проламінів або зеїнів, а білки, що не розчиняються в жодному з попередніх розчинів, утворюють групу глютелінів.

У зв'язку з цим, диспозиція і розташування цих білків мають диференціальну характеристику. Наприклад, альбуміни і глобуліни розташовані переважно в зародку, в той час як проламіни і глютеліни можна знайти переважно в ендоспермі.

По відношенню до своєї концентрації білки розподілені в ядрі кукурудзи нерівномірно; 40% білків зосереджено в зеїнах, за ними йдуть глютеліни з 30%, а глобуліни та альбуміни разом становлять менше 5%. З них приблизно 60% білків зосереджені в ендоспермі і є проламінами, причому  $\alpha$ -зеїн є найбільш найпоширенішим у кукурудзі, досягаючи до 75% від загальної кількості проламінів [8].

Через нерозчинність у воді білків кукурудзи, її потенційна користь для здоров'я обмежена; проте останні технологічні досягнення дозволили отримати пептиди шляхом гідролізу з метою покращення їх біодоступності [9].

Дослідження показали, що біоактивні пептиди можуть мати позитивний вплив на здоров'я, в основному як антигіпертензивні, антихолестеринові, антиоксидантні, протизапальні, антиканцерогенні, антимікробні та інші, завдяки своїм імуномодуючим властивостям. Також повідомляється, що вони можуть допомогти зменшити наслідки, пов'язані з високим споживанням алкоголю.

Загалом, було помічено, що велика кількість пептидів може бути виділена з різних компонентів кукурудзи, хоча їх можлива біологічна активність все ще перебуває на стадії подальшого вивчення, оскільки все ще необхідно провести дослідження, які допоможуть знайти механізми, за допомогою яких ці пептиди можуть проявляти свою біологічну активність.

Що стосується загальної кількості клітковини, що міститься в кукурудзі, то резистентний крохмаль є типом неперетравлюваної клітковини, оскільки він має високу стійкість до дії травних ферментів. Наявність резистентного крохмалю, здається безпосередньо пов'язана з відсотковим вмістом амілози. [10].

Як крохмаль, так і стійкий крохмаль що містяться в зернах кукурудзи, набули особливої актуальності через їхню можливу функцію регуляторів маси тіла, що є можливою природною альтернативою для лікування ожиріння. З іншого боку, ці елементи також пов'язані із захистом печінки та профілактикою цукрового діабету 2 типу [11].

Фенольні сполуки - це група молекул, хімічна структура яких складається з кількох гідроксильних груп, з'єднаних з ароматичною групою. Коли два або більше кілець з'єднуються, утворюється поліфенольна структура. Залежно від кількості ароматичних кілець і структурних елементів, які зв'язують їх разом, були ідентифіковані тисячі поліфенолів.

Поліфеноли, синтезовані в кукурудзі, можна розділити на три групи відповідно до їх концентрації та впливу на здоров'я людини: неантоціанові флавоноїди, фенольні кислоти та антоціанові флавоноїди. До групи неантоціанових флавоноїдів належать флавоноли (рутин, ізокверцетин, флавонол, морін, кемпферол і кверцетин) і флавонони (нарингенін і гесперетин) [12], тоді як фенольні кислоти, знайдені в кукурудзі мають вищу концентрацію в кукурудзі, особливо в пігментованих сортах [13, 14].

Харчова промисловість вже давно використовує сорти жовтої та білої кукурудзи. Разом з тим, використання пігментованих сортів набуває все більшої популярності в харчовому секторі останнім часом не лише як можливе джерело натуральних харчових пігментів, але й завдяки своїм властивостям як функціонального продукту харчування. Серед найпоширеніших кольорів можна знайти червоний, синій і чорний. Таку пігментацію надають антоціани. Антоціани - це група природних пігментів, розчинних у воді, широко розповсюджених у різних тканинах рослини. Антоціани відповідають за

надання відтінків від червоного до синього і фіолетового. Функціонально антоціани захищають рослину від пошкодження радіацією, беруть участь у захисті від патогенів та/або хижаків, а також у репродуктивних функціях як атрактанти для запилювачів; крім того, антоціани регулюють синтез стимуляторів росту, таких як ауксин. У зернах кукурудзи антоціани зберігаються переважно в алеїроновому шарі; також можна знайти ці молекули в перикарпії або в обох структурах. Навіть місцеві непігментовані сорти, чисті лінії та гібриди мають пігментовану тканину в коренях проростка або пиляках [15-17]. У пігментованій кукурудзі вміст антоціанів можна оцінити як низький, середній та високий, зі значеннями, що коливаються між 5,9 і 3045 мг ціанідин-3-глюкоцидного еквіваленту/100 г зразка, тоді як значення для білих або жовтих сортів кукурудзи становлять від 0,9 до 1,2 мг ціанідин-3-глюкоциду еквіваленту/100 г [18]. Також можна знайти антоціани в інших тканинах, таких як качани та листових піхвах, але концентрація в цих структурах точно не визначена. Деякі дослідження виявили концентрацію від 430 до 11 700 мг ціанідин-3-глюкоциду еквіваленту/100 г зразка для качана [18], тоді як з листових піхв вдалося вилучити до 17 7900 мг ціанідин-3-глюкоцидного еквіваленту/100 г зразка [19]. Слід зазначити, що ціанідин та його похідні є більш поширеними в пігментованих сортах кукурудзи [20].

Каротиноїди - це природні пігменти в кукурудзі та інших рослинах, які відповідають за забарвлення від жовтого до оранжевого. Каротиноїди беруть участь у таких функціях, як фотосинтез, завдяки своїй здатності поглинати світло різних спектрів і передавати енергію до хлорофілу. Каротиноїди мають скелет, що складається з 40 вуглецевих одиниць ізопропену. Ці структури можуть бути циклізованими в одному або обох закінченнях, мати кілька рівнів гідрування або можуть мати оксигеновані функціональні групи і, відповідно до цього, можуть бути класифіковані на каротини, які є тетрапеноїдними вуглеводнями, що складаються виключно з атомів вуглецю і водню, та ксантофіли або оксо-каротиноїди, структури, які містять принаймні один кисень [21].

Концентрація каротиноїдів може широко варіювати залежно від генотипів та зовнішніх характеристик [22, 23].

Каротиноїди містяться в основному в зародку, алейроновому шарі та ендоспермі. Загалом, зменшуючи ліпопероксидацію, каротиноїди можуть діяти як антиоксиданти в ліпідному середовищі. Такі тканини, як приймочки, качани, стебла та листові оболонки кукурудзи можуть бути важливим джерелом антоціанів, ферулової кислоти та деяких інших речовин, які можуть допомогти поліпшити здоров'я; навіть якщо це не продукти, придатні для споживання людиною, вони можуть бути перероблені для отримання екстракти з потенційним нутрицевтичним застосуванням.

На сьогодні існують наукові докази використання стигми для лікування таких захворювань, як ниркові розлади, гіпертонія та деяких нейродегенеративних захворювань. Деякі з біологічно активних сполук, які можна виділити з цих тканин є терпеноїди, стероїди, сахариди, цереброзиди, флавоноїди, такі як флавонони та антоціани та лігнін [24, 25].

Антиоксидантна активність нутрицевтиків у кукурудзі різна; наприклад, при оцінці антиоксидантної активності каротиноїдів кукурудзи хорватського генотипу за допомогою методу ABTS було отримано значення 0,767 мкмоль ТЕ/г зразка, тоді як сумарні екстракти кукурудзи італійського генотипу показали антиоксидантну активність 29 мкмоль ТЕ/г зразка [26]. Ці дані свідчать про те, що каротиноїди становлять лише близько 5% від загальної антиоксидантної активності, тоді як фенольна фракція має найвищу антиоксидантну активність. При порівнянні антиоксидантної активності фенольних сполук пігментованої кукурудзи та поліфенолів синіх ягід, було показано, що кукурудза має більшу антиоксидантну здатність і більшу кінетику реакції. При оцінці антиоксидантної здатності фенольних сполук синіх, червоних, білих, жовтих та висококаротиноїдних сортів кукурудзи за допомогою методу поглинання пероксильних радикалів було виявлено активність 41-49 мкмоль еквіваленту вітаміну С/100 г зразка. зразка. Цей факт довів, що чим вищий вміст фенолів, тим більша антиоксидантна активність, причому не тільки в ядрах, але і в

побічних продуктах, отриманих в процесі нікстамалізації, таких як тортілья. Однак, на відміну від каротиноїдів, фенольні сполуки кукурудзи піддаються впливу таких виробничих процесів, як нікстамалізація, що призводить до зниження їхніх нутрицевтичних властивостей [26].

Інша група сполук, які можна знайти в кукурудзі, - це біологічно активні пептиди, екзогенні антиоксиданти, які можуть діяти як поглиначі вільних радикалів, інгібітори утворення АФК, та промоторами активації ендогенних антиоксидантних систем [25]. Деякі пептиди синтезовані з кукурудзяного глютенного шроту, можуть зменшувати утворення  $O_2$  - радикалу, діючи як донори електронів.

З вищесказаного можна зробити висновок, що кукурудза та її побічні продукти є не тільки джерелом їжі з високою харчовою цінністю, але й, завдяки вмісту антоціанів, поліфенолів та пептидів, вони сприяють правильному функціонуванню та гомеостатичному підтриманню організму. Крім того, завдяки своїм антиоксидантним властивостям, її можна використовувати як альтернативу для запобігання окислювальному пошкодженню, спричиненому стресом та задля запобігання послідовних негативних наслідків, пов'язаних з ним.

Кукурудзяні стовпчики з приймочками традиційно використовується для лікування багатьох захворювань завдяки різній фармакологічній активності, яку виявляють їх екстракти. Було встановлено, що вони має антиоксидантну, антидіабетичну, антипроліферативну, антимутагенну, антикоагулянтну, протигрибкову, антигіпертензивну, антибактеріальну, антисептичну, антидепресивну та противтомну активність [25, 26].

Також повідомлялося, що він також повідомлялося, що вони має антигіперглікемічну, антигіперліпідемічну, сечогінну, нейропротекторну, гепатопротекторну активність [27, 28].

Кукурудзяні стовпчики з приймочками досліджували з метою активації рецепторів для зв'язування активаторів проліферації пероксисом людини, що використовуються для лікування діабету [29]. Його метанольний екстракт

виявився ефективним при дисфункції щитовидної залози [30].

Екстракти із кукурудзяних приймочок також виявилися ефективними в інгібування фактора некрозу пухлин- $\alpha$  та адгезії лейкоцитів до поверхні клітин, а також індукції синтази оксиду азоту та циклооксигенази в макрофагах [31-34].

Серед сучасних практик агроменеджменту внесення добрив є обов'язковими для прискорення росту та виробництва кукурудзи.

Кукурудза дуже добре реагує на внесення добрив, демонструючи добрий розвиток біомаси всієї рослини та врожайність зерна з вищим вмістом поживних речовин [35, 36]. Таким чином підвищення норм внесення добрив може привести до збільшення накопичення поживних речовин у період після цвітіння, затримки старіння листя, підтримання фотосинтезу, підвищення накопичення поживних речовин у вегетативній масі та їх ремобілізації до зерна під час досягання а також до супутнього збільшення врожайності зерна [37].

## **1.2. Роль мінерального живлення у формуванні урожайності зерна кукурудзи**

Азот (N) є життєво важливим елементом живлення рослин і основним визначальним фактором, необхідним для виробництва кукурудзи [38]. Він дуже важливий для росту рослин і становить 1-4% сухої речовини рослин. Азот входить до складу білків і нуклеїнових кислот, і коли вміст азоту є неоптимальним, ріст знижується [39]. Його наявність у достатній кількості протягом усього вегетаційного періоду необхідна для оптимального росту кукурудзи.

Підвищення фотосинтетичної активності за покращання забезпеченості поживними речовинами привело до збільшення вміст сухої речовини в зерні кукурудзи [40], в той час як накопичення азоту внаслідок ремобілізації N під час наливу зерна сприяло надходженню 45-65% азоту до зерна [41].

Азот також є характерним складовим елементом білків, а також невід'ємним компонентом багатьох інших сполук, необхідних для процесів росту рослин, включаючи хлорофіл та багато ферментів. Він також є

посередником у використанні фосфору, калію та інших елементів у рослинах [42]. Оптимальний вміст цих елементів у ґрунті не може бути ефективно використаним, якщо рослинам не вистачає азотного забезпечення. Тому нестача або надлишок азоту може призвести до зниження врожайності кукурудзи.

Фосфор є ще одним важливим елементом живлення, необхідним для підвищення врожайності кукурудзи [43]. Отже, нестача фосфору так як і нестача азоту обмежує продуктивність кукурудзи. Фосфор відіграє важливу роль у багатьох фізіологічних процесах, які відбуваються в рослині, що розвивається та дозріває. Він бере участь у ферментативних реакціях в рослині.

Фосфор окремо або в поєднанні з азотом відіграє важливу роль у фотосинтезі рослин і накопиченні сухої речовини в кукурудзі [44]. Адекватна концентрація фосфору важлива для підтримання високої швидкості фотосинтезу [45]. Дефіцит Р призводить до більшого зниження фіксації та експорту вуглецю і відповідно, змінює розподіл фіксованого вуглецю [46].

Вищі обсяги внесення даного елемента сприяють формуванню більшої площі листя і, отже, забезпечують поглинання більшої кількості фотосинтетично активної радіації кукурудзою, що приводить до більшого продукування надземної біомаси [47]. Крім того, більша ремобілізація азоту і фосфору в листі зменшує фотосинтез під час наливу зерна.

Фосфор є важливим фактором для поділу клітин, оскільки він є складовим елементом нуклеопротейнів, які беруть участь у процесах розмноження клітин. Він також входить до складу хімічної речовини, необхідної для реакцій синтезу та розпаду вуглеводів [48]. Він важливий для формування насіння і плодів, а також дозрівання сільськогосподарських культур. Фосфор прискорює дозрівання плодів, тим самим протидіючи ефекту від надлишкового внесення азоту в ґрунт [49]. Він сприяє зміцненню скелетної структури рослини, тим самим запобігаючи виляганням. Це також впливає на якість зерна і може підвищити стійкість рослин до хвороб. Однак, потреба в цих поживних речовинах та їх використання рослинами кукурудзи залежать від таких факторів навколишнього середовища, як кількість опадів, сорт та

очікувана врожайність.

Калій є важливою поживною речовиною, а також найпоширенішим катіоном у рослинах. Він відіграє важливу роль в активації ферментів, синтезі білків, фотосинтезі, осморегуляції, русі протоків, передачі енергії, транспорті у флоємі, катіонно-аніонному балансі та стійкості до стресів.

Основним обмеженням для росту рослин і виробництва сільськогосподарських культур в умовах незрошеного землеробства є доступність ґрунтової води. Рослини, які постійно піддаються стресу від посухи, можуть утворювати активні форми кисню, що призводить до пошкодження листя і, зрештою, знижує врожайність. Під час посухи ріст коренів і швидкість дифузії іонів калію в ґрунті обмежується, таким чином обмежуючи поглинання рослинами калію.

В результаті нижчі концентрації калію можуть ще більше знизити стійкість рослин до стресу від посухи, а також поглинання даного елемента. Тому підтримання адекватного рівня калію в рослині є критично важливим для стійкості рослин до посухи [50].

Калій є рухомим поживним елементом і легко переміщується між різними органами рослин. На відміну від азоту та фосфору, в рослинних тканинах існує лише катіонна форма калію, що бере участь у різних метаболічних функціях, а саме в активації ферментів, синтезі білків, транслокації розчинних метаболітів та підтримці осмотичного балансу [51]. Peng та ін. (2012) повідомили, що чисті втрати калію перед дозріванням рослин кукурудзи призвели до значного накопичення калію у ризосферні наприкінці репродуктивного росту рослин [52].

Одними з ключових сільськогосподарських компонентів, які покращують продуктивність сільськогосподарських культур та сприяють стійких агроекосистем є застосування біодобрив на основі мікроорганізмів [53].

Кількість мінеральних добрив для рослинництва щорічно збільшується. Однак середня ефективність використання добрив коливається від 20% до 50%, залежно від поживної речовини. Деякі нещодавні дослідження показали

підвищення ефективності використання поживних речовин завдяки мікробній інокуляції рослин [54].

Першим кроком до вивчення впливу стимуляції росту рослин бактеріальними інокулянтами, є необхідність колонізації ризосфери та подальша колонізація рослинних тканин.

Модуляція мікробіоти ризосфери залежить від декількох факторів, таких як генотип рослини, стадія розвитку, властивості ґрунту, кліматичні умови, сільськогосподарські практики та інші біотичні та абіотичні фактори.

Бактерії, що використовуються для інокуляції насіння можуть передавати свої здібності бактеріям у природному бактеріальному співтоваристві. Цей процес називається HGT-горизонтальним перенесенням генів, який є механізмом передачі генетичної інформації між філогенетично віддаленими мікробними видами, забезпечуючи мікроорганізми новими функціями, які полегшують їх адаптації до навколишнього середовища.

Крім того, бактерії-інокулянти можуть взаємодіяти, координувати та синхронізувати поведінку природних мікробних спільнот, що виражається у агрегації, вірулентності, формуванні біоплівки та вторинному метаболізмі.

З моменту появи рослин мікроорганізми асоціюються з ними, дозволяючи виникати різним типам взаємодій, які можуть бути корисними, шкідливими або нейтральними. Коли взаємовідносини є шкідливими для рослини, це призводить до зниження її розвитку, тоді як корисні взаємовідносини сприяють покращенню її розвитку.

Ріст і розвиток рослин модулюються мікробними спільнотами, які колонізують їхні тканини. Хоча деякі мікроби є шкідливими і викликають хвороби, інші можуть сприяти розвитку рослин і підвищувати їх толерантність до біотичних та абіотичних стресів, посилюючи засвоєння поживних речовин за допомогою багатьох механізмів.

Застосування мікроорганізмів, що стимулюють ріст рослин може покращити виробництво рослин за несприятливих умов, з потенціалом зменшення використання хімічних добрив та пестицидів. Однак, сучасне

застосування ендofітів, особливо в польових умовах, стикається з низкою проблем.

Застосування мікробів не може повною мірою повторити ефективність хімічних добрив. Багато механізмів, пов'язаних зі стимуляцією росту рослин потребують подальшого дослідження, включаючи етапи, пов'язані з колонізацією рослин, взаємодію рослин і ґрунту, корневих ендofітів та мікробів, пов'язаних з усіма частинами рослини.

Бактерії, які взаємодіють з рослинами, класифікуються відповідно до їх розташування і можуть бути ризосферними, епіфітними та ендofітними. Більшість рослин-асоційованих бактерій походять з ґрунтового середовища.

Мікроорганізми які живуть всередині рослини, називаються ендofітами. Ендofіти складаються з декількох мікроорганізмів, які проводять свій повний або частковий життєвий цикл, колонізуючи рослинні тканини. Ендofітні бактерії мають здатність проникати у внутрішні тканини живих рослин, не розвиваючи симптомів хвороби впродовж свого життєвого циклу або його частини. Ендofітне середовище є більш захищеним, ніж ґрунт або ризосфера, що дає екологічну перевагу іншим бактеріям, здатним колонізувати його.

Бактерії в рослині знаходять велику кількість поживних речовин, низьку конкуренцію і захист від екологічного стресу, і в деяких випадках такий спосіб життя гарантує їх розселення шляхом вертикального перенесення. Життя бактерій всередині рослинних тканин дозволяє більш тісно взаємодіяти з рослиною, ефективно впливаючи на фенотип рослини.

Існують переконливі докази того, що ендofіти також можуть сприяти росту і захисту рослин, але екологія та функції цих корисних ендofітів недостатньо вивчені. Зокрема, ендofітні бактерії, можуть сприяти росту рослин за допомогою механізмів, які включають вивільнення фітогормонів, фіксацію азоту, покращене засвоєння мінеральних речовин, продукування сполук, що стимулюють ріст та підвищення стресостійкості [54].

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Липень також видався посушливим із підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобогаторічною нормою на 2,0 °С. Разом з тим, місячна кількість опадів у цьому місяці становила 87,4 % від середньобігаторічних значень. Слід звернути увагу на досить нерівномірний розподіл опадів за місяць. Здебільшого вони випадали у вигляді коротких злив. У полуденний час повітря прогрівалося до 38,2 °С, у той час як середньобігаторічні значення даного показника не перевищували 33,2 °С.

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

Таблиця 2.1

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

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

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

Таблиця 2.2

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

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

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

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

### **2.3. Методика проведення досліджень**

Експериментальні дослідження за тематикою магістерської роботи проводилися впродовж 2022-2023 рр. і були розташовані на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

У них передбачалося вивчення ефективності застосування біодобрих та мінеральних добрив у підвищенні рівня біологічної продуктивності кукурудзи. Основними факторами, що досліджувалися були (фактор А) – рівні мінерального удобрення  $N_0P_0K_0$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{100}P_{100}K_{100}$ ; (фактор В) - застосування біодобрих Біонорма Азот (1,0 л/т), та Біонорма Фосфор (2,0 л/т). Схема розміщення варіантів і повторень у досліді була систематичною із чотириразовою повторністю. Площа однієї ділянки становила 50 м<sup>2</sup>.

Процес виконання експерименту складався із:

- фенологічних спостережень за виконання “Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур”. Початок фази фіксували, коли її набували 10 % рослин посіву, а час настання повної фази зазначали у день, коли 75 % рослин доходили до даної фази розвитку [46. 47].

- замірів висоти рослин на зафіксованих 25 рослинах в двох несуміжних повторностях [46, 48].

- визначення величин площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу (ФП) і чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) згідно методики А.А. Ничипоровича [49].
- спостережень за динамікою зміни абсолютно-сухої маси рослин за використання термостатно-вагового методом [50].
- визначення індивідуальної продуктивності рослин та загальної зернової продуктивності посіву за посібником із назвою „Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами” [51, 52].
- розрахунків показників економічної ефективності застосування різних рівнів удобрення обґрунтованих методичними рекомендаціями із назвою „Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно [53-55].

## **2.4. Агротехніка вирощування кукурудзи**

Підготовка, обробіток ґрунту під кукурудзу у досліді проводилась відповідно рекомендованим технологіям для умов Лісостепу правобережного, крім факторів які вивчалися. Попередник – пшениця озима.

Основним завданням основного обробітку ґрунту є покращання водного, температурного, повітряного і поживного режимів культури, що буде вирощуватися. Найвища урожайність кукурудзи забезпечується за рахунок проведення оранки, що сприяє накопиченню вологозапасів у ґрунті за осінньо-зимовий період та значно покращує умови формування і розвитку кореневої системи.

Ранньовесняні агротехнологічні операції повинні бути орієнтованими на максимальне збереження вологи у ґрунті та покращання структури ґрунту перед сівбою. На час настання фізичної стиглості ґрунту необхідним є проведення ранньовесняного закриття вологи. Після цього проводиться вирівнювання ґрунту під кутом 45-50° до напрямку проведення оранки.

Рослини кукурудзи для свого розвитку потребують достатньої кількості елементів мінерального живлення. На створення 1 т зерна та відповідної кількості листостеблової маси, вони потребують 24-30 кг азоту, 10-12 кг

фосфору та 25-30 кг калію. Важливим агротехнологічним прийомом, за рахунок якого можна значно покращити забезпеченість рослин основними елементами мінерального живлення є внесення мінеральних добрив. Розрахунок внесення діючої речовини елементів мінерального живлення повинен проводитися на основі урахування фізіологічної потреби рослин у елементах живлення та їх наявності у ґрунті.

Фосфорні і калійні добрива вносяться під оранку. Їх дози повинні забезпечити урівноважений баланс даних елементів на 70-80% і 50-60% відповідно та компенсувати їх витрати у процесі росту і розвитку та формування врожаю кукурудзи.

Азотні добрива вносяться навесні на глибину 10-12 см за використання культиваторів-рослинопідживлювачів. Внесення азоту навесні надає можливість зекономити добрива на 30-40%. Більш ефективним є використання складних добрив (нітрофоски, нітроамофоски, нітрофосу).

У ході свого росту і розвитку рослини кукурудзи потребують неоднакового забезпечення поживними речовинами. Їх найбільш інтенсивне споживання спостерігається від початку вегетації до фази цвітіння. Поглинання фосфору рослинами є рівномірним до повної стиглості зерна. Найвища потреба рослин у калійному забезпеченні є у першій половині вегетації та під час формування зерна.

Рекомендовані строки сівби настають за прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до +10-12 °С. Разом з тим, більш доцільно сіяти кукурудзу за прогрівання ґрунту до +8-10 °С. У цьому випадку дата настання фази цвітіння волотей є більш ранньою, порівняно із більш пізніми строками. Таким чином, існує ймовірність зменшення ризику негативного прояву посушливих умов у період розвитку репродуктивних органів рослин. Окрім цього, за ранніх строків сівби, рослини кукурудзи ефективніше використовують запаси доступної вологоти із ґрунту, та мають менший відсоток вологи у зерні перед збиранням. Разом з тим, слід зауважити, що зміщення строків сівби на більш

ранні має ризики ушкодження посівів зниженими температурами. Для уникнення цього негативного явища слід підбирати холодостійкі гібриди.

Для формування посівів потрібної густоти необхідним є проведення комплексу захисних заходів у період підготовки насіннєвого матеріалу до висіву у ґрунт, що полягає у використанні фунгіцидів, мікробіологічних препаратів, мікродобрив.

Глибина загортання насіння зазвичай пов'язана із фізико-механічними властивостями ґрунту, вмістом доступної для рослин води у ньому та температурним режимом ґрунту.

Величина оптимальної глибини загортання насіння кукурудзи за сівби у важкий суглинковий ґрунт становить 4-5 см, у легкий суглинок – 5-6 см, у чорноземі – 5-7 см, у супіщаний ґрунту – 6-8 см. У разі пересихання верхнього шару глибина загортання насіння збільшується на 1-2 см.

Для боротьби із однорічними бур'янами на час їх проростання після сівби проводиться боронування посівів у досягненні рослинами кукурудзи фази 2-3 і 4-5 листків. Впродовж вегетаційного періоду у боротьбі із засміченням посівів проводиться міжрядне рихлення на глибину 6-8 см.

Для руйнування сформованої після дощу кірки і знищення бур'янів, що почали проростати на 4-5-й день після сівби проводиться боронування посівів.

За правильного застосування гербіцидів ґрунтової і післясходової дії високої ефективності можна відмовитись від проведення механічних обробітків ґрунту під час вегетації.

Ефективним агротехнологічним прийомом, що дозволяє підвищити урожайність зерна кукурудзи є проведення позакореневого підживлення рослин із використанням мікродобрив та біологічно активних речовин у фазі 7 листків.

Збирають кукурудзу у фазі повної стиглості зерна із подальшим його очищенням та доведенням до базисної вологості 14%.

## РОЗДІЛ 3

### ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

#### 3.1. Вплив мінерального живлення на початковий розвиток рослин кукурудзи

Вагомим фактором отримання сталих врожаїв зерна є формування оптимальної структурної організації посіву, що у свою чергу визначається використанням якісного посівного матеріалу, адже спрямованість проходження фізіолого-біохімічних процесів у ході проростання значною мірою визначають стан проростків.

Насіння, що має високі показники чистоти, енергії проростання і схожості може забезпечити достатній стартовий потенціал формування агроценозів з оптимальними оптико-біологічними параметрами, що має вирішальне значення у створенні умов для росту і розвитку рослин та формування їх продуктивності.

Набубнівлення і запуск фізіологічних механізмів проростання насіння кукурудзи відбувається за поглинання 50–60 % вологи від своєї маси. У сухому ґрунті насіння перебуватиме у стані вимушеного спокою.

Показник схожості насіння, як елементу продуктивності виказує кількість рослин на одиниці площі внаслідок появи дружніх і вирівняних сходів над поверхнею ґрунту та умови розвитку рослин впродовж вегетаційного періоду. Вчені встановили, що затримка розвитку рослин одного і того ж гібриду навіть у 1 листок істотно впливає на формування генеративної сфери та досягання насіння. Перспективним методом стимулювання проростання насіння і проходження етапів початкового розвитку рослин є проведення допосівної інокуляції насіння із застосуванням біодобрив.

Як свідчать результати досліджень, проведення допосівної інокуляції насіння мікробіологічним препаратом Біонорма Азот (1,0 л/т) на основі азотфіксуючих мікроорганізмів та його поєднання із препаратом Біонорма

Фосфор (2,0 л,т) на основі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів мало позитивний вплив на проростання насіння та початковий розвиток рослин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Енергія проростання і лабораторна схожість насіння кукурудзи залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, (2022-2023 рр.)**

| Варіанти обробки насіння        | Енергія проростання, % | Лабораторна схожість, % |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Контроль                        | 69                     | 94                      |
| Біонорма Азот                   | 75                     | 98                      |
| Біонорма Азот + Біонорма Фосфор | 79                     | 99                      |

Високою ефективністю характеризувалося поєднання застосування мікробіологічних препаратів на час допосівної інокуляції насіння. У варіанті Біонорма Азот + Біонорма Фосфор енергія проростання і лабораторна схожість насіння перевищували контрольний варіант на 10,0 і 5,0 % відповідно.

### **3.2. Інтенсивність ростових процесів кукурудзи залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення**

Формування продуктивності рослин відбувається впродовж всього вегетаційного періоду під впливом комплексу абіотичних та біотичних чинників навколишнього середовища. Залежно від прояву їх взаємодії змінюються темпи розвитку рослин та наростання їх надземної частини.

Гібриди кукурудзи характеризуються різними темпами приростів надземної біомаси і кореневої системи, формування листкової поверхні, як ключового органу фотосинтетичної діяльності рослинного організму [81]. Найважливішою морфологічною особливістю прояву реакції гібридів на дію екзогенних чинників є інтенсивність лінійного росту рослин у висоту. Результати досліджень показали, що темпи наростання надземної частини

рослин були неоднаковими впродовж вегетаційного періоду. Найменшими вони були у початкові етапи розвитку кукурудзи, а найвищими - під час появи 12-13 листків та цвітіння качанів. Надалі, після проходження рослинами фази цвітіння і досягання фази формування зерна темпи лінійних приростів у висоту зменшувалися (табл 3.2).

Таблиця 3.2

**Динаміка приросту рослин кукурудзи у висоту залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, см (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне<br>удобрення                            | Допосівна обробка<br>насіння       | Фази розвитку рослин |          |                               |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------|-------------------------------|
|                                                    |                                    | 12-13<br>листіків    | цвітіння | молочна<br>стиглість<br>зерна |
| Без удобрення                                      | Без обробки                        | 114,6                | 167,5    | 186,2                         |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 119,8                | 173,5    | 188,5                         |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 124,3                | 175,2    | 193,4                         |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                        | 128,7                | 182,3    | 193,5                         |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 135,6                | 188,5    | 195,7                         |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 139,6                | 189,4    | 198,4                         |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                        | 132,8                | 193,3    | 202,5                         |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 134,5                | 195,8    | 204,8                         |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 136,7                | 196,7    | 209,6                         |

Застосування мікробіологічного препарату і мікродобрив стимулювало ростові процеси рослин кукурудзи. Їх величини підвищувалися по мірі підвищення рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. У варіантах із застосуванням мікробіологічних препаратів висота рослин у фазі молочної стиглості зерна збільшувалася порівняно з контролем на 2,3-7,2 см. У варіантах поєднання внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та проведення інокуляції насіння рослини були вищими за рахунок додавання елементів мінерального живлення. Найбільш сприятливі умови росту рослин створювалися за поєднання допосівної обробки насіння біологічними препаратами і внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>. Значення висоти рослин кукурудзи у фазі молочної стиглості зерна були найбільшими (209,6 см) у варіанті N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> + Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т).

Висота рослин та їх маса є взаємопов'язаними показниками. Результати досліджень свідчать, що інтенсивність наростання надземної маси рослин, як і їх висоти змінювалася нерівномірно впродовж вегетаційного періоду кукурудзи. Найменшою вона була на початкових етапах розвитку рослин. Від фази 12-13 листків до цвітіння темпи наростання надземної біомаси рослин були найвищими. За даний період маса рослин кукурудзи, залежно від впливу факторів, що вивчалися, збільшувалася у 2,04-2,15 рази. Від фази цвітіння інтенсивність наростання листково-стеблової маси рослин зменшувалася, натомість спостерігалось збільшення маси качанів (табл 3.3).

Таблиця 3.3

**Динаміка наростання надземної частини кукурудзи залежно від  
забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, г  
(2022-2023 рр.)**

| Мінеральне<br>удобрення                            | Допосівна обробка<br>насіння       | Фази розвитку рослин |          |                               |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------|-------------------------------|
|                                                    |                                    | 12-13<br>листіків    | цвітіння | молочна<br>стиглість<br>зерна |
| Без удобрення                                      | Без обробки                        | 226                  | 486      | 786                           |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 232                  | 495      | 795                           |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 236                  | 508      | 803                           |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                        | 244                  | 521      | 825                           |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 248                  | 529      | 832                           |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 252                  | 532      | 838                           |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                        | 263                  | 544      | 844                           |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 268                  | 548      | 848                           |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 270                  | 551      | 855                           |

Застосування біодобрих сприяло збільшенню маси рослин кукурудзи порівняно з контролем у фазі молочної стиглості зерна на 9,0-17,0 г. У варіантах із поєднанням внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та проведення допосівної обробки насіння біопрепаратами значення даного показника підвищувалися щодо контрольного варіанту на 46,0-52,0 г. Надземна частина рослин кукурудзи була найбільш розвиненою у варіантах із найвищим рівнем забезпеченості рослин поживними речовинами. Обробка насіння комплексом Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т) на тлі внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> сприяла формуванню

потужної надземної частини рослин. Значення маси рослин у даному варіанті перевищували контроль на 69 г.

### **3.3. Вплив мінерального живлення на фотосинтетичну діяльність посівів кукурудзи**

Основою життєдіяльності і формування продуктивності рослин є фотосинтез, у ході якого енергія фотосинтетично активної радіації перетворюється в енергію хімічних зв'язків органічних речовин за участі фотосинтетичних пігментів.

Інтенсивність фотосинтезу обумовлюється особливостями спектрального складу сонячного сяйва, енергетичного балансу між поглинутою рослинним покривом енергією, транспірацією, теплообміном і вологообміном, що відбувається між рослинами у посіві, наявністю поживних речовин.

Ключовими фотосинтезуючими органами є листові пластинки. Їх стан і тривалість функціонування у кінцевому рахунку визначають розміри синтезованої рослинами органічної речовини.

Темпи формування листової поверхні рослин кукурудзи впродовж вегетаційного періоду були подібними до збільшення висоти і маси надземної частини рослин. Від початку розвитку рослин до фази 12-13 листків темпи розвитку листової поверхні рослин кукурудзи були незначними, що відповідно було пов'язаним із спрямованістю синтезованих органічних сполук у зону кореневої системи, на її формування. Починаючи від фази 12-13 листків і до фази цвітіння відмічалось значне збільшення величини листової поверхні, за рахунок збільшення кількості листків та їх розмірів. Починаючи від фази наливу зерна величина листової поверхні зменшувалася, у зв'язку із перерозподілом органічних сполук і елементів живлення із надходженням їх до генеративних органів, і зерна (табл 3.4).

Таблиця 3.4

**Динаміка наростання листкової поверхні посівів кукурудзи залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, тис м<sup>2</sup>/га (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне<br>удобрення                            | Допосівна обробка<br>насіння       | Площа листкової поверхні посіву |          |                               |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
|                                                    |                                    | 12-13<br>листіків               | цвітіння | молочна<br>стиглість<br>зерна |
| Без удобрення                                      | Без обробки                        | 18,8                            | 36,5     | 33,5                          |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 19,6                            | 36,9     | 34,8                          |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 19,9                            | 37,3     | 34,9                          |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                        | 19,7                            | 39,4     | 36,4                          |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 20,1                            | 39,6     | 36,9                          |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 20,3                            | 40,2     | 37,5                          |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                        | 20,6                            | 40,8     | 37,7                          |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 20,8                            | 41,3     | 38,5                          |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 20,9                            | 41,5     | 38,8                          |

Проведення мінерального удобрення із застосуванням як біодобрих, так і мінеральних добрив сприяло подовженню тривалості періоду активного функціонування листкової поверхні і відповідно проходженню процесів синтезу органічних спотук, що надалі йшли до зерна. Найбільш помітну дію на даний процес мало комплексне застосування біодобрих Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т) на фоні внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>. Про це свідчать найвищі розміри листкової поверхні посівів кукурудзи у фазі молочної стиглості зерна. У варіантах поєднання внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та застосування біодобрих величина листкової поверхні посівів кукурудзи збільшувалася порівняно з контролем на 3,4-4,0 тис м<sup>2</sup>/га. У варіантах проведення допосівної обробки насіння кукурудзи збільшення величини листкової поверхні посівів щодо контролю становило 1,3-1,4 тис м<sup>2</sup>/га.

Для повної характеристики фотосинтетичної роботи листового апарату досить важливими є не тільки її розміри, а й тривалість активного фотосинтетичного функціонування. Показник, що показує загальну тривалість

фотосинтетичної роботи як окремої листкової пластинки так і їх загальної кількості на рослинах – фотосинтетичний потенціал. Результати досліджень показали значний позитивний вплив застосування мінерального удобрення на величину даного показника. Причому прояв впливу мінерального удобрення на величину даного показника був вираженим сильніше. На це вказує збільшення величини даного показника щодо контролю на 0,06-0,13 млн м<sup>2</sup>діб/га у варіантах із застосуванням біодобрів і на 0,24-0,30 млн м<sup>2</sup>діб/га - у варіантах із внесенням мінеральних добрив. У варіанті поєднання застосування комплексу біодобрів Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2/0 л/т) на тлі внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> величина фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи була найвищою.

Відповідно до підвищення значень площі листкової поверхні рослин та подовження часу її активного функціонування зростала кількість синтезованої рослинами, органічної речовини.

Результати досліджень свідчать про позитивну дію елементів технології, що вивчалися на інтенсивність продукування органічної речовини одиницею листкової поверхні. Застосування біологічних препаратів у допосівній обробці насіння сприяло підвищенню значень чистої продуктивності порівняно з контролем на 0,06-0,13 г/м<sup>2</sup> за 1 добу. У варіантах із поєднанням допосівної обробки насіння біопрепаратами та внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> величина чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи зростала щодо контролю на 0,27-0,31 г/м<sup>2</sup> за 1 добу. Продуктивність фотосинтетичної роботи одиниці листкової поверхні за вибраний проміжок часу була найвищою у варіанті поєднання допосівної обробки насіння комплексом біопрепаратів та внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> (табл. 3.5).

Підвищення значень чистої продуктивності фотосинтезу забезпечило збільшення величини надземної органічної біомаси рослин.

Таблиця 3.5

**Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне<br>удобрення                            | Допосівна обробка<br>насіння       | Чиста<br>продуктивність<br>фотосинтезу,<br>г/м <sup>2</sup> за 1 добу | Фотосинтетичний<br>потенціал посівів,<br>млн м <sup>2</sup> діб/га |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                    |                                    | (12 листків – молочна стиглість зерна)                                |                                                                    |
| Без удобрення                                      | Без обробки                        | 5,32                                                                  | 0,756                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 5,38                                                                  | 0,798                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 5,45                                                                  | 0,802                                                              |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                        | 5,56                                                                  | 0,883                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 5,59                                                                  | 0,925                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 5,63                                                                  | 0,956                                                              |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                        | 5,62                                                                  | 1,098                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 5,68                                                                  | 1,123                                                              |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 5,73                                                                  | 1,134                                                              |

Таким чином, застосування органічних і мінеральних добрив забезпечувало збільшення розмірів листової поверхні, подовження періоду її фотосинтетичного функціонування і відповідне підвищення інтенсивності накопичення органічної речовини рослинами та створення ними більш розвиненої надземної частини.

У дослідженні було відмічено, що на початкових етапах росту і розвитку кукурудзи, інтенсивність даних процесів була незначною. Темпи накопичення рослинами органічної сухої біомаси значно підвищувалися від фази 12-13 листків до цвітіння. У цей час маса рослин у абсолютно сухому стані зростала на 12,2-14,4 г. Темпи її накопичення від фази викидання волотей до молочно-воскового стану зерна знижувалися (табл 3.6).

В цілому по досліді відмічений позитивний вплив застосування мінеральних і біологічних добрив на накопичення рослинми абсолютно сухої біомаси. Даний процес був найбільш виражений за комплексного застосування біодобрив на

тлі найвищих рівнів мінерального удобрення. У фазі молочної стиглості зерна значення маси рослин кукурудзи у абсолютно сухому перевищували контрольний варіант на 7,9 г.

Таблиця 3.6

**Динаміка накопичення абсолютно сухої речовини кукурудзою залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне удобрення                               | Допосівна обробка насіння       | Маса рослин кукурудзи в абсолютно сухому стані, г |          |                         |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|----------|-------------------------|
|                                                    |                                 | 12-13 листків                                     | Цвітіння | Молочна стиглість зерна |
| Без удобрення                                      | Без обробки                     | 17,5                                              | 29,7     | 35,6                    |
|                                                    | Біонорма Азот                   | 18,3                                              | 31,2     | 36,8                    |
|                                                    | Біонорма Азот + Біонорма Фосфор | 19,4                                              | 31,9     | 37,2                    |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                     | 20,8                                              | 34,7     | 38,8                    |
|                                                    | Біонорма Азот                   | 21,3                                              | 35,3     | 39,6                    |
|                                                    | Біонорма Азот + Біонорма Фосфор | 22,4                                              | 36,8     | 41,4                    |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                     | 23,2                                              | 37,2     | 42,6                    |
|                                                    | Біонорма Азот                   | 24,5                                              | 37,8     | 42,9                    |
|                                                    | Біонорма Азот + Біонорма Фосфор | 25,3                                              | 38,3     | 43,5                    |

У варіантах поєднання допосівної обробки насіння біодобривами на тлі внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> маса рослин у абсолютно сухому стані перевищувала значення контрольного варіанту на 4,0-5,8 г. У варіантах застосування біодобриг прибавка абсолютно сухої біомаси рослин щодо контролю було на рівні 1,2-1,6 г.

### **3.4. Вплив мінерального живлення на величину елементів продуктивності та урожайність зерна кукурудзи**

Урожайність зерна визначається величиною елементів індивідуальної продуктивності рослин. Вона може мати найвищі значення у разі оптимального співвідношення усіх елементів індивідуальної продуктивності рослин, а саме

довжини та діаметру качана, кількості рядів зерен в качані, кількості зерен в ряду, кількості та маси зерен з качана, маси 1000 зерен.

За недостатного розвитку якогось одного структурного елемента під впливом несприятливих погодних умов, можливою може бути компенсація за рахунок розвитку інших складових. Це може бути пояснено тим, що на певних етапах розвитку рослин формуються відповідні елементи структури врожаю із відповідною забезпеченістю рослин вологою та тепловими ресурсами.

Величина показників індивідуальної продуктивності рослин значною мірою визначається темпами накопичення рослинами органічних речовин та спрямованістю і інтенсивністю перерозподілу їх до органів, що їх потребують на даному етапі розвитку.

Одним із вагомих факторів, що визначають інтенсивність проходження даного процесу є забезпеченість рослин елементами мінерального живлення. Результати досліджень свідчать про позитивний вплив внесення мінеральних добрив і застосування інокуляції насіння за використання біодобрив на величину елементів структури врожаю кукурудзи. Найвищі її значення були отримані у варіанті комплексного застосування біодобрив та внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ . У даному варіанті довжина качана становила 20,4 см, діаметр качана був - 47,9 мм із 16 рядами, а маса 1000 зерен була на рівні 342,4 г.

За меншої забезпеченості рослин поживними речовинами величина структурних елементів врожаю зменшувалася. У варіанті із застосуванням біодобрив та внесенням мінеральних добрив дозою  $N_{60}P_{60}K_{60}$  довжина качана змінювалася у межах 18,2-18,8 см, діаметр качана становив - 46,9-47,4 мм із 16 рядами, а маса 1000 зерен була на рівні 331,9-336,5 г. У варіанті застосування біодобрив без мінерального удобрення рослини формували качани довжиною 16,3-17,2 см, діаметром 45,9-46,2 мм. Кількість рядів зерен на кочанах становила 16 шт, а маса 1000 зерен змінювалася у межах 311-319,5 г (табл 3.7).

Таблиця 3.7

**Індивідуальна продуктивність рослин кукурудзи залежно від  
забезпеченості елементами мінерального живлення  
(2022-2023 рр.)**

| Без обробки                                        | Допосівна обробка<br>насіння       | Довжина<br>качана,<br>см | Діаметр<br>качана,<br>мм | Кількість<br>рядів<br>зерен,<br>шт | Маса<br>зерна з<br>качана,<br>г | Маса<br>1000<br>зерен,<br>г |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Без удобрення                                      | Без обробки                        | 15,8                     | 45,2                     | 16                                 | 167,4                           | 296,5                       |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 16,3                     | 45,9                     | 16                                 | 169,2                           | 311,2                       |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 17,2                     | 46,2                     | 16                                 | 170,6                           | 319,5                       |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                        | 17,5                     | 46,3                     | 16                                 | 176,2                           | 317,7                       |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 18,2                     | 46,9                     | 16                                 | 177,3                           | 331,9                       |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 18,8                     | 47,4                     | 16                                 | 178,3                           | 336,5                       |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                        | 19,4                     | 47,3                     | 16                                 | 180,5                           | 328,4                       |
|                                                    | Біонорма Азот                      | 19,6                     | 47,7                     | 16                                 | 181,6                           | 336,3                       |
|                                                    | Біонорма Азот +<br>Біонорма Фосфор | 20,4                     | 47,9                     | 16                                 | 182,3                           | 342,4                       |

Урожайність зерна є інтегральним показником, що виражає вплив комплексу факторів вирощування певної агрокліматичної зони на хід розвитку і формування продуктивності рослин. Вагомим фактором підвищення рівня урожайності зерна є оптимізація забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

Результати досліджень показали, що урожайність зерна кукурудзи змінювалася залежно від застосування різних систем удобрення. Найбільш ефективним у цьому відношенні виявилось поєднання обробки насіння перед сівбою комплексом Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т) та внесення мінеральних добрив дозою діючої речовини N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> (табл 3.8).

Прибавка урожайності зерна кукурудзи у даному варіанті становила 1,03 т/га. У варіанті із поєднання застосування біологічних добрив та внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> і перевищення показника урожайності зерна кукурудзи порівняно із контрольним варіантом становило 0,67-0,73 т/га. Прибавка урожайності зерна кукурудзи у варіантах проведення допосівної обробки насіння щодо контролю становила 0,10-0,15 т/га.

Таблиця 3.8

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від від забезпеченості елементами мінерального живлення, т/га (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне удобрення                               | Допосівна обробка насіння     | Урожайність зерна, т/га |      | Середнє за 2 роки |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------|-------------------|
|                                                    |                               | 2022                    | 2023 |                   |
| Без удобрення                                      | Без обробки                   | 6,97                    | 7,23 | 7,10              |
|                                                    | Бінорма Азот                  | 7,08                    | 7,31 | 7,20              |
|                                                    | Бінорма Азот + Бінорма Фосфор | 7,12                    | 7,38 | 7,25              |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без обробки                   | 7,56                    | 7,79 | 7,68              |
|                                                    | Бінорма Азот                  | 7,68                    | 7,86 | 7,77              |
|                                                    | Бінорма Азот + Бінорма Фосфор | 7,73                    | 7,93 | 7,83              |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без обробки                   | 7,93                    | 8,06 | 8,00              |
|                                                    | Бінорма Азот                  | 7,97                    | 8,12 | 8,05              |
|                                                    | Бінорма Азот + Бінорма Фосфор | 8,06                    | 8,19 | 8,13              |

НІР<sub>0,95</sub> А = 0,05 т/га

В = 0,08 т/га

АВ = 0,10 т/га

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ

Розрахунок економічних показників, що визначають раціональність застосування біодобрив Біонорма азот (1,0 л/т) і Біонорма фосфор (2,0 л/т) у допосівній інокуляції насіння, внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{10}P_{100}K_{100}$  та їх поєднання був проведений із використанням матеріалів у яких вказана вартість матеріальних ресурсів та засобів у агротехнологічному процесі вирощування культури на основі діючих у 2022-2023 рр розцінок. Вартість досліджуваних прийомів була різною, що в кінцевому рахунку визначило економічну ефективність застосування їх у агротехнологічному процесі вирощування.

Результати досліджень показали, що виробничі витрати, залежно від досліджуваних прийомів змінювалися у межах від 24352 грн/га на контрольному варіанті до 24713 грн/га на варіанті поєднання інокуляції насіння комплексом біопрепаратів на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ . Натомість вартість валової продукції збільшувалася у протилежному напрямку, що пояснюється зростанням рівня врожаю у варіантах із застосуванням біодобрив та мінеральних добрив. Величини даних показників визначили рівень собівартості та рентабельності виробництва зернової продукції кукурудзи. Дані величини змінювалися у межах від 3430 до 3014 грн./т, та 45,8-64,5 % залежно від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами та величини урожайності зерна.

Аналіз економічної ефективності застосування елементів технології вирощування кукурудзи виказав достатньо високу доцільність поєднання використання комплексу біодобрив Біонорма азот (1,0 л/т) і Біонорма фосфор (2,0 л/т) у допосівній обробці насіння та внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ , де рентабельність виробництва зернової продукції кукурудзи становила 64,5 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність застосованих систем удобрення посівів  
кукурудзи, (2022-2023 рр.)**

| Мінеральне<br>удобрення                            | Допосівна<br>обробка<br>насіння          | Вартість<br>валової<br>продукції,<br>грн./га | Виробничі<br>витрати,<br>грн./га | Умовно-<br>чистий<br>прибуток,<br>грн./га | Собівартість<br>1 ц зерна,<br>грн. | Рентабельність<br>виробництва,<br>% |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Без<br>удобрення                                   | Без<br>обробки                           | 35500                                        | 24352                            | 11148                                     | 3430                               | 45,8                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот                         | 36000                                        | 24374                            | 11626                                     | 3385                               | 47,7                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот +<br>Біонорма<br>Фосфор | 36250                                        | 24374                            | 11876                                     | 3362                               | 48,7                                |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | Без<br>обробки                           | 38400                                        | 24486                            | 13914                                     | 3188                               | 56,8                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот                         | 38850                                        | 24492                            | 14358                                     | 3152                               | 58,6                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот +<br>Біонорма<br>Фосфор | 39150                                        | 24513                            | 14637                                     | 3131                               | 59,7                                |
| N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> | Без<br>обробки                           | 40000                                        | 24672                            | 15328                                     | 3084                               | 62,1                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот                         | 40250                                        | 24698                            | 15552                                     | 3068                               | 63,0                                |
|                                                    | Біонорма<br>Азот +<br>Біонорма<br>Фосфор | 40650                                        | 24713                            | 15937                                     | 3040                               | 64,5                                |

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Як показали результати досліджень, застосування елементів мінерального живлення покращує умови росту і розвитку рослин та є дієвим засобом підвищення зернової продуктивності посівів. Поряд з тим, необхідно зазначити, що до складу мінеральних добрив входять солі важких металів, органічних сполук та радіоактивних ізотопів. Із токсичних елементів можуть бути присутні миш'як, кадмій, свинець, фтор, стронцій, що являють собою джерела забруднення навколишнього середовища [93].

Агроекосистема - це екосистема, яка була змінена людиною для виробництва продуктів харчування, сировини та енергії. З плином часу і в різних регіонах планети було розроблено кілька форм господарювання. Вони спричинили різні модифікації потоку енергії та кругообігу речовин у агроекосистемах. Одним з головних наслідків цих модифікацій є забруднення навколишнього середовища на місцевому та глобальному рівнях. Це може бути особливо інтенсивним для так званих індустриальних агроекосистем.

Ефективне господарювання, на даний момент, вимагає широкого використання викопних видів палива які часто серйозно впливають на навколишнє середовище. Тому агроекосистема відіграє ключову роль у забезпеченні сталості світового життя, оскільки експоненціальне зростання населення планети призведе до збільшення попиту на продукти харчування.

Добрива є невід'ємною частиною сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки вони забезпечують необхідні мінеральні елементи для росту рослин і формування врожаю. Навіть високоврожайні сорти сільськогосподарських рослин, можливо, не розкриють весь свій потенціал без отримання збалансованої дози добрив.

Добрива можна умовно поділити на дві групи: (i) неорганічні або хімічні добрива, які включають азотні, фосфорні, калійні та комплексні добрива, та (ii) органічні добрива, які включають гній, кісткове борошно, компост, сидерати тощо.

Зростання чисельності населення призвело до інтенсифікації сільського господарства, що супроводжувалося додатковим використанням добрив, які відіграли життєво важливу роль у задоволенні попиту на продовольство в усьому світі. Ступінь залежності світового виробництва продуктів харчування від застосування добрив можна легко зрозуміти оскільки очікується, що споживання азотних, фосфорних і калійних добрив збільшиться порівняно з поточними рівнями споживання на 172%, 175% та 150% відповідно до 2050 року.

Світове виробництво добрив супроводжується різким збільшенням частки карбаміду у світовому виробництві азотних добрив, яка становить приблизно 40% від усіх вироблених азотних добрив [67]. Таке зростання споживання добрив призвело до зміни складу поживних речовин у стічних водах і вимивання та погіршення стану ґрунтів і якості поверхневих і підземних вод. Нерозбірливе і довготривале використання добрив стало значним джерелом забруднення ґрунтів і води [68], що ставить під загрозу незаймані наземні та водні екосистеми і здоров'я людей під загрозу. Ґрунти природно містять важкі метали, такі як кадмій, ртуть, миш'як, хром, свинець тощо., але надмірне застосування добрив погіршує ситуацію, знижуючи рівень рН ґрунту, що сприяє доступності важких металів. Крім того, добрива також містять широкий спектр важких металів з вихідних матеріалів, тому застосування цих добрив додає більше важких металів у ґрунти [69].

Надмірне накопичення важких металів погіршує фізичні та біологічні характеристики ґрунту і негативно впливає на ріст рослин, а також на фізіологічні та біохімічні процеси, що призводять до дегенерації органел і клітин, та загибелі клітин, що може призвести до загибелі рослин. Споживання таких культур та продуктів їхньої переробки сприяє потраплянню металів у харчовий ланцюг, де вони завдають шкоди нашій екосистемі та здоров'ю людей і тварин [70, 71].

Азотні добрива вважаються найбільшими винуватцями забруднення води. У ґрунті азот перетворюється на аміак, який, у свою чергу перетворюється на

нітриту та нітрата, які є добре розчинними і рухливими та слабо зв'язані з частинками ґрунту. Нітрата легко вимиваються у поверхневі водойми дощем або вимиваються в ґрунтові води через ґрунтові та інфільтраційні води [72]. У свою чергу, споживання забрудненої нітратами води викликає метгемоглобінемію або синдром блакитної дитини у немовлят та рак шлунку [73]. Точне внесення добрив у рослини дає багатообіцяючі результати, однак ті ж самі добрива при нерозбірливому використанні становлять серйозну загрозу навколишньому середовищу і спричиняють забруднення ґрунту та водойм.

Серед неорганічних добрив фосфорні добрива є основним джерелом забруднень, оскільки вони можуть містити сліди кадмію, миш'яку, азбесту, хрому, фтору, стронцію, торію, урану, цинку та ін. [74, 75]. Певні рівні важких металів присутні в ґрунтах природним чином, що зумовлено вивітрюванням материнських матеріалів. Забруднювачі, що містяться у фосфатному добриві [76].

Ці метали (кадмій, миш'як, азбест) викликають найбільше занепокоєння, оскільки вони негативно впливають на здоров'я людини і спричиняють проблеми з опорно-руховим апаратом. Надмірне і тривале використання добрив призводить до накопичення цих забруднювачів у ґрунті до рівня, шкідливого для довкілля [77-79]. Більше того, взаємодія між різними елементами призводить до кількох інших токсичних ефектів порівняно з дією окремих забруднювачів [80]. Крім того, зрошувальна вода, пестициди та органічні добрива є іншими важливими джерелами важких металів у сільськогосподарських ґрунтах [81, 82]. Ці шкідливі елементи через біоаккумуляцію в рослинах приєднуються до харчового ланцюга, а решта потрапляє у водну систему через вилуговування та поверхневий стік.

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

Завдання екологічної експертизи охоплюють:

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

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

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

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

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

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

Екологічна експертиза технологій вирощування гороху в ДП ДГ „Степне” показала, важливість розробки і прийняття рішень щодо обмеження та раціонального і більш безпечного використання мінеральних добрив. Наразі у

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

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Перед внесенням будь-якого добрива важливо враховувати:

- Загальний стан рослин: вік, продуктивність, аналіз позакореневого підживлення і т.д. щоб знати кількість необхідних їм поживних речовин.
- Слід брати до уваги, чи плантації ще перебувають у стадії виробництва чи вже у стадії виробництва, оскільки потреби в поживних речовинах різняться.
- Щоб визначити кількість азоту, якого потребують сільськогосподарські культури, необхідно провести аналіз ґрунту і врахувати такі фактори, як вологість ґрунту.
- Для визначення дози внесених фосфору, калію та магнію необхідні аналізи ґрунту та/або позакореневого підживлення, а також інформація про минулі внесення добрив. Рекомендується контролювати принаймні кожні 2 роки потребу в цих елементах за допомогою цього типу аналізу.
- Необхідно знати кількість гною та інших органічних добавок, які необхідно внести, щоб уникнути згубного впливу на органічне виробництво.
- Кліматичні умови важливі, оскільки надлишок води та вологості, надмірне випаровування, сильний холод, відсутність світла або інші умови можуть серйозно змінити стан врожаю.

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

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

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

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

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

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

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

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

- Неправильне поводження з цими речовинами, наприклад куріння під час нанесення продуктів або невикористання відповідних засобів захисту [83-85].

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

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

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

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

Не допускаються до таких робіт особи:

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

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим.

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

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

Працівники повинні суворо дотримуватись вимог безпеки під час таких операцій:

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

Керівник робіт повинен:

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

## ВИСНОВКИ

1. Динаміка наростання надземної частини рослин кукурудзи у висоту обумовлювалася забезпеченістю рослин поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду. Найбільш сприятливі умови для проходження ростових процесів у рослинах створювалися у варіантах застосування допосівної обробки насіння біодобривами Біонорма Азот (1,0 л/т) та Біонорма Фосфор (2,0 л/т) на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ .

2. Проведення допосівної інокуляції насіння біодобривом на основі бульбочкових азотфіксуючих та фосформобілізуючих мікроорганізмів на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  виявилось найбільш ефективним у контексті формування рослинами вегетативної частини, листкової поверхні та її фотосинтетичної роботи. У свою чергу це мало прямий вплив на величину індивідуальної продуктивності рослин та урожайності посівів.

3. Застосування комплексу біодобрив (Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т)) на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів кукурудзи до 8,13 т/га та досягти рентабельності виробничого процесу на рівні 64,5 %.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У агротехнологічному комплексі вирощування кукурудзи рекомендованим ефективним прийомом підвищення зернової продуктивності посівів до 8,13 т/га та збільшення рівня їх економічної ефективності до 64,5 % є застосування комплексу біодобрих (Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т)) на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gul H., Rahman S., Shahzad A., Gul S., Qian M., Xiao Q., et al. Maize (*Zea mays* L.) productivity in response to nitrogen management in Pakistan. *Am. J. Plant Sci.* 2021. 12, 1173–1179. doi: 10.4236/ajps.2021.128081
2. Chaturvedi N., Sharma P., Shukla K., Singh R., Yadav S. Cereals nutraceuticals, health ennoblement and diseases obviation: A comprehensive review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science.* 2011;1:6-12
3. Díaz-Gómez J.L., Castorena-Torres F., Preciado-Ortiz R.E., García-Lara S. Anti-cancer activity of maize bioactive peptides. *Frontiers in Chemistry.* 2017;5:44. DOI: 10.3389/fchem.2017.00044
4. Cadaval A., Artiach-Escauriaza B., Garín-Barrutia U., Pérez-Rodrigo C., Aranceta J., Serra L. Alimentos funcionales Para una alimentación más saludable. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). 2005. pp. 7-12.
5. Cevallos-Casals B.A., Cisneros-Zevallos L. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2003;51:3313-3319. DOI: 10.1021/jf034109c
6. De la Parra C., Serna-Saldivar S.O., Liu R.H. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2007;55:4177-4183
7. Panfili G., Fratianni A., Irano M. Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2003;51:3940-3944. DOI: 10.1021/jf030009v
8. Momany F.A., Sessa D.J., Lawton J.W., Selling G.W., Hamaker S.A., Willett J.L. Structural characterization of  $\alpha$ -Zein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2006;54:543-547. DOI: 10.1021/jf058135h
9. Liu X.L., Zheng X.Q., Song Z.L., Liu X.F., Kopparapu N.K., Wang X.J., Zheng Y.J. Preparation of enzymatic pretreated corn gluten meal hydrolysate and in vivo

evaluation of its antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. 2015;18:1147-1157

10. Jongfeng A, Jay-Lin J. Macronutrients in corn and human nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016;15(3):581-598. DOI: 10.1111/1541-4337.12192

11. Nishimura N., Tanabe H., Sasaki Y., Makita Y., Ohata M., Yokoyama S., Asano M., Yamamoto T., Kiriya S. Pectin and high-amylose maize starch increase caecal hydrogen production and relieve hepatic ischaemia-reperfusion injury in rats. *The British Journal of Nutrition*. 2012;107(4):485-492. DOI: 10.1017/S0007114511003229. Epub 2011 Jul 15

12. Lao F., Sigurdson G.T., Giusti M.M. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2017;16(2):234-246

13. Zilic S., Serpen A., Akıllıoğlu G., Gökmén V., Vancetovic J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012;60(5):1224-1231. DOI: 10.1021/jf204367z

14. Urias-Lugo D.A., Heredia J.B., Muy-Rangel M.D., Valdez-Torres J.B., Serna-Saldívar S.O., Gutiérrez-Urbe JA. Anthocyanins and phenolic acids of hybrid and native blue maize (*Zea mays* L.) extracts and their antiproliferative activity in mammary (MCF7), liver (HepG2), colon (Caco2 and HT29) and prostate (PC3) cancer cells. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2015;70(2):193-199. DOI: 10.1007/s11130-015-0479-4

15. Salinas Y., Bustos F., Hernández M., Pakza R., Vázquez J.L. Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrociencia*. 2003;37(6):617- 628

16. Agatia G., Azzarella G., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science*. 2012;196:67-76. DOI: 10.1016/j.plantsci.2012.07.014

17. Petroni K., Pili R., Tonelli C. Anthocyanins in corn: A wealth of genes for human health. *Planta*. 2014;240:901-911. DOI: 10.1007/s00425-014-2131-1
18. Lao F., Giusti M.M. Quantification of purple corn (*Zea mays* L.) anthocyanins using spectrophotometric and HPLC approaches: Method comparison and correlation. *Food Analytical Methods*. 2015;9(5):1367-1380. DOI: 10.1007/s12161-015-0318-0
19. Li C.Y., Kim H.W., Won S.R., Min K.J., Park J.Y., Ahn M.S., Rhee H.I. Corn husk as a potential source of anthocyanins. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2008;56:11413-11416. DOI: 10.1021/jf802201c
20. Aoki H., Kuze N., Kato Y., Gen S.E. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.). *Foods and Food Ingredients Journal of Japan*. 2002:41-45
21. Kristina K., Grbeša D.. Carotenoid content and antioxidant activity of hexane extracts from selected Croatian corn hybrids. *Food Chemistry*. 2015;167:402-408. DOI: 10.1016/j. foodchem.2014.07.002
22. Mendoza-Díaz S., Ortiz-Valerio Mdel C., Castaño-Tostado E., Figueroa-Cárdenas Jde D., Reynoso-Camacho R., Ramos-Gómez M., Campos-Vega R., Loarca-Piña G. Antioxidant capacity and antimutagenic activity of anthocyanin and carotenoid extracts from nixtamalized pigmented Creole maize races (*Zea mays* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. Dec 2012;67(4):442-449. DOI: 10.1007/s11130-012-0326-9
23. Masisi K., Diehl-Jones W.L., Gordon J., Chapman D., Moghadasian M.H., Beta T. Carotenoids of aleurone, germ, and endosperm fractions of barley, corn and wheat differentially inhibit oxidative stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;63(10):2715- 2724. DOI: 10.1021/jf5058606 [Epub Mar 3, 2015]
24. Jung Y.J., Park J.H., Cho J.G., Seo K.H., Lee D.S., Kim Y.C., Kang H.C., Song M.C., Baek N.I. Lignan and flavonoids from the stems of *Zea mays* and their anti-inflammatory and neuroprotective activities. *Archives of Pharmaceutical Research*. 2015;38(2):178-185. DOI: 10.1007/ s12272-014-0387-4 [Epub Apr 19, 2014]
25. Žilić S., Janković M., Basić Z., Vančetović J., Maksimović V. Antioxidant activity, phenolic profile, chlorophyll and mineral matter content of corn silk (*Zea*

- mays L): Comparison with medicinal herbs. Comparison with medicinal herbs. *Journal of Cereal Science*. 2016;69:363-370. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.05.003
26. Alfieri M., Hidalgo A., Berardo N., Redaelli R. Carotenoid composition and heterotic effect in selected Italian maize germplasm. *Journal of Cereal Science*. 2014;59(2):181-188. DOI: 10.1016/j.jcs.2013.12.010
27. Lopez-Martinez L.X., Parkin K.L., Garcia H.S. Phase II-inducing, polyphenols content and antioxidant capacity of corn (*Zea mays* L.) from phenotypes of white, blue, red and purple colors processed into masa and tortillas. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2011; 66(1):41-47. DOI: 10.1007/s11130-011-0210-z
28. Huang J., Wang X., Tao G., Song Y., Ho C., Zheng J., Ou S. Feruloylated oligosaccharides from maize bran alleviate the symptoms of diabetes in streptozotocin-induced type 2 diabetic rats. *Food & Function*. Mar 1, 2018;9(3):1779-1789. DOI: 10.1039/c7fo01825h
29. Del Pozo-Insfran D., Brenes C.H., Serna-Saldivar S.O., Stephen T. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *Research International*. 2006;39(6):696-703. DOI: 10.1016/j.foodres.2006.01.014 [47] World Health Organization. Obesity and Overweight [Internet]. Fact sheet, 311. 2016
30. Tsuda T., Horio F., Uchida K., Aoki H., Osawa T. Dietary Cyanidin 3-O-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *The Journal of Nutrition*. 2003;133(7):2125-2130. DOI: 10.1093/jn/133.7.2125
31. Lee J., Kim S-L., Lee S., Chung M.J., Park Y.I. Immunostimulating activity of maysin isolated from corn silk in murine RAW 264.7 macrophages. *BMB Reports*. 2014;47:382
32. Habtemariam S.. Extract of corn silk (Stigma of *Zea mays*) inhibits tumour necrosis factor $\alpha$ -and bacterial lipopolysaccharide-induced cell adhesion and ICAM-1 expression. *Planta Medica*. 1998;64:314-318
33. Kim K.A., Choi S.-K., Choi H.-S. Corn silk induces nitric oxide synthase in murine macrophages. *Experimental & Molecular Medicine*. 2004;36:545

34. Kim K.A., Shin H.-H., Choi S.K., Choi H.-S. Corn silk induced cyclooxygenase-2 in murine macrophages. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2005;69:1848-1853
35. Setiyono T. D., Walters D. T., Cassman K. G., Witt C., Dobermann, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. *Field Crops Res.* 2010. 118, 158–168. doi: 10.1016/j.fcr.2010.05.006
36. Ray K., Banerjee H., Bhattacharyya K., Dutta S., Phonglosa A., Pari A., et al. Site specific nutrient management for maize hybrids in an inceptisol of West Bengal, India. *Exp. Agric.* 2018. 54, 874–887. doi: 10.1017/S001447971700045X
37. Huang Z. X., Wang Y. J., Wang K. J., Li D. H., Zhao M., Liu J. G., et al. Photosynthetic characteristics during grain filling stage of summer maize hybrids with high yield potential of 15,000 kg/ha. *Sci. Agricultura Sinica*. 2017. 40, 1898–190
38. Shanti K. V. P., M. R. Rao, M. S. Reddy, and R. S. Sarma, “Response of maize (*Zea mays*) hybrid and composite to different levels of nitrogen,” *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 67, pp. 424–425, 1997.
39. Haque M. M., A. Hamid, N. I. Bhuiyan, “Nutrient uptake and productivity as affected by nitrogen and potassium application levels N maize/sweet potato intercropping system,” *Korean Journal of Crop Science*, vol. 46, no. 1, pp. 1–5, 2001.
40. Lee, E. A., and Tollenaar, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Sci.* 2007. 47, 202–215. doi: 10.2135/cropsci2007.04.0010IPBS
41. Hirel B., Gouis J. L., Ney B., Gallais A. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J. Exp. Bot.* 2007. 58, 2369–2387. doi: 10.1093/jxb/erm097
42. Brady N. C., *The Nature and Properties of Soils*, Macmillan Publishing Company, New York, NY, USA, 1984.
43. Onasanya R. O., O. P. Aiyelari, A. Onasanya, S. Oikeh, F. E. Nwilene, and O. O. Oyelakin, “Growth and yield response of maize (*Zea mays* l.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers in Southern Nigeria,” *World Journal of*

Agricultural Sciences, vol. 5, no. 4, pp. 400–407, 2009.

44. Banerjee H., Goswami R., Dutta S. K., Chakrabort, S., Majumdar K. Farm typology-based phosphorus management for maize in West Bengal. *Better Crops-South Asia*. 2015. 9, 8–11.

45. Usuda H., Shimogawara, K. Phosphate deficiency in maize. I. Leaf phosphate status, growth, photosynthesis and carbon partitioning. *Plant Cell Physiol*. 1991. 32, 497–504. doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a078107

46. Ray K., Banerjee H., Bhattacharyya K., Dutta S., Phonglosa A., Pari A., et al. Site specific nutrient management for maize hybrids in an inceptisol of West Bengal, India. *Exp. Agric*. 2018. 54, 874–887. doi: 10.1017/S001447971700045X

47. Plénet D., Mollier A., Pellerin, S. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant Soil*. 2000. 224, 259–272. doi: 10.1023/A:1004835621371

48. S. Bashir, Response of brown sarson to NPK application under early, normal and late sown conditions [Ph.D. thesis], Division of Agronomy, SKUAST-K, 2012.

49. R. C. Jaggi, “Indian mustard yield, maturity and seed straw ratio as affected by sulphur and phosphorus fertilization,” *Indian Journal of Agronomy*, vol. 43, no. 1, pp. 129–132, 1998.

50. S. Bashir, Response of brown sarson to NPK application under early, normal and late sown conditions [Ph.D. thesis], Division of Agronomy, SKUAST-K, 2012. Jaggi R. C. “Indian mustard yield, maturity and seed straw ratio as affected by sulphur and phosphorus fertilization,” *Indian Journal of Agronomy*, vol. 43, no. 1, pp. 129–132, 1998.

51. Hawkesford M., Horst W., Kichey T., Lambers H., Schjoerring J., Skrumsager M., et al. “Functions of macronutrients,” in Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd edition. Ed. P. Marschner (London, UK: Academic Press), 2012. 178–189.

52. Peng Y. F., Yu P., Zhang Y., Sun G., Ning P., Li X. X., et al. Temporal and spatial dynamics in root length density of field-grown maize and NPK in the soil profile. *Field Crops Res*. 2012. 131, 9–16. doi: 10.1016/j.fcr.2012.03.003

53. Souza R. D., Ambrosini A., Passaglia L. M. Plant growth-promoting bacteria as

- inoculants in agricultural soils. *Genet. Mol. Biol.* 2015. 38, 401–419. doi: 10.1590/S1415-475738420150053
54. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M., Zeroual Y., Dhiba D. Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Front. Microbiol.* 2018. 9:1606. doi: 10.3389/fmicb.2018.01606
55. Полтавська область: природа, населення, господарство. Географічний та історико-економічний нарис / За ред. К.О. Маца. Полтава: Полтавський літератор, 1998. 336 с.
56. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.1. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные процессы / Под ред. Н.И. Полупана. К.: Урожай, 1988. 296 с.
57. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416 с.
58. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури)/за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.
59. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вищ. шк., 1994. 334 с.
60. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах/ Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П.. Москва : АН СССР, 1961. 133 с.
61. Методика проведення досліджень у кормовиробництві, та годівлі тварин/Бабич А. О. та ін. ; під ред. А. О. Бабича. Київ : Аграрна наука, 1998. 80 с
62. Новоселов Ю. К., Харьков Г. Д., Шеховцова Н. С. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва : Всесоюз. науч.-исслед. Ин-т кормов им. В. Р. Вильямса, 1983. 198 с.
63. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой/Д. С. Филев и др. Тр. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск, 1980. 54 с.
64. Орленский Н. А., Орленская Н. А. Биозенергетическая эффективность выращивания кукурузы на зерно. *Зерновое хозяйство.* 2005. №1. С. 20.
65. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных

Наций: Центральная база данных производства зерна кукурузы. URL: <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>

66. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Київ: ННЦ ІАЕ, 2005. 402 с.

67. Constant KM and Sheldrick WF (1992) World nitrogen survey. World bank technical paper number 174. Washington, DC

68. Almasri M., Kaluarachchi J. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds Journal of Hydrology 295, 1–4, 10, 2004, Pages 225–245 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.013>

69. Huang S., Jin J. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use Environ Monit Assess. 2008. 139:317–327 <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9838-4>

70. Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environmental Chemistry Letters. 2010. 8: 199–216.

71. Tajlor M.D., Percival H.J. Cadmium in soil solutions from a transect of soils away from a fertiliser bin. Environmental Pollution. 2001. 113. 1. 35–40. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00170-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00170-6)

72. Speriran G.K. Geohydrology and Geochemistry near coastal ground-water-discharge areas of the Eastern Shore, Virginia. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2479. 1996. Richmond, VA: USGS.

73. Wolfe A., Patz J. Reactive nitrogen and human health: Acute and long-term implications Ambio. 2002. 31. 2. 120 – 125.

74. Alloway B.J., Steinnes E. (1999) Anthropogenic additions of cadmium to soils. In: McLaughlin MJ and Singh BR (eds.) Cadmium in soils and plants. 1999. 97–123. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

75. Al-Attar L., Al-Qudat M., Shamami K., Ghany B.A., and Kanakri S. Case study: heavy metals and fluoride contents in the materials of Syrian phosphate industry and in the vicinity of phosphogypsum piles. Environmental Technology. 2012. 33: 143–

152.

76. Raven K.P., Loeppert R.H. Heavy metals in the environment: heavy metal composition of fertilizers and soil amendments. *Journal of Environmental Quality*. 1997. 26: 551–557.
77. Atafar Z., Mesdaghinia A., Nouri J., Homae M., Yunesian M., Ahmadimoghaddam M., Mahvi A.H. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environmental Monitoring and Assessment* . 2010.160: 83–89. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0659-x>.
78. Hariprasad N.V., Dayananda H.S. Environmental impact due to agricultural runoff containing heavy metals—a review. *International Journals of Scientific Research Publications*. 2013. 2250-31533.
79. Yargholi B., Azarneshan S. Long-term effects of pesticides and chemical fertilizers usage on some soil properties and accumulation of heavy metals in the soil (case study of Moghan plain's (Iran) irrigation and drainage network). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2014. 7: 518–523.
80. Haiyan W., Stuanes A.O. Heavy metal pollution in air-water-soil-plant system of Zhuzhou City, Hunan Province, China. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2003. 147: 79–107.
81. Adriano D.C. Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. New York: Springer 2001.
82. Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton-Smith C., Chambers B.J. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment*. 2003. 311: 205–219.
83. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ: Каравела, 2008. 34-41.
84. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 40 -52.
85. Єсипенко А. Розроблення переліку профілактичних заходів щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На допомогу спеціалісту з охорони праці, №4, 2012. 36 – 40.

## ДОДАТОК А

### БІОНОРМА АЗОТ

**Механізм дії** Біонорма Азот - композиція азотфіксувальних бактерій характеризується комплексною дією на рослини. Вільноживучі азотфіксатори роду *Azotobacter* здатні фіксувати атмосферний азот та накопичувати його у верхньому родючому шарі ґрунту, збагачуючи його азотом в доступній для рослин формі.

Мікроорганізми роду *Azospirillum* є асоціативними азотфіксувальними бактеріями, що колонізують ризосферу та ризоплану рослини. Фіксують атмосферний азот в безпосередній близькості до кореня, сприяють його засвоєнню рослиною, підвищують здатність коренів утримувати воду та посилюють ріст в цілому.

Бактерії, що входять до складу препарату, доповнюють дію один одного, забезпечуючи найбільш ефективне накопичення сполук азоту в результаті їх біологічної азотфіксації.

#### **Переваги препарату:**

- Поєднання вільноживучих та асоціативних азотфіксувальних бактерій
- Підвищення вмісту доступного азоту в ґрунті до 40 кг/га
- Зниження норми внесення мінеральних добрив
- Широкий діапазон способів обробки

#### **Інструкція по застосуванню**

**Обробка ґрунту:** проводиться робочим розчином (з розрахунку на 1 га) необхідно 1 - 10 л препарату змішати з 150 – 200 л водопровідної відстояної води. Для підвищення ефективності, препарат рекомендується заробляти у ґрунт задля його рівномірного розподілу.

**Обробка насіння:** передбачає передпосівну обробку насіння робочим розчином препарату механізованим способом або вручну. Робочий розчин готують та використовують безпосередньо в день висіву. При обробці насіння вручну або за допомогою спеціальних пристроїв (протруювальних машин) необхідно забезпечити рівномірний розподіл препарату в масі насіння.

Сумісне використання препарату з хімічними протруйниками: біоагенти препарату толерантні до ряду хімічних препаратів.

### БІОНОРМА ФОСФОР

Біонорма Фосфор Діючою речовиною препарату є ґрунтові спорові бактерії *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, мікроміцети *Trichoderma harzianum*

**Механізм дії:** Забезпечення повноцінного фосфорного живлення сільськогосподарських культур, підвищення ступеня засвоєння фосфору як з ґрунту, так і з мінеральних добрив. Бактерії – діючі агенти препарату володіють рекордно високою здатністю до синтезу органічних та мінеральних кислот, а також ферментів-фосфатаз, які сприяють переведенню важкорозчинних сполук фосфору в ґрунтовий розчин, доступний для поглинання кореневою системою рослини

Запорукою ефективності препарату Біонорма Фосфор є комплексна дія спорових бактерій *Bacillus megaterium* і *Bacillus amyloliquefaciens* та мікроміцетів *Trichoderma harzianum*.

Мікроорганізми *Bacillus megaterium* і *Trichoderma harzianum* мобілізують неорганічний фосфор завдяки синтезу комплексу органічних та неорганічних кислот, бактерії *Bacillus amyloliquefaciens* мобілізують органічні сполуки фосфати за рахунок продукування ферментів – фосфатаз. Завдяки різноспрямованій дії біоагентів препарату рослині стають доступними всі можливі джерела фосфорного живлення.

## ДОДАТОК В

УДК 631.5:633.358

### УДОБРЕННЯ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ

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

*Полтавський державний аграрний університет*

doktor nauk rolniczych, adiunkt, Zakład Uprawy Roślin Pastewnych

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

**Коротич В.В.**, СВО Магістр за спеціальністю 201 – Агрономія

*Полтавський державний аграрний університет*

**Актуальність теми.** Кукурудза (*Zea mays* L.) є важливою культурою, універсального використання. Її зерно та листково-стеблова маса є сировиною у приготуванні продуктів харчування для населення, кормів для тварин і птиці, а також у промисловій переробці на етанол [1].

Зерно кукурудзи характеризується високою поживною цінністю, що обумовлюється наявністю у ньому близько 9-15% білка, 65-74% вуглеводів, 4,0-10% олії, 2,0-2,5% клітковини, вітамінів А, С, В1, В2, В6, РР, Е, С, мінеральних солей фосфору, кальцію, заліза та мікроелементів [2].

Стабільний попит на зернову продукцію кукурудзи, високі показники рентабельності її виробництва та добра адаптивність рослин до зміни ґрунтово-кліматичних умов, надають можливість розширення ареалу вирощування даної культури [1].

Одним з основних методів покращення доступності поживних речовин у ґрунті для рослин є внесення мінеральних добрив. Даний агротехнічний прийом має істотний позитивний вплив на морфологічні характеристики рослин, але надмірне використання хімічних добрив може призвести до виникнення ряду економічних, екологічних та природоохоронних проблем [3-5].

У цьому відношенні одним із перспективних методів покращання поживного режиму рослин та підвищення їх продуктивності є використання біодобрив, на основі живих мікроорганізмів або латентних клітин, що колонізують кореневу систему та сприяють підвищенню доступності поживних речовин для рослин [6,7]. На відміну від хімічних добрив, що забезпечують кореневу зону легкодоступними елементами мінерального живлення, які можуть піддаватися втратам, біодобрива збільшують поглинання поживних речовин, за рахунок фіксації молекулярного азоту повітря, або солубілізації недоступних для рослин фосфору і калію [8].

**Мета роботи** - визначення ефективності застосування мінеральних та біологічних добрив у технології вирощування кукурудзи.

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області впродовж 2022–2023 рр.

У досліді вивчалися вплив різних доз мінеральних добрив ( $N_0P_0K_0$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{100}P_{100}K_{100}$ ) (Фактор А), застосування біодобрив Бінорма Азот (1,0 л/т) на основі вільноживучих азотфіксуючих мікроорганізмів та Бінорма Фосфор

(2,0 л/т) на основі спорових бактерій та мікроміцетів (Фактор В) та їх комбінації на зміну параметрів росту та продуктивності кукурудзи.

У проведеному дослідженні схема розміщення варіантів і повторень була систематичною із чотириразовою повторністю. Величина облікової площі ділянки становила 50 м<sup>2</sup>.

**Результати досліджень** показали значну роль мінерального живлення у підвищенні величини складових продуктивності рослин кукурудзи. В цілому по досліді внесення мінеральних добрив, застосування біодобрив та їх поєднання, сприяло збільшенню довжини і діаметру качанів порівняно із контрольним варіантом на 0,5-4,6 см, їх діаметру - на 7,0-27,0 мм, маси 1000 зерен - на 6,2-40,0 г. Найвищі значення параметрів індивідуальної продуктивності рослин були відмічені у варіанті поєднання внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> та комплексного застосування біодобрив у допосівній обробці насіння. У даному варіанті рослини формували качани довжиною 20,4 см, діаметром 47,9 мм. Маса 1000 зерен становила 296,3 г.

Відповідно до підвищення показників індивідуальної продуктивності рослин, загальна урожайність посівів кукурудзи порівняно із контрольним варіантом зростала у варіантах із внесенням мінеральних добрив на 0,58-0,90 т/га, проведенням допосівної обробки насіння біодобривом Біорма Азот - на 0,10 т/га, комплексом Біорма Азот + Біорма Фосфор - на 0,15 т/га. Поєднання внесення мінеральних добрив та проведення допосівної обробки насіння Біорма Азот забезпечило прирост урожайності зерна кукурудзи на рівні 0,67-0,95 т/га. У варіантах поєднаного застосування мінеральних добрив та біодобрив урожайність зерна кукурудзи підвищувалася порівняно із контролем на 0,73-1,03 т/га. Найвищою вона була у варіанті поєднання внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> та застосування комплексу Біорма Азот + Біорма Фосфор.

**Висновок.** Поєднання внесення N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> та застосування комплексу Біорма Азот + Біорма Фосфор у обробці насіння перед сівбою є ефективним агротехнічним прийомом, що дозволяє підвищити урожайність зерна кукурудзи до 8,13 т/га.

### Бібліографічний список

1. Gul, H., Rahman, S., Shahzad, A., Gul, S., Qian, M., Xiao, Q.. Maize (*Zea mays* L.) productivity in response to nitrogen management in Pakistan. Am. J. Plant Sci. 2021. 12. 1173–1179. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.128081>
2. Островський Л.Л., Ямковий І.О. Високопродуктивні гібриди кукурудзи. Агроном. 2014. 1(43). 130-134.
3. Надь Янош. Кукуруза. Вінниця.: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.
4. Дроздовський Я.П., Рибка В.С., Пащенко О.Ю. Загальні тенденції та особливості розвитку виробництва зерна кукурудзи в придніпровському регіоні. Хранение и переработка зерна. 2004. 10. С. 16.
5. Гойсюк Л.В. Енергетичний потенціал рідких видів біопалива, вироблених із ріпаку і кукурудзи на зерно. Економіка АПК. 2010. 8. С. 37- 42.
6. Lakshmi P. Comparative study of vermicast and charcoal used as a carrier inoculums to the biofertilizer preparation. BMR Biotechnology. 2014. 1. 1–6.

7. du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Hortic. 2015. 196. 3-14.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

8. Pawar J., Kumar P., Khanna R. Efficiency of biofertilizers in increasing the production potential of cereals and pulses: A review. J. Pharmacognosy Phytochem. 2015. 8. 183-188.

## ДОДАТОК С

### АНОТАЦІЯ

**Коротич В.В. Агротехнологічні прийоми оптимізації формування продуктивності кукурудзи**

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

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

**Обсяг магістерської роботи:** 68 с., 11 табл., 85 літературних джерел.

**Об'єкт досліджень:** ріст і розвиток рослин, формування та величина листкової поверхні, фотосинтетична продуктивність рослин, величина урожайності зерна залежно від рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

**Мета роботи:** визначення впливу оптимізація проходження процесу формування продуктивності кукурудзи шляхом покращання поживного режиму рослин за рахунок підбору найбільш доцільної комбінації мінеральних добрив та біодобрив.

**Результати та їх новизна:** полягає в тому, що за умов недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України визначено ефективність різних рівнів мінерального удобрення а також поєднання мінерального удобрення і застосування біодобрив на основі азотфіксуючих, фосфор і калій мобілізуючих

мікроорганізмів у формуванні продуктивності кукурудзи. У ході проведення досліджень було удосконалено агротехнологічні елементи вирощування кукурудзи за умов недостатнього зволоження Лівобережного Лістостепу України.

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

**Значення роботи та висновки:** у ході проведення експериментальних досліджень було визначено, що у агротехнологічному комплексі вирощування кукурудзи ефективним прийомом підвищення зернової продуктивності посівів до 8,13 т/га та збільшення рівня їх економічної ефективності до 64,5 % є застосування комплексу біодобрих (Біонорма Азот (1,0 л/т) + Біонорма Фосфор (2,0 л/т)) на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$ .

**Перелік ключових слів:** кукурудза, формування продуктивності, удобрення, біодобрива.