

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет плодощовчівництва, екології та захисту рослин
Кафедра овочівництва

Допущено до захисту

« ____ » _____ 2025 р.

Зав. кафедри, д. с.-г. н., доцент

_____ Наталія ЯЦЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЦУКРОВОЇ
КУКУРУДЗИ В УМАНСЬКОМУ НУС**

Виконав: студент ІІІ курсу, групи 31 к-с

Освітньо-професійної програми

Садівництво та виноградарство

спеціальності 203 Садівництво та виноградарство

Романко Сергій Тодорович

Науковий керівник: д. с.-г. н., доцент Яценко Н.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури	7
1.1. Сучасний стан досліджень	7
1.2. Біологічна дія препаратів	10
1.3. Технологічні аспекти застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння кукурудзи, зокрема цукрової	11
РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкти, методика проведення досліджень	14
2.1. Умови проведення досліджень	14
2.2. Об'єкт досліджень	15
2.3. Методика проведених досліджень	16
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень	18
3.1. Фенологічні та біометричні показники росту і розвитку рослин кукурудзи цукрової залежно від обробки насіння біопрепаратами	18
3.2. Урожайність кукурудзи цукрової залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами	24
Висновки	29
Пропозиції виробництву	29
Список джерел літератури	30

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, зростання потреб у продовольчій безпеці та підвищенні ефективності агровиробництва, вирощування кукурудзи, включаючи її солодкі сорти, займає одне з ключових місць у світовому та національному аграрному виробництві. Кукурудза (*Zea mays* L.) є культурою з високим генетичним потенціалом урожайності, широким спектром використання та здатністю до адаптації в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Особливо зростає зацікавлення у вирощуванні цукрової кукурудзи як високоліквідної овочевої культури, придатної до механізованого збирання, переробки й реалізації у свіжому вигляді. Утім, її вирощування вимагає особливо ретельного дотримання агротехнічних заходів, зокрема передпосівної підготовки насіння, адже на ранніх етапах органогенезу цукрова кукурудза є вразливою до ґрунтових і кліматичних стресів, біотичних уражень та нестачі стартових елементів живлення.

Період проростання та початкового розвитку рослин має надзвичайно високе значення для формування майбутньої продуктивності, і будь-яке пригнічення в цей період часто є незворотним. Чутливість до температурного режиму, нестабільність вологи в посівному шарі, наявність ґрунтової патогенної мікрофлори та конкуренція з бур'янами у фазі 2–4 листків – усе це визначає необхідність формування оптимального мікробіологічного середовища вже на етапі проростання насіння. Особливої уваги потребує насіння цукрової кукурудзи, яке зазвичай має тоншу оболонку, вищий вміст цукрів і, відповідно, меншу стійкість до патогенів і пошкоджень під час обробки.

Мета дослідження. Метою дослідження є підбір оптимальних біопрепаратів, які забезпечать високий врожай кукурудзи цукрової гібриду Брусниця на чорноземі опідзоленому у Правобережному Лісостепу України.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасний стан досліджень

Традиційно у вітчизняній та світовій практиці широко застосовуються хімічні протруйники на основі діючих речовин синтетичного походження (тіабендазол, флудіоксоніл, металаксил тощо), однак накопичення таких речовин у агробіоценозах несе загрозу деградації мікробіоти, резистентності патогенів, фітотоксичності для культури та ризиків для довкілля. Дані наукових досліджень свідчать, що надмірне застосування агрохімікатів у передпосівній обробці здатне негативно впливати на симбіотичну активність кореневої мікрофлори, викликати уповільнення росту проростків, зниження польової схожості та асиміляційної активності молодих рослин (Гончарук, 2020; O'Brien & Figueiredo, 2021).

У цьому контексті біологізація агротехнологій стає стратегічним напрямом сталого землеробства, відповідаючи вимогам міжнародних екологічних політик, зокрема Стратегії «Від лану до столу» (EU Green Deal, 2020), рекомендаціям FAO щодо зниження використання агрохімікатів (FAO, 2021) та баченням OECD з підтримки біоінновацій у сільському господарстві (OECD, 2019). Біопрепарати на основі живих мікроорганізмів – бактерій (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Bacillus*), грибів (*Trichoderma*, *Glomus*), а також регулятори росту природного походження (гібереліни, ауксини, гумати) демонструють здатність до покращення проростання насіння, стимулювання розвитку кореневої системи, підвищення стресостійкості та загальної енергії росту рослин. Тому метою даного огляду є комплексне узагальнення сучасних літературних джерел вітчизняних і зарубіжних науковців щодо ефективності застосування біологічних препаратів і регуляторів росту при передпосівній обробці насіння кукурудзи, з особливим акцентом на цукрову кукурудзу. Особливу увагу буде приділено аналізу механізмів дії, технологічних аспектів

застосування, результатів польових досліджень у різних кліматичних умовах та потенційним ризикам, пов'язаним із впровадженням біоінокулянтів у систему вирощування кукурудзи.

Упродовж останніх десятиліть питання ефективності біологічних препаратів та регуляторів росту при передпосівній обробці насіння кукурудзи привертає пильну увагу вітчизняних і зарубіжних науковців. В Україні активно ведуться дослідження у провідних науково-дослідних установах, зокрема в Інституті землеробства НААН, Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Національному університеті біоресурсів і природокористування України (НУБіП), де досліджуються як біологічні інокулянти, так і мікробіологічні стимулятори росту. Наприклад, у роботах, виконаних у межах програм НААН, показано, що передпосівна обробка насіння кукурудзи біопрепаратами «Ризобофит» та «Поліміксобактерин» сприяє підвищенню польової схожості, активізації фітогормонального балансу в проростках і, відповідно, забезпечує вищу врожайність у фазі молочної стиглості (Кузьмінов та ін., 2020). За даними НУБіП, обробка цукрової кукурудзи препаратом «Фітоцид-р», що містить бактерії роду *Bacillus amyloliquefaciens*, знижує ураження кореневих систем патогенами на 28–35 %, а також підвищує активність ферментів антиоксидантного захисту (Старченко, 2021).

Препарати на основі гумінових кислот, такі як «Гумісол», також отримали високу оцінку завдяки своїй здатності стимулювати енергію проростання насіння в умовах дефіциту вологи. Польові досліді в умовах Центрального Лісостепу України показали, що обробка насіння «Гумісолом» забезпечувала формування потужнішої кореневої системи та підвищення вмісту хлорофілу в листках кукурудзи у фазі 5–7 листків (Мельничук, 2019).

На міжнародному рівні дослідники зосереджують увагу на використанні ефективних мікроорганізмів як альтернативи синтетичним препаратам. У США значне поширення отримали інокулянти на основі *Azospirillum lipoferum*, що активно використовуються у вирощуванні гібридів солодкої кукурудзи. Згідно

з результатами досліджень Smith et al. (2018), інокуляція насіння *Bacillus subtilis* забезпечує не лише покращення стартового росту, а й сприяє підвищенню ефективності використання азоту в системах з обмеженим внесенням мінеральних добрив. У Китаї активно досліджуються мікоризні асоціації (AMF – арбускулярні мікоризні гриби), зокрема *Trichoderma harzianum*, які, за результатами польових експериментів, демонструють позитивний вплив на розвиток кореневої системи кукурудзи на фоні низької родючості ґрунтів (Zhao et al., 2020).

У Польщі науковці з Інституту рослинництва в Пулавах зосереджуються на створенні біологічних протруйників для насіння органічного походження, особливо для солодкої кукурудзи, де підвищена чутливість до агрохімікатів унеможливорює використання традиційних протруйників (Nowak et al., 2021). Натомість у Бразилії, яка є провідним виробником маїсу, дослідження зосереджені на PGPR-препаратах (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) на основі *Azospirillum brasilense*, які використовуються для зменшення залежності від мінеральних добрив і стабілізації урожайності в умовах вологого тропічного клімату (Hungria et al., 2016).

Однак, незважаючи на очевидні переваги, варто зазначити, що існує низка проблем, пов'язаних із відтворюваністю результатів та адаптивністю біопрепаратів у різних агроєкосистемах. Значне розмаїття ґрунтових умов, мікробного складу ризосфери, сорто- та гібридоспецифічних реакцій ускладнюють стандартизацію технологій біоінокуляції. Крім того, бракує систематизованих метааналізів, які б дозволили кількісно оцінити ефективність біопрепаратів на різних сортах кукурудзи в довготривалих польових умовах. Таким чином, подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку адаптивних моделей застосування біопрепаратів, з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону, біотипу культури та типу біологічного агента.

1.2. Біологічна дія препаратів

Біопрепарати, що використовуються для передпосівної обробки насіння кукурудзи, зокрема її цукрових сортів, чинять багатовекторну дію на проростки та молоді рослини через складні мікробіологічні, біохімічні й фізіологічні механізми. Однією з ключових груп біоагентів, що входить до складу інокулянтів, є PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) – ризосферні бактерії, здатні стимулювати ріст рослин. Їхня дія опосередковується через кілька основних механізмів: синтез фітогормонів (насамперед ауксинів, зокрема індол-3-оцтової кислоти), біологічну фіксацію атмосферного азоту та підвищення доступності фосфору за рахунок продукування органічних кислот і фосфатаз (Glick, 2012). Так, бактерії роду *Azospirillum* та *Bacillus*, інокульовані на насіння кукурудзи, в польових умовах активізують меристемну активність клітин, стимулюючи утворення вторинних коренів і прискорене формування стеблових вузлів (Hungria et al., 2016; Bilal et al., 2020).

Крім PGPR, важливу роль у розвитку кореневої системи кукурудзи відіграють мікоризні гриби, які вступають у симбіотичні зв'язки з коренями рослин. Арбускулярна мікориза (AM) – поширене явище у кукурудзи, за якого гіфи грибів (*Glomus*, *Trichoderma*) проникають у кірку кореня та утворюють арбускули, що значно збільшують площу поглинання води та іонів. Це дозволяє рослині краще засвоювати фосфор, калій, цинк, залізо, а також підтримує водний баланс у стресових умовах (Smith & Read, 2008). В умовах посухи, за даними досліджень китайських вчених, інокуляція насіння кукурудзи *Trichoderma harzianum* сприяла підвищенню активності антиоксидантної системи та накопиченню осмотичних регуляторів (Zhao et al., 2020).

Особливий інтерес становить синергія мікробних препаратів з природними регуляторами росту, зокрема гіберелінами, цитокінінами та брассиностероїдами, які продукуються як рослиною, так і деякими видами бактерій. Бактерії роду *Bacillus subtilis*, згідно з дослідженнями американських учених, можуть синтезувати гібереліноподібні сполуки, що пришвидшують проростання насіння навіть за умов пониженої температури (Vacheron et al.,

2013). Ці речовини активізують поділ клітин, розтягнення тканин та розвиток вторинної кореневої системи, що є критично важливим для ранніх етапів вегетації кукурудзи.

Ще одним важливим компонентом дії біопрепаратів є їхній захисний потенціал у боротьбі з ґрунтовими патогенами. Біофунгіциди на основі *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viride* або *Streptomyces griseoviridis* продукують широкий спектр антимікробних метаболітів – від ліпопептидів до хітиназ, здатних пригнічувати збудників таких захворювань, як фузаріоз (*Fusarium oxysporum*), пітіоз (*Pythium ultimum*) та гельмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum*) (Harman et al., 2004). Застосування цих біофунгіцидів при передпосівній обробці насіння цукрової кукурудзи дозволяє не лише зменшити ризик загнивання проростків, а й суттєво знизити кількість уражених рослин у фазі кушення.

Загалом, численні польові експерименти та лабораторні дослідження доводять, що біопрепарати мають потужну здатність до підвищення енергії проростання насіння, прискорення формування кореневої системи, зростання індексу вегетативної маси та розвитку симбіотичних структур. За даними досліджень українських учених (Гончарук, 2020; Старченко, 2021), насіння кукурудзи, оброблене комплексними бактеріально-гуміновими препаратами, демонструє на 15–22 % кращу схожість та на 12–18 % вищу біомасу проростків за умов контролю вологого дефіциту. Ці ефекти мають особливо велике значення в системі вирощування солодкої кукурудзи, де критично важливими є стартова енергія росту, швидкість формування генеративних органів і здатність культури протистояти змінним екологічним умовам.

1.3. Технологічні аспекти застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння кукурудзи, зокрема цукрової

Ефективність біологічних препаратів при передпосівній обробці насіння кукурудзи значною мірою залежить не лише від складу та якості

мікробіологічного агента, а й від обраної технології нанесення, що має враховувати специфіку препарату, морфологічні особливості культури, а також фізичний стан насіння та умови його подальшого зберігання. Найбільш поширеними методами передпосівної біологічної обробки є класичне протруювання, інкрустація, інокуляція та короткочасне замочування насіння у водних або колоїдних розчинах біоагентів.

Протруювання, як базовий агротехнічний прийом, передбачає нанесення рідких або сухих препаратів на насіння безпосередньо перед сівбою. Для біопрепаратів цей спосіб є прийнятним лише за умов, якщо препарат не містить живих мікроорганізмів, або якщо обробка виконується впродовж декількох годин до висіву. Інакше активні культури можуть втратити життєздатність через осмотичні стреси або нестачу кисню (Зозуля, 2019). Інкрустація, яка передбачає покриття насіння плівкою з полімерів із включенням біопрепаратів, дозволяє забезпечити тривале збереження мікроорганізмів на поверхні насінини, але вимагає строго контрольованих умов сушіння, що унеможливорює застосування агресивних температур або інтенсивної аерації (Kremer, 2014).

Інокуляція, тобто нанесення суспензії мікроорганізмів безпосередньо на поверхню насіння, зазвичай проводиться за 1–3 дні до посіву і супроводжується просушуванням у затінку або при температурі не вище +25 °C. У разі використання інокулянтів із високим титром, таких як *Azospirillum brasilense* або *Bacillus subtilis*, рекомендовано уникати прямого сонячного світла та зберігати оброблене насіння у провітрюваному середовищі (Hungria et al., 2010). Замочування в рідких біопрепаратах (наприклад, «Поліміксобактерин» або «Гумісол») використовується переважно у фермерських господарствах та на органічних виробництвах, оскільки дозволяє досягти глибшого проникнення біоагентів у мікропори насінної оболонки. Проте такий метод не передбачає тривалого зберігання насіння після обробки і вимагає оперативного висіву.

Особливої уваги потребує передпосівна обробка насіння цукрової кукурудзи, оскільки його ніжна оболонка, високий вміст цукрів та особливості фізіології роблять його вразливим до механічних і осмотичних пошкоджень.

Згідно з рекомендаціями Інституту овочівництва і баштанництва НААН, інокуляція насіння цукрової кукурудзи біопрепаратами повинна проводитися при вологості насіння не вище 12 %, з подальшою витримкою у тіні протягом 6–8 годин (Мельник, 2021). При цьому температура препарату й навколишнього середовища має залишатися в межах 20–25 °С. Іноземні дослідження також підтверджують потребу у делікатному підході: у США використовується практика внесення PGPR-препаратів безпосередньо у посівну борозну за допомогою інжекційних систем (Cassán et al., 2015), що дозволяє уникнути стресу насіння при обробці.

Важливим аспектом є також взаємодія біопрепаратів із традиційними агрохімікатами, такими як мікроелементні комплекси або хімічні протруйники. У випадку паралельного застосування, як зазначають дослідники з Польщі та Бразилії, хімічні сполуки, особливо фунгіциди на основі карбендазиму або тіабендазолу, можуть істотно знижувати активність біоагентів, пригнічуючи їх ріст або руйнуючи клітинні стінки (Malusá & Vassilev, 2014). Тому рекомендується або повністю уникати одночасного використання хімічних протруйників і біопрепаратів, або застосовувати адаптовані технологічні протоколи з розведенням у часі обробок на 24–48 годин.

Таким чином, оптимізація технологій передпосівної біологічної обробки насіння кукурудзи вимагає урахування комплексу чинників – типу препарату, чутливості сорту (особливо у випадку з цукровими формами), фізіологічного стану насіння та потенційних взаємодій із хімічними речовинами. Правильне дотримання технологічних регламентів дозволяє не лише забезпечити ефективність дії мікроорганізмів, а й уникнути небажаних наслідків у фазі проростання, що є критично важливим для стартового розвитку культури.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Умови проведення досліджень

Дослідження з вивчення технології удобрення кукурудзи цукрової в умовах Правобережного Лісостепу України, проводилися у 2022 – 2023 роках на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського НУС за схемою, яка включала чотири варіанти.

Закладання дослідів виконували методом рендомізації. Повторність досліду – чотириразова. Площа дослідної ділянки 50 м². Посів кукурудзи цукрової проводили 5–10 травня з густотою 35 тис./га.

Схема однофакторного досліду включала гібрид кукурудзи цукрової Брусниця та біопрепарати Азотофіт (контроль), Мікофренд-т , Bionorma Pseudomonas, Primseed Biom Horti який вирощували за загальноприйнятою технологією.

Полеві дослідження проводилися на експериментальних ділянках кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва. Ґрунт характеризується як опідзолений чорнозем важкосуглинкового типу з гумусовим горизонтом завтовшки 40–45 см, містить близько 1,5% гумусу, а його рН (сольове) становить 6,65. Гідролітична кислотність дорівнює 2,6 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами варіюється в межах 90–95%, а загальна сума ввібраних основ складає 24,6 мг-екв/100 г. В орному шарі визначено 108,7 мг/кг легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом), 59 мг/кг рухомого фосфору та 120,5 мг/кг обмінного калію (за Чиріковим). Об’ємна маса ґрунту змінюється в межах 1,26–1,34 г/см³, а полева вологоємність становить 16,2% в орному та 14,6% у підорному шарах.

Такий ґрунт є родючим завдяки сприятливим фізико-хімічним характеристикам, що дозволяє ефективно вирощувати овочеву сою. Протягом періоду досліджень погодні умови були нестабільними, а основні

метеорологічні показники значно відрізнялися від середньобагаторічних значень. Крім загальної кількості опадів, важливо враховувати їх розподіл за фазами росту кукурудзи, а також їх інтенсивність та ефективність. У 2024 році загальна сума опадів за вегетаційний період становила 131,2 мм, а у 2023 році—163,1 мм, що майже удвічі менше за нормативний рівень у 250 мм. Умови вологозабезпечення були критичними, особливо у першій половині травня обох років, що негативно вплинуло на рівномірність сходів цукрової кукурудзи.

2.2. Об'єкт досліджень

Кукурудза Брусниця—це середньостиглий гібрид цукрової кукурудзи, який дозріває за 85–96 днів. Рослина середньоросла, досягає 175–190 см у висоту, формує слабokonусовидні качани довжиною 22–25 см і масою 220 г. Зерно оранжево-жовте, має відмінні смакові якості та високий вміст цукрів, що робить його ідеальним для варіння та консервування.

Гібрид добре адаптований до українських кліматичних умов, демонструє стабільну врожайність на рівні 1,3–1,7 кг/м² і потребує достатньої кількості вологи для оптимального розвитку. Завдяки товарному вигляду та добрим транспортувальним властивостям, качани Брусниця користуються попитом на ринку свіжих овочів і підходять для заморожування. Якщо тебе цікавлять деталі щодо агротехніки вирощування, можемо розглянути їх окремо.

У проведеному дослідженні як контрольний варіант використовували біопрепарат Азотофіт, який є комплексом азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter chroococcum*. Цей препарат сприяє активному засвоєнню атмосферного азоту, синтезу стимуляторів росту, вітамінів, амінокислот, що загалом підвищує енергію проростання, розвиток кореневої системи та формування врожайності кукурудзи цукрової.

Іншим досліджуваним варіантом був біологічний препарат Мікофренд-т, який створено на основі мікоризних грибів (*Glomus spp.*). Він покращує симбіотичні зв'язки між кореневою системою рослин і ґрунтовими грибами,

сприяє кращому поглинанню води та елементів живлення (особливо фосфору), а також підвищує стійкість рослин до стресових умов вирощування.

Біопрепарат Bionorma *Pseudomonas* містить активні штами бактерій роду *Pseudomonas fluorescens*, що мають властивості антагоністів до ґрунтових патогенів і здатні продукувати речовини з фунгіцидною дією. Його застосування стимулює ріст кореневої системи, покращує імунний стан рослин та сприяє формуванню високоякісного урожаю.

Primseed Biom Horti – це бактеріальний консорціум нового покоління, що включає *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* та *Pseudomonas fluorescens*. Препарат комплексно впливає на ріст і розвиток рослин: фіксує атмосферний азот, мобілізує фосфор, стимулює ріст за рахунок фітогормонів та покращує мікробіологічну активність ґрунту в прикореневій зоні.

2.3. Методика проведених досліджень

В польових і лабораторних дослідах кафедри овочівництва Уманського НУС в умовах Правобережного Лісостепу України упродовж 2020–2021 рр., вивчали продуктивність і біохімічний склад кукурудзи цукрової залежно від фону живлення.

В досліді проводилися обліки і спостереження згідно загальноприйнятих методик: фенологічні спостереження. Впрожовж вегетації у кукурудзи фіксувалися дати появи сходів, цвітіння, плодоутворення. Початком фази вважається дата, коли у фенофазу увійшло 15% рослин; обраховувалась площа методом висічок, кількість листків, шт/росл. у фазу технічної стиглості.

Облік урожайності проводили методом поділянкового зважування в період технічної стиглості з поділом продукції на стандартну і нестандартну згідно з ДСТУ ЕЭК ООOFFV–06.

Передпосівну обробку насіння проводили з використанням чотирьох біопрепаратів, кожен з яких має різну мікробіологічну основу та механізм дії.

Як контрольний варіант використовували Азотофіт (виробник – Україна), що містить живі клітини *Azotobacter chroococcum*. Препарат вносили у нормі 0,5 л/т насіння шляхом обприскування робочим розчином безпосередньо перед сівбою. Після обробки насіння підсушували до сипучого стану.

Мікофренд-т (виробник – ТОВ «БТУ-Центр», Україна), до складу якого входять спори ендомікоризних грибів роду *Glomus spp.*. Препарат використовували у дозі 1,0 л/т насіння, рівномірно розпилюючи робочий розчин на насіння з подальшим перемішуванням та підсушуванням. Мікофренд-т сприяє формуванню мікоризного симбіозу, що активізує фосфорне та мікроелементне живлення.

Bionorma Pseudomonas – бактеріальний препарат на основі *Pseudomonas fluorescens* (Україна). Препарат застосовували в нормі 1,5 л/т насіння. Передпосівну обробку проводили аналогічно: шляхом рівномірного нанесення розчину на насіння у спеціальній лабораторній бетономішалці. Препарат сприяє індукуванню системної резистентності, покращує фітосанітарний стан посівів і стимулює ріст первинної кореневої системи.

Primseed Biom Horti (виробник – Bio-Life, Польща), що містить комплекс бактерій: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens* у концентрації 25 млрд кл./г. Норма внесення становила 2,0 л/т насіння. Обробку проводили у день сівби з наступним висівом протягом 6–8 годин. Даний препарат поєднує властивості азотфіксації, фосфатмобілізації та фітогормонального стимулювання росту.

Усі обробки виконували за кімнатної температури, з використанням очищеної води у співвідношенні 1:1 або 1:2 залежно від густоти препарату. Робочі розчини готували безпосередньо перед застосуванням.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Фенологічні та біометричні показники росту і розвитку рослин кукурудзи цукрової залежно від обробки насіння біопрепаратами

Неоднорідні агровиробничі умови років досліджень зумовили різні строки сівби кукурудзи цукрової. Так, у 2023 р. сівбу культури було здійснено 1 травня, а у 2024 р. – 10 травня. Звідси впливає значне зміщення у часі строків настання основних фенофаз і збирання врожаю.

Застосування біологічних препаратів помітно впливає на динаміку росту і розвитку рослин упродовж вегетаційного періоду (табл. 3.1.).

На фазу «Сходи – 3–5 листків» усі варіанти реагували однаково – по 11,7 діб, що свідчить про відсутність суттєвого впливу препаратів на початкову швидкість проростання та розвиток у ранній фазі. Починаючи з фази «3–5 листків – викидання волоті», спостерігається подовження тривалості вегетації в оброблених варіантах порівняно з контролем: від 26,3 діб у варіанті з Азотофітом до 29,3 діб при використанні Primseed Biom Horti. Це свідчить про загальне уповільнення темпів розвитку в середині вегетації, що вказує на більш тривалий період нагромадження біомаси, потенційно сприятливий для формування врожаю. Фази «Викидання – цвітіння волоті» у всіх варіантах мають однакову тривалість (4,0 діб), що свідчить про відсутність впливу біопрепаратів на цей міжфазний період.

У фазі «Цвітіння волоті – початок молочно-воскової стиглості (МВС)» спостерігається послідовне збільшення тривалості з 20,3 діб у контролі до 21,7 діб при використанні Primseed Biom Horti, що може свідчити про подовження періоду активного фотосинтезу і синтезу вуглеводів – важливий фактор для якості зерна.

Таблиця 3.1

**Тривалість міжфазних періодів кукурудзи цукрової залежно від дії
біопрепарату, діб**

Біопрепарат	Сходи – 3–5 листіків	3–5 листків– викидання волоті	Викидання– цвітіння волоті	Цвітіння волоті– початок МВС зерна	Сівба– початок МВС зерна
Азотофіт (контроль)	11,7	26,3	4,0	20,3	73,3
Мікофренд-т	11,7	28,3	4,0	21,0	76,0
Bionorma Pseudomonas	11,7	28,9	4,0	21,4	77,3
Primseed Biom Horti	11,7	29,3	4,0	21,7	77,7

Загальна тривалість періоду «Сівба – початок МВС зерна» зростає з 73,3 діб у контролі до 77,7 діб у варіанті з Primseed Biom Horti. Це може вказувати на більш повне і збалансоване проходження вегетаційних фаз під дією комплексних бактеріальних препаратів, що позитивно впливає на потенціал урожайності. Тому застосування біопрепаратів сприяє незначному подовженню вегетаційного періоду, що дозволяє рослинам повніше реалізувати свій продуктивний потенціал. Найбільший вплив спостерігався при використанні Primseed Biom Horti та Bionorma Pseudomonas, що може бути пов'язано з багатокomпонентним складом препаратів та стимулювальним ефектом на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах.

Аналіз даних щодо висоти рослин кукурудзи цукрової залежно від дії біопрепаратів демонструє чітку позитивну динаміку зростання у всіх дослідних варіантах порівняно з контролем (табл. 3.2.). У фазі 3–5 листків найменша висота спостерігалася у контрольному варіанті з Азотофітом – 22,3 см. У варіантах з біопрепаратами висота рослин зростала: на 2,2 см при застосуванні Мікофренд-т, на 3,3 см з Bionorma Pseudomonas і на 4,5 см із Primseed Biom Horti. Це свідчить про більш активний початковий ріст рослин під впливом корневих стимуляторів

і симбіотичних мікроорганізмів.

Таблиця 3.2

Висота рослин кукурудзи цукрової залежно від дії біопрепарату, см

Біопрепарат	Висота рослин		
	в фазу 3–5 листіків	в фазу викидання волоті	на початку молочно– воскової стиглості
Азотофіт (контроль)	22,3	119,9	150,1
Мікофренд-т	24,5	128,7	160,7
Bionorma Pseudomonas	25,6	131,2	164,1
Primseed Biom Horti	26,8	133,7	166,9

У фазі викидання волоті приріст висоти щодо контролю був ще помітнішим: 8,8 см з Мікофренд-т, 11,3 см з Bionorma Pseudomonas і 13,8 см з Primseed Biom Horti. Це може свідчити про покращене живлення й активніші фізіологічні процеси на репродуктивному етапі розвитку.

На етапі початку молочно-воскової стиглості спостерігається аналогічна тенденція: контрольні рослини досягли 150,1 см, тоді як у дослідних варіантах висота коливалась від 160,7 см до 166,9 см. Найбільшу висоту знову показав варіант із застосуванням Primseed Biom Horti – на 16,8 см вище від контролю. Такий приріст свідчить про пролонговану дію препарату на ріст рослин, імовірно за рахунок комплексного складу та багатофункціонального впливу на кореневе живлення, мікробіоту та фітогормональний баланс.

У фазі 3–5 листків площа листової поверхні в контрольному варіанті (Азотофіт) становила 67 см², тоді як у варіантах з біопрепаратами показники були вищими: 75 см² при застосуванні Мікофренд-т, 83 см² з Bionorma Pseudomonas та 94 см² з Primseed Biom Horti. Це свідчить про стимулювальний

ефект препаратів на початковий розвиток листкової поверхні, що є важливим для ефективного фотосинтезу на ранніх етапах росту (табл. 3.3.)

Таблиця 3.3

Площа листкової поверхні однієї рослини кукурудзи цукрової, см²

Біопрепарат	Фенологічна фаза		
	3–5 листків	викидання волоті	початок МВС зерна
Азотофіт (контроль)	67	2509	3755
Мікофренд-т	75	2689	3851
Bionorma Pseudomonas	83	2924	4237
Primseed Biom Horti	94	3241	4554

На етапі викидання волоті площа листків у контрольному варіанті досягла 2509 см², тоді як у варіантах із біопрепаратами вона зростала від 2689 см² (Мікофренд-т) до 3241 см² (Primseed Biom Horti). Найбільше збільшення (на 732 см²) продемонстрував останній варіант, що свідчить про інтенсивне нарощування листової маси.

У фазі початку молочно-воскової стиглості площа листкової поверхні рослин знову найменшою залишалася у контролі – 3755 см², тоді як біопрепарати забезпечували її значне розширення: 3851 см² (Мікофренд-т), 4237 см² (Bionorma Pseudomonas), 4554 см² (Primseed Biom Horti). Таким чином, останній варіант перевищив контроль на 799 см², що є показником суттєвого покращення фотосинтетичного потенціалу рослини.

Отже, усі досліджувані біопрепарати позитивно впливають на розвиток листкової поверхні цукрової кукурудзи, що прямо пов'язано з інтенсивністю фотосинтезу, нагромадженням пластичних речовин і, відповідно, зростанням урожайності. Найбільш виражений ефект спостерігався при застосуванні препарату Primseed Biom Horti, що забезпечив максимальну площу листків на

всіх етапах вегетації.

У контрольному варіанті (Азотофіт) середня кількість рядів зерен становила 14,1, кількість зерен у ряду – 25,5, що забезпечило загальну кількість зерен на качані 361,2 шт. Цей варіант виступає як базовий для порівняння ефективності інших препаратів (табл. 3.4.)

Таблиця 3.4

**Кількість рядів, зерен у ряду та їх вихід з товарного качана
кукурудзи цукрової, шт.**

Біопрепарат	Кількість:		
	рядів	зерен у ряду	зерен на качані
Азотофіт (контроль)	14,1	25,5	361,2
Мікофренд-т	14,3	27,5	393,7
Bionorma Pseudomonas	14,5	28,1	402,9
Primseed Biom Horti	14,6	28,9	420,8

У варіанті з Мікофренд-т кількість рядів дещо зросла до 14,3, а кількість зерен у ряду – до 27,5, що в результаті дало 393,7 зерен на качані. Це на 32,5 зернини більше за контроль, що свідчить про покращення запилення та живлення у фазу генеративного розвитку.

Застосування Bionorma Pseudomonas дало ще вищі результати: 14,5 рядів і 28,1 зерен у ряду, відповідно 402,9 зерен на качані. Порівняно з контролем приріст становить 41,7 зернини, що вказує на більш інтенсивну генеративну активність.

Найвищі показники зафіксовані у варіанті з Primseed Biom Horti: 14,6 рядів, 28,9 зерен у ряду, що дало 420,8 зерен на один качан, тобто на 59,6 зернини більше за контроль. Це свідчить про максимальне використання біологічного потенціалу рослин під впливом комплексного бактеріального консорціуму.

Застосування біопрепаратів у технології вирощування цукрової кукурудзи

позитивно впливає на розміри товарних качанів – зокрема на їх діаметр та довжину (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Розміри товарних качанів кукурудзи цукрової без обгортки залежновід технології вирощування, см

Біопрепарат	Параметри розмірів товарних качанів	
	діаметр, см	довжина, см
Азотофіт (контроль)	4,3	16,3
Мікофренд-т	4,4	16,5
Bionorma Pseudomonas	4,4	16,8
Primseed Biom Horti	4,5	17,1

У контрольному варіанті (Азотофіт) середній діаметр качана становив 4,3 см, а довжина – 16,3 см. Застосування Мікофренд-т забезпечило незначне, але стабільне збільшення розмірів: діаметр зріс до 4,4 см, а довжина до 16,5 см, що свідчить про кращий розвиток генеративних органів за рахунок симбіотичних грибів. Варіант з Bionorma Pseudomonas продемонстрував подальше покращення параметрів качанів: діаметр залишився на рівні 4,4 см, однак довжина досягла 16,8 см, що є ознакою подовженого формування зернової маси. Найбільші розміри зафіксовані у варіанті з Primseed Biom Horti: діаметр качана – 4,5 см, довжина – 17,1 см. Це свідчить про найінтенсивніший розвиток генеративних органів під впливом комплексної бактеріальної дії, що включає фітогормональну стимуляцію, покращення азотного та фосфорного живлення.

Обробка насіння біопрепаратами має помітний вплив на масу товарних качанів кукурудзи цукрової, як у цілому (в обгортках), так і в очищеному вигляді (без обгортки), а також на вихід зерна з качана. У контрольному варіанті (Азотофіт) маса качанів в обгортках становила 190,2 г, без обгортки – 140,5 г, а маса зерна – 56,09 г. Цей варіант виступає еталоном для порівняння ефективності інших технологій. Застосування Мікофренд-т забезпечило

незначне збільшення маси качанів: в обгортках – 193,2 г, без обгорток – 150,2 г, а маса зерна зросла до 64,30 г, що на 8,21 г більше за контроль. Це свідчить про позитивний вплив мікоризоутворення на акумуляцію поживних речовин у зерні.

Таблиця 3.6

Маса товарних качанів кукурудзи цукрової та зерна з них, г

Біопрепарат	Маса		
	в обгортках	без обгорток	зерна
Азотофіт (контроль)	190,2	140,5	56,09
Мікофренд-т	193,2	150,2	64,30
Bionorma Pseudomonas	205,4	161,2	68,78
Primseed Biom Horti	221,8	169,5	74,96

У варіанті з Bionorma Pseudomonas маса качанів зросла до 205,4 г (в обгортках), 161,2 г (без обгорток) та 68,78 г зерна. Порівняно з контролем, приріст зерна становив 12,69 г, що є помітним показником підвищення продуктивності під дією антагоністичних бактерій. Найвищі показники були отримані при застосуванні Primseed Biom Horti: маса качанів в обгортках – 221,8 г, без обгорток – 169,5 г, маса зерна – 74,96 г. Це на 18,87 г більше за контроль, що свідчить про максимальний вплив комплексного бактеріального консорціуму на нарощування товарної маси продукції.

3.2. Урожайність кукурудзи цукрової залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами

Результатами проведених польових дослідів із вивчення та вдосконалення технології вирощування кукурудзи цукрової в умовах Правобережного Лісостепу України у 2023–2024 рр. було встановлено, що досліджувані елементи

технології вирощування мали суттєвий вплив на врожайність товарних качанів культури (рис.3.1).

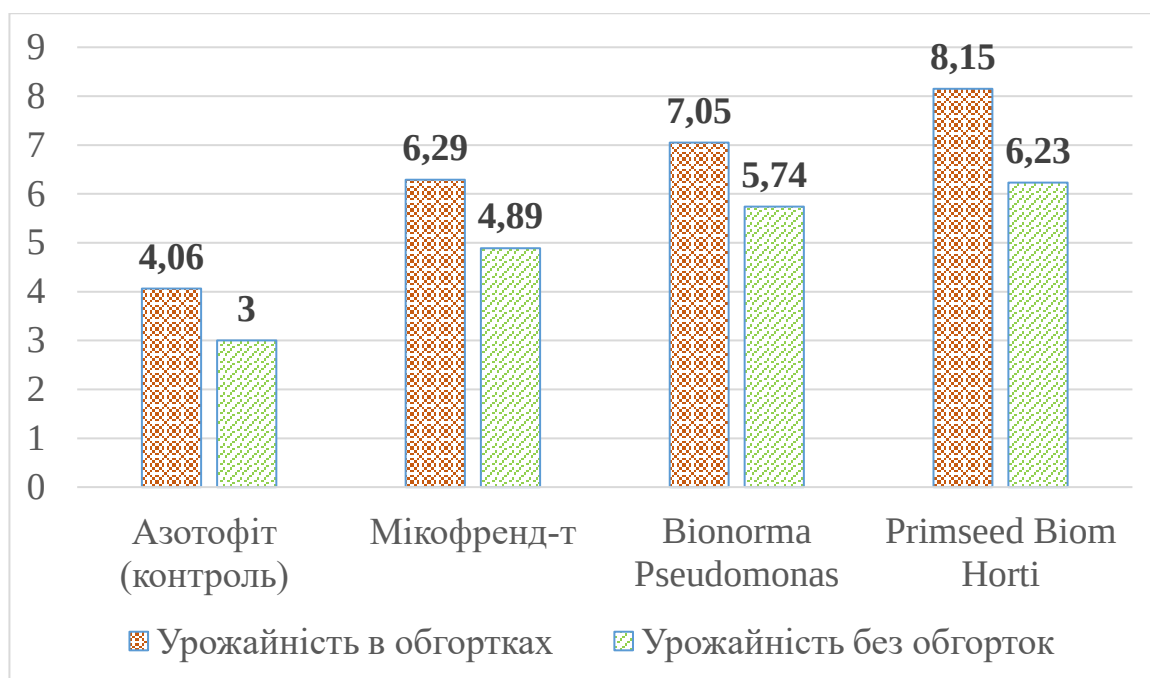


Рис. 3.1 Урожайність товарних качанів кукурудзи цукрової залежно від біопрепарату, т/га (2022 р. НІР₀₅=1,15, 2023 р. НІР₀₅=1,38)

У варіанті Азотофіт (контроль) урожайність становила 4,06 т/га в обгортках і 3,00 т/га без обгортки – це найнижчі показники серед усіх варіантів, які демонструють базовий рівень продуктивності без додаткового біологічного стимулювання.

Застосування препарату Мікофренд-т забезпечило приріст урожайності до 6,29 т/га (в обгортках) та 4,89 т/га (без обгортки), що суттєво перевищує контроль – відповідно на 2,23 т/га і 1,89 т/га, перевищуючи LSD (НІР₀₅ = 1,15 у 2022 р. та 1,38 у 2023 р.). Це свідчить про статистичну достовірність ефекту.

У варіанті з Bionorma Pseudomonas урожайність склала 7,05 т/га (в обгортках) та 5,74 т/га (без обгортки), тобто різниця з контролем становить +2,99 т/га та +2,74 т/га відповідно. Такий результат вказує на високий біостимулювальний потенціал препарату та його антистресову дію на рослини.

Найвищі показники урожайності спостерігаються у варіанті Primseed Biom

Horti – 8,15 т/га в обгортках і 6,23 т/га без обгортки. У порівнянні з контролем приріст склав +4,09 т/га (в обгортках) і +3,23 т/га (без обгортки), що значно перевищує HP_{05} та вказує на достовірну ефективність дії препарату. Це пояснюється комплексною дією азотфіксуючих, фосфатмобілізуючих і фітогормонопродукуючих мікроорганізмів, що входять до складу препарату.

Отже, застосування біопрепаратів позитивно впливає на урожайність товарних качанів кукурудзи цукрової. Найвищу ефективність продемонстрував препарат Primseed Biom Horti, а всі дослідні варіанти забезпечили статистично достовірне підвищення урожайності порівняно з контролем, як у варіантах з обгортками, так і без них.

У контрольному варіанті (Азотофіт) маса 1000 зерен становила 155,21 г. При застосуванні Мікофренд-т маса 1000 зерен зросла до 164,00 г, що на 8,79 г більше, ніж у контролі. Це свідчить про позитивний вплив мікоризоутворюючих грибів на нагромадження сухої речовини в зерні за рахунок покращеного поглинання елементів живлення, особливо фосфору (рис. 3.3).

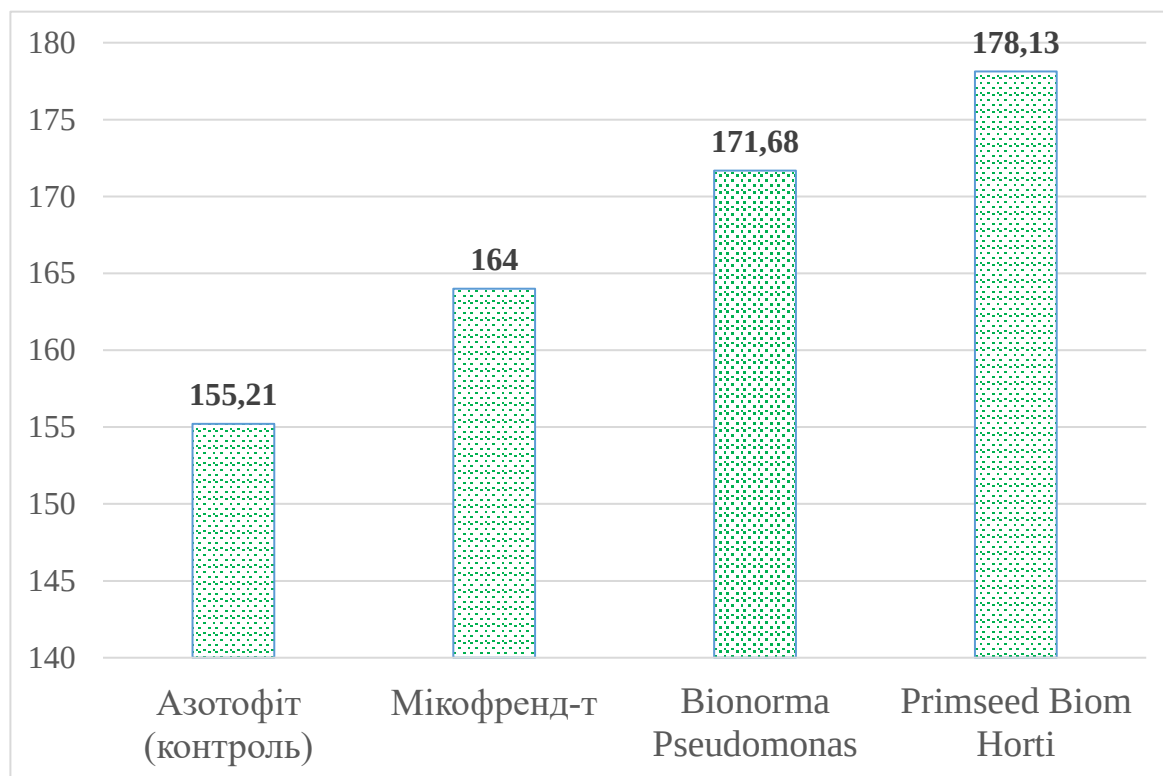


Рис. 3.3 Маса 1000 зерен кукурудзи цукрової залежно від біопрепарату, г

У варіанті з Bionorma Pseudomonas маса 1000 зерен досягла 171,68 г, перевищивши контроль на 16,47 г. Це демонструє інтенсивну дію бактерій *Pseudomonas fluorescens*, які стимулюють ріст, покращують трофічний стан рослин і зменшують втрати вологи. Найвищий показник зафіксовано у варіанті Primseed Biom Horti – 178,13 г, що на 22,92 г більше, ніж у контролі. Це результат впливу багатокомпонентного бактеріального комплексу, який активізує азотне та фосфорне живлення, синтез фітогормонів і загалом сприяє повнішому наливу зерна.

Найбільш важливим показником якості врожаю кукурудзи цукрової є вміст у зерні цукрів, оскільки саме від їх кількості залежать смак і аромат (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Загальний вміст цукрів у зерні кукурудзи цукрової на початку
молочно–воскової стиглості, %**

Біопрепарат	Вміст	
	цукрів	сухої речовини
Азотофіт (контроль)	3,66	32,00
Мікофренд-т	3,85	33,18
Bionorma Pseudomonas	4,11	33,95
Primseed Biom Horti	4,50	34,52

У контрольному варіанті (Азотофіт) вміст цукрів у зерні становив 3,66 %, а сухої речовини – 32,00 %. Ці показники слугують базовими значеннями для оцінки впливу інших препаратів.

Застосування препарату Мікофренд-т забезпечило зростання вмісту цукрів до 3,85 % (+0,19%) і підвищення рівня сухої речовини до 33,18 %. Це

може бути пов'язано з покращеним фосфорним живленням і посиленням фотосинтетичної активності рослин, яке стимулюється мікоризними грибами.

У варіанті з Bionorma *Pseudomonas* вміст цукрів зріс до 4,11 %, а сухої речовини – до 33,95 %, що на 0,45% і 1,95% більше відповідно, порівняно з контролем. Це свідчить про активізацію вуглеводного обміну та посилене накопичення цукрів завдяки дії бактерій *Pseudomonas fluorescens*, які впливають на гормональний статус рослин і захист від стресів.

Найвищі показники отримано у варіанті Primseed Biom Horti: вміст цукрів – 4,50 %, а сухої речовини – 34,52 %. Приріст порівняно з контролем становить +0,84% цукрів і +2,52% сухої речовини, що свідчить про оптимальне поєднання фізіологічних та біохімічних процесів під впливом багатокomпонентного мікробного консорціуму.

Отже, застосування біопрепаратів не лише підвищує урожайність, а й покращує якісні показники зерна кукурудзи цукрової, зокрема вміст цукрів, що є ключовим показником для товарного та переробного використання. Найвищу якість продукції забезпечив Primseed Biom Horti, що свідчить про його ефективність як біостимулятора і поліпшувача смакових властивостей.

ВИСНОВКИ

1. Біопрепарати позитивно впливають на ріст і розвиток рослин цукрової кукурудзи, зокрема збільшують висоту рослин, площу листкової поверхні та тривалість вегетації, що сприяє кращому формуванню генеративних органів.

2. Найвищі показники урожайності товарних качанів (до 8,15 т/га в обгортках) та маси зерна з качана (74,96 г) спостерігалися у варіанті з Primseed Biom Horti, що перевищує контроль на понад 4 т/га і майже 19 г зерна.

3. Маса 1000 зерен та вміст цукрів у зерні також були найбільшими при застосуванні Primseed Biom Horti, що свідчить про високу якість товарної продукції та потенційну привабливість для переробки.

4. Біопрепарати Bionorma Pseudomonas і Мікофренд-т також показали достовірно вищі показники продуктивності та якості порівняно з контролем, проте дещо нижчі, ніж у Primseed.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Пропонуємо до впровадження біопрепарат Primseed Biom Horti як найбільш ефективний для передпосівної обробки насіння кукурудзи цукрової з метою підвищення врожайності до 8,15 т/га та якості продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білик О.М., Калинюк Г.Г., Пархоменко С.О., Вплив біопрепаратів на схожість насіння кукурудзи в умовах недостатнього зволоження, *Агроекологічний журнал*, 2021, 1, 34–39
2. Гуменюк І.І., Шевчук С.О., Дослідження ефективності мікробіологічних препаратів при вирощуванні кукурудзи, *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 2020, 2, 111, 74–81
3. Гураль С.В., Дубровіна Л.О., Коваль С.Г., Результати застосування «Поліміксобактерину» на кукурудзі, *Мікробіологічний журнал*, 2022, 84, 2, 63–70
4. Зінченко О.І., Лісовий М.В., Доля В.І., Перспективи застосування регуляторів росту в технологіях вирощування зернових культур, *Наукові праці НУБіП України Серія Агрономія*, 2012, 286, 2, 25–30
5. Коваль Р.П., Савчук І.І., Екологічна безпека застосування біопрепаратів у землеробстві, *Науковий вісник Львівського НАУ*, 2019, 23, 2, 124–128
6. Кузьменко Л.М., Використання мікоризних препаратів при вирощуванні кукурудзи, *АгроСвіт*, 2023, 5, 18–22
7. Мельничук М.Д., Кондратюк С.С., Особливості застосування біопрепаратів у виробництві органічної кукурудзи, *Органічне землеробство*, 2021, 3, 27, 55–59
8. Назаренко І.В., Технологічні аспекти інокуляції насіння методи та ефективність, *Наукові доповіді НААН*, 2022, 3, 42–48
9. Патики В.П., Михайленко О.А., Ризобіот у підвищенні врожайності кукурудзи польові дослідження, *Біологія і екологія*, 2019, 25, 4, 93–97
10. Ярошенко В.І., Передпосівна обробка насіння кукурудзи в умовах зміни клімату, *Аграрна наука і практика*, 2021, 3, 3, 18–24
11. Bashan Y., de-Bashan L.E., Prabhu S.R., Hernandez J.P., Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology formulations and practical perspectives 1998–2013, *Plant and Soil*, 2014, 378, 1, 1–33

12. Bhardwaj D., Ansari M.W., Sahoo R.K., Tuteja N., Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility plant tolerance and crop productivity, *Microbial Cell Factories*, 2014, 13, 1, 66
13. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W., Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant and Soil*, 2014, 383, 1–2, 3–41
14. Colla G., Rouphael Y., Canaguier R., Svecova E., Cardarelli M., Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis, *Frontiers in Plant Science*, 2014, 5, 448
15. European Commission, Farm to Fork Strategy – For a fair healthy and environmentally-friendly food system Brussels, EU Green Deal, 2020
16. FAO, The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point Rome, FAO, 2021
17. Hungria M., Campo R.J., Souza E.M., Pedrosa F.O., Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yield of maize and wheat in Brazil, *Plant and Soil*, 2010, 331, 1, 413–425
18. Lugtenberg B., Kamilova F., Plant-growth-promoting rhizobacteria, *Annual Review of Microbiology*, 2009, 63, 541–556
19. Malusá E., Sas-Paszt L., Ciesielska J., Technologies for beneficial microorganisms inocula used as biofertilizers, *The Scientific World Journal*, 2012, 2012, Article ID 491206
20. Zhang S., Gan Y., Xu B., Zhao Y., Arbuscular mycorrhizal fungi alter root morphology and increase yield of maize in nutrient-poor soils, *Frontiers in Microbiology*, 2020, 11, 1874
21. Adesemoye A.O., Torbert H.A., Kloepper J.W., Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers, *Microbial Ecology*, 2009, 58, 4, 921–929
22. Bashan Y., Holguin G., Plant growth-promoting bacteria: A review, *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, 30, 11–12, 1225–1237

23. Egamberdieva D., Kucharova Z., Selection for root colonizing bacteria stimulating wheat growth in saline soils, *Biology and Fertility of Soils*, 2009, 45, 6, 563–571
24. Freitas S.P., Santos J.G., da Silva R.F., Lima J.R., Oliveira J.L., Influence of plant growth-promoting rhizobacteria inoculation on physiological traits and grain yield of maize grown under drought stress, *Agronomy*, 2020, 10, 8, 1116
25. Garcia-Gutierrez L., Carbonero P., Trillas I., Use of beneficial rhizobacteria for plant growth promotion and biological control of fungal diseases, *Microbial Biotechnology*, 2020, 13, 5, 1291–1302
26. Kloepper J.W., Ryu C.M., Zhang S., Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp, *Phytopathology*, 2004, 94, 11, 1259–1266
27. Lugtenberg B., Chin-A-Woeng T.R., Bloemberg G., Microbe–plant interactions: principles and mechanisms, *Antonie van Leeuwenhoek*, 2002, 81, 1, 373–383
28. Nadeem S.M., Zahir Z.A., Naveed M., Shahid M., Rhizobacteria capable of producing ACC deaminase promote the growth and yield of wheat under drought stress, *Annals of Microbiology*, 2014, 64, 4, 1149–1161
29. Olanrewaju O.S., Glick B.R., Babalola O.O., Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2017, 33, 11, 197
30. Vessey J.K., Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant and Soil*, 2003, 255, 2, 571–586
31. Zhang N., Yang D., Feng H., Li S., Biostimulant effects of microbial inoculants on plant growth and nutrient uptake, *Soil Biology and Biochemistry*, 2019, 132, 24–34
32. Zhao Y., Hu T., Zhang J., Wang J., Zhang X., Evaluation of seed coating with biostimulants for improving growth and disease resistance in maize, *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12, 681640
33. Singh J., Singh R., Singh S., Influence of seed priming on seedling vigor and yield of maize, *Agricultural Sciences*, 2015, 6, 5, 507–515

34. Elanchezhian K., Chandrakala B., Ranganathan J., Vijayabharathi R., Ramesh M., Plant growth-promoting rhizobacteria: a boon for sustainable agriculture, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2018, 28, 4, 361–375
35. Zhang L., Chen X., Chang F., Effects of seed treatment with biofertilizers on growth and yield of maize under different environmental conditions, *Agronomy Journal*, 2017, 109, 4, 1765–1773
36. Ahemad M., Kibret M., Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective, *Journal of King Saud University Science*, 2014, 26, 1, 1–20
37. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Boyce A.N., Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability: a review, *Molecules*, 2016, 21, 5, 573
38. Choudhary D.K., Johri B.N., Interactions of *Bacillus* spp. and plants – with special reference to induced systemic resistance ISR, *Microbiological Research*, 2009, 164, 5, 493–513
39. Hazarika S.K., Seed treatment for the protection of seeds and seedlings against diseases, *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 2017, 8, 4, 1000216
40. Kennedy I.R., Choudhury A.T., Koba K., Indigenous plant growth promoting rhizobacteria and fungi in sustainable agriculture, *Biology and Fertility of Soils*, 2004, 40, 2, 79–93.