МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЗАХИСТУ, ГЕНЕТИКИ І СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН

«До захисту допущено»
завідувачка кафедри
д. с.-г. н, професор
_____ Анна КРИВЕНКО
«_____»_____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти

Освітньої програми «Захист і карантин рослин»

За спеціальністю 202 «Захист і карантин рослин»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Науковий керівник: канд. с.-г. наук
асистент_____**Майя ДЖАМ**

Рецензент:_____
_____
Виконала здобувачка першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти
заочної форми навчання
Ганна ДРАЧУК

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело.
_____ Ганна ДРАЧУК

ОДЕСА – 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 3

ВСТУП 4

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ТА ФАКТОРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЇХ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) 8

1.1. Оптимізація густоти стояння рослин як чинник реалізації продуктивного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи 10

1.2. Біопрепарати в сучасних технологіях вирощування гібридів кукурудзи: наукові підходи та перспективи застосування 13

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ 19

2.1. Господарсько-біологічне значення кукурудзи та роль сучасних гібридів у підвищенні зернової продуктивності 19

2.2. Морфобіологічні особливості кукурудзи як основа формування продуктивності агроценозів 25

РОЗДІЛ 3. УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 29

3.1 Грунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень 29

3.2. Аналіз агрометеорологічних умов вегетаційного періоду кукурудзи у 2025 році 45

3.3. Мета, завдання та методика польового досліду 48

3.4. Агротехнологія в дослідах із сучасними гібридами кукурудзи 42

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ФОРМУВАННЯ СТІЙКОСТІ РІЗНИХ ЗА ФАО ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ДО ОСНОВНИХ ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ 45

4.1. Вплив біопрепаратів на фітосанітарний стан посівів гібридів кукурудзи 46

4.2. Формування морфометричних параметрів рослин кукурудзи залежно від густоти посіву та застосування біологічних препаратів 51
4.3. Формування асиміляційного апарату гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів 61
4.4. Реалізація продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи різних груп стиглості під впливом елементів технології вирощування 67
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ 71
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 77
ВИСНОВКИ 81
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 84
ДОДАТКИ 93

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЬ

АПК – агропромисловий комплекс

ВВСН (BBCH) – міжнародна шкала фенологічного розвитку рослин

га – гектар

г/л – грам на літр

г/кг – грам на кілограм

ДСТУ – Державний стандарт України

ФАО (FAO) – індекс стиглості гібридів кукурудзи за міжнародною класифікацією

$м^2$/росл. – площа листкової поверхні однієї рослини

мг/кг – міліграм на кілограм

$м^3$/га – кубічний метр на гектар

НААН – Національна академія аграрних наук України

р/га – рослин на гектар

тис. р./га – тисяч рослин на гектар

r – коефіцієнт кореляції

R^2 – коефіцієнт детермінації

GPS – глобальна система позиціонування

Agrostat – програмний пакет статистичної обробки експериментальних даних

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах трансформації аграрного сектору України, посилення глобальної продовольчої безпеки та кліматичних змін особливого значення набуває підвищення ефективності виробництва зернових культур. Провідне місце серед них належить кукурудзі на зерно (*Zea mays L.*), яка характеризується високим генетичним потенціалом продуктивності та універсальністю використання. Зерно і вегетативна маса кукурудзи широко застосовуються у продовольчій, кормовій, переробній, біоенергетичній та технічній галузях.

Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігається стабільна тенденція до зростання врожайності кукурудзи. Середня урожайність культури перевищує 7,0 т/га, а валове виробництво зерна залишається одним із найвищих серед сільськогосподарських культур. Це дозволило Україні зміцнити позиції серед провідних світових виробників та експортерів кукурудзи. Досягнення таких результатів стало можливим завдяки впровадженню високопродуктивних гібридів, удосконаленню технологій вирощування, розвитку систем зрошення та застосуванню сучасних засобів управління продукційним процесом.

На сучасному етапі виробництво зерна кукурудзи є одним із стратегічних напрямів розвитку аграрного сектору України. Зростання посівних площ культури супроводжується активним освоєнням зрошуваних земель, особливо у степовій зоні, що дозволяє мінімізувати ризики нестабільного вологозабезпечення та отримувати гарантовані врожаї. Актуальність цього напряму посилюється в умовах глобальних кліматичних змін, які проявляються підвищенням температурного режиму, збільшенням частоти посух та нерівномірністю розподілу атмосферних опадів.

Водночас розвиток сучасного землеробства супроводжується впровадженням інноваційних технологічних рішень, спрямованих на оптимізацію виробничих витрат, підвищення економічної ефективності та

екологічної безпеки агротехнологій. Особливу увагу приділяють використанню біологічних препаратів, елементів біологізації виробництва, технологій точного землеробства та адаптивних систем управління посівами. Однак ефективність таких заходів значною мірою залежить від біологічних особливостей гібридів, їхньої реакції на умови вирощування та взаємодії генотипу із факторами середовища.

Високі темпи розвитку виробництва кукурудзи обумовлені не лише її господарською цінністю, але й здатністю ефективно реагувати на вдосконалення технологічних прийомів, зокрема оптимізацію густоти стояння рослин, використання сучасних біопрепаратів та застосування ресурсозберігаючих способів зрошення. Саме ці чинники забезпечують більш повну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів та сприяють підвищенню їх продуктивності в умовах Південного Степу України.

Південь України належить до регіонів ризикованого землеробства, де результативність агротехнологічних заходів значною мірою визначається рівнем забезпечення рослин вологою. Особливості ґрунтово-кліматичних умов регіону можуть зумовлювати специфічні реакції гібридів кукурудзи на технологічні прийоми вирощування, що потребує постійного вдосконалення та адаптації елементів технології відповідно до сучасних викликів.

У зв’язку з цим дослідження впливу густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів на стійкість сучасних гібридів кукурудзи до шкідливих організмів, формування врожайності та економічну ефективність виробництва є актуальним науковим і практичним завданням.

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей впливу густоти стояння рослин і застосування біологічних препаратів на фітосанітарний стан посівів та реалізацію продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи різних груп стиглості (ФАО) в умовах зрошуваного землеробства Південного Степу України.

Для досягнення поставленої мети програмою досліджень передбачалося вирішити такі **завдання**:

- встановити вплив біологічних препаратів на ступінь ураження шкідливими організмами гібридів кукурудзи різних груп ФАО;
- визначити особливості росту, розвитку та формування біометричних показників рослин кукурудзи залежно від густоти стояння та застосування біологічних препаратів;
- дослідити вплив густоти рослин і біологічних препаратів на фотосинтетичну діяльність посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості;
- оцінити особливості формування елементів структури врожаю та зернової продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин і застосування біопрепаратів;
- провести економічне обґрунтування ефективності вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО за використання досліджуваних елементів технології.

Об'єкт дослідження – процеси формування продуктивності, адаптивності та стійкості до шкідливих організмів гібридів кукурудзи різних груп стиглості за впливу густоти стояння рослин і біологічних препаратів в умовах зрошення.

Предмет дослідження – сучасні гібриди кукурудзи різних груп ФАО, показники їх росту і розвитку, фітосанітарний стан посівів, фотосинтетична активність рослин, елементи структури врожаю, урожайність зерна та економічна ефективність технологічних прийомів вирощування.

Елементи наукової новизни та практичного значення одержаних результатів: полягають у теоретичному обґрунтуванні та експериментальному підтвердженні ефективності поєднаного застосування оптимальної густоти стояння рослин і біологічних препаратів для підвищення адаптивності та продуктивності сучасних гібридів кукурудзи в умовах Південного Степу України.

Методи дослідження. Для реалізації поставлених завдань застосовували комплекс загальноприйнятих польових, лабораторних, аналітичних та

статистичних методів досліджень. Польові дослідження включали закладання дослідів, проведення фенологічних спостережень, визначення густоти стояння рослин, вимірювання біометричних показників, облік урожайності та аналіз структури врожаю. Лабораторними методами визначали ступінь ураження рослин шкідливими організмами, оцінювали окремі показники фотосинтетичної діяльності та проводили аналіз отриманих зразків рослинного матеріалу. Розрахунково-аналітичні методи використовували для визначення фотосинтетичного потенціалу посівів, чистої продуктивності фотосинтезу, а також економічної ефективності застосованих агротехнологічних заходів. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу з визначенням достовірності отриманих результатів та оцінкою впливу досліджуваних факторів на продуктивність культури.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота викладена на 93 сторінках друкованого тексту, складається з 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків, містить 10 таблиць і 6 рисунків. Список використаної літератури налічує 62 джерел.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ТА ФАКТОРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЇХ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Кукурудза (*Zea mays L.*) належить до стратегічно важливих зернових культур світового землеробства та посідає провідні позиції за обсягами виробництва зерна. Протягом тривалого історичного періоду домінуюче значення у забезпеченні продовольчої безпеки людства мали пшениця та рис, однак на початку XXI століття саме кукурудза вийшла на перше місце у світі за валовим виробництвом зерна. Це зумовлено її високим потенціалом урожайності, універсальністю використання та значною адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. За сучасними оцінками світове виробництво кукурудзи перевищує 1 млрд тонн зерна щорічно, а зростання попиту на продовольство, корми та біоенергетичну сировину сприяє подальшому розширенню її виробництва [1, 2].

У структурі світового аграрного виробництва кукурудза виконує багатофункціональну роль. Її зерно використовується у харчовій промисловості, тваринництві, виробництві крохмалю, біоетанолу, органічних кислот та інших продуктів глибокої переробки. Крім того, культура є важливою складовою сучасних систем кормовиробництва, оскільки характеризується високою енергетичною цінністю зерна та значною продуктивністю зеленої маси.

Для України кукурудза є однією з ключових експортно орієнтованих культур, що формує вагому частку валютних надходжень аграрного сектору. Завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, розвитку селекції та впровадженню інтенсивних технологій вирощування країна протягом останніх десятиліть значно посилила свої позиції на світовому ринку зерна. Суттєве зростання врожайності культури стало результатом комплексного поєднання генетичного прогресу, удосконалення систем живлення, захисту

рослин та застосування сучасних технологічних рішень. За даними наукових досліджень, середня врожайність зерна кукурудзи в Україні зросла майже утричі – від 2,62 до понад 7,80 т/га, що свідчить про високий рівень реалізації потенціалу сучасних гібридів [3].

Важливим резервом підвищення ефективності виробництва кукурудзи є науково обґрунтований підбір гібридів для конкретних умов вирощування. Сучасні селекційні програми спрямовані на створення високопродуктивних гібридів із підвищеною посухостійкістю, адаптивністю до температурних стресів, стійкістю до хвороб і шкідників та здатністю ефективно використовувати ресурси середовища. Водночас генетичний потенціал гібридів може бути реалізований лише за умови відповідності технології вирощування їх біологічним особливостям.

Високопродуктивні гібриди характеризуються інтенсивним використанням елементів мінерального живлення та водних ресурсів. Формування високого врожаю супроводжується значним винесенням азоту, фосфору, калію та мікроелементів із ґрунту, що потребує застосування збалансованих систем удобрення. За недостатнього забезпечення вологою або поживними речовинами навіть гібриди з високим генетичним потенціалом можуть не лише не забезпечити очікуваного приросту врожайності, а й поступатися менш інтенсивним формам за показниками продуктивності. Саме тому одним із ключових принципів сучасного агровиробництва є адаптивний підхід до вибору гібридів залежно від агроекологічних умов регіону, рівня ресурсного забезпечення господарства та технологічної моделі вирощування [4].

Особливої актуальності зазначені питання набувають в умовах глобальних кліматичних змін. Підвищення середньорічних температур, збільшення тривалості посушливих періодів та нестабільність режиму атмосферних опадів потребують перегляду традиційних підходів до вирощування кукурудзи. У зв'язку з цим значна увага приділяється створенню адаптивних технологій, які поєднують використання сучасних гібридів,

оптимізацію густоти стояння рослин, біологізацію землеробства та впровадження ресурсозберігаючих агротехнологій.

Серед перспективних напрямів підвищення продуктивності посівів кукурудзи важливе місце займає застосування біологічних препаратів. Їх використання сприяє активізації ростових процесів, покращенню засвоєння поживних речовин, підвищенню стійкості рослин до біотичних та абіотичних стресів, а також зменшенню негативного антропогенного навантаження на агроекосистеми. У сучасних умовах біопрепарати розглядаються як один із ключових інструментів біологізації землеробства та формування екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

1.1. Оптимізація густоти стояння рослин як чинник реалізації продуктивного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи

У сучасних системах вирощування кукурудзи одним із ключових агротехнічних факторів, що визначає рівень реалізації генетичного потенціалу гібридів, є густота стояння рослин. За даними численних вітчизняних та зарубіжних досліджень, оптимізація просторового розміщення рослин у посіві дозволяє підвищити ефективність використання світлових, водних та поживних ресурсів, забезпечуючи формування високої та стабільної врожайності зерна [12].

Сучасний етап розвитку селекції кукурудзи характеризується створенням гібридів нового покоління, які відрізняються підвищеною адаптивністю до змін умов вирощування, покращеною архітектонікою рослин та більшою толерантністю до загущення посівів. У зв’язку з цим традиційні рекомендації щодо густоти стояння рослин поступово втрачають універсальність, оскільки реакція нових генотипів на зміну площі живлення істотно відрізняється від реакції гібридів попередніх поколінь [13, 14].

Аналіз літературних джерел свідчить, що густота стояння рослин безпосередньо впливає на формування структури агрофітоценозу та визначає рівень внутрішньовидової конкуренції. При недостатній густоті посіву

знижується ефективність використання сонячної радіації та продуктивний потенціал площі, тоді як надмірне загущення спричиняє посилення конкуренції за вологу, елементи живлення та світло. Наслідком цього є погіршення умов формування генеративних органів, зменшення озерненості качанів та зниження маси зерна [15].

У працях останніх років особлива увага приділяється взаємозв'язку між густотою стояння рослин та морфофізіологічними показниками кукурудзи. Встановлено, що збільшення кількості рослин на одиниці площі супроводжується зміною архітектури посіву, зростанням висоти рослин, підвищенням висоти прикріплення качана та змінами параметрів листкового апарату. Такі адаптивні реакції є наслідком конкурентних взаємовідносин між рослинами та спрямовані на покращення доступу до світла в умовах обмеженого простору [16–18].

Значна кількість сучасних досліджень присвячена впливу густоти стояння на фотосинтетичну діяльність посівів. Науковці відзначають, що максимальна продуктивність агроценозу досягається за формування оптимального індексу листкової поверхні, який забезпечує ефективне використання фотосинтетично активної радіації. Водночас надмірне збільшення площі листкового апарату не завжди супроводжується підвищенням урожайності, оскільки призводить до взаємного затінення рослин і зниження ефективності фотосинтетичних процесів у нижніх ярусах посіву [19, 20].

У сучасній науковій літературі значна увага приділяється питанням взаємодії густоти стояння рослин та водного режиму агроценозу. Доведено, що в умовах недостатнього зволоження підвищення густоти рослин збільшує інтенсивність використання ґрунтової вологи та може посилювати прояви водного стресу. Особливо це характерно для регіонів із нестійким зволоженням та високими температурами повітря впродовж вегетаційного періоду. У таких умовах ефективність загущення значною мірою залежить від забезпечення рослин вологою та рівня агротехнічного супроводу посівів [21–23].

Актуальність досліджень у цьому напрямі значно посилюється внаслідок кліматичних змін, які спостерігаються на території України протягом останніх десятиліть. Підвищення середньорічної температури повітря, зростання частоти посух та нерівномірність випадання атмосферних опадів обумовлюють необхідність перегляду традиційних параметрів формування густоти посівів. У зв'язку з цим дедалі більше дослідників наголошують на необхідності розроблення адаптивних моделей управління густотою стояння рослин залежно від групи стиглості гібриду, рівня ресурсного забезпечення та прогнозованих погодних умов [34, 35].

Особливий інтерес становлять результати досліджень, присвячених оцінці реакції сучасних гібридів різних груп ФАО на зміну густоти рослин. Встановлено, що ранньостиглі гібриди, як правило, краще адаптовані до підвищеної густоти завдяки меншій вегетативній масі та компактнішій архітектурі рослин. Натомість середньостиглі та середньопізні гібриди потребують більшої площі живлення, оскільки характеризуються інтенсивнішим ростом і формують потужніший асиміляційний апарат [26–29].

Сучасні наукові підходи до оптимізації густоти стояння рослин базуються на концепції адаптивного управління агроценозом. Відповідно до цієї концепції оптимальна густота визначається не як фіксований показник, а як динамічний параметр, який залежить від генетичних особливостей гібриду, агрокліматичних умов регіону, рівня мінерального живлення, технології вирощування та прогнозованої забезпеченості вологою [30–33].

В умовах Південного Степу України питання оптимізації густоти стояння рослин набуває особливої актуальності через обмеженість водних ресурсів та високий ризик виникнення посушливих явищ. Незважаючи на значну кількість проведених досліджень, у науковій літературі відсутня єдина думка щодо оптимальних параметрів густоти для сучасних гібридів різних груп стиглості. Це свідчить про необхідність подальшого вивчення особливостей реакції нових гібридів кукурудзи на зміну густоти стояння рослин з

урахуванням сучасних кліматичних викликів та вимог ресурсоефективного землеробства [24–26].

1.2. Біопрепарати в сучасних технологіях вирощування гібридів кукурудзи: наукові підходи та перспективи застосування

Однією з ключових тенденцій розвитку сучасного аграрного виробництва є впровадження ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання природних ресурсів і зменшення антропогенного навантаження на агроекосистеми. У зв'язку з цим значно зростає інтерес до використання біопрепаратів як складової інтегрованих технологій вирощування польових культур, зокрема кукурудзи [27].

У сучасних умовах господарювання підвищення врожайності культури пов'язують не лише зі збільшенням норм внесення добрив або застосуванням хімічних засобів захисту рослин, а насамперед із більш повною реалізацією генетичного потенціалу сучасних гібридів. Досягнення такого результату можливе завдяки регуляції фізіологічних процесів у рослинному організмі, оптимізації живлення та підвищенню адаптаційної здатності рослин до несприятливих факторів середовища. Саме тому біологічні препарати та регулятори росту рослин дедалі частіше розглядаються як важливий інструмент підвищення ефективності сучасних агротехнологій [28, 39].

Аналіз наукових джерел свідчить, що біопрепарати являють собою багатокомпонентні системи, до складу яких можуть входити корисні мікроорганізми, продукти їх метаболізму, фізіологічно активні речовини, амінокислоти, фітогормони, ферменти та мікроелементи. Їх дія спрямована на активізацію ростових процесів, покращення засвоєння елементів живлення, стимулювання розвитку кореневої системи та підвищення стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресів [20–22].

Особливого значення використання біопрепаратів набуває в умовах сучасних кліматичних змін. За даними багатьох дослідників, останні

десятиліття характеризуються підвищенням температурного режиму, збільшенням тривалості посушливих періодів та зростанням частоти екстремальних погодних явищ. Такі зміни суттєво впливають на продуктивність кукурудзи та обмежують можливості реалізації генетичного потенціалу гібридів. У цих умовах біологічні препарати розглядаються як один із дієвих інструментів підвищення адаптивності рослин до водного, температурного та оксидативного стресу [33, 34].

Результати численних досліджень свідчать, що застосування біостимуляторів забезпечує покращення польової схожості насіння, прискорення початкового росту рослин, підвищення інтенсивності формування кореневої системи та збільшення площі листкової поверхні. У результаті створюються сприятливі передумови для більш ефективного використання ґрунтової вологи та поживних речовин протягом вегетаційного періоду [35–37].

Одним із перспективних напрямів сучасної агробіотехнології є використання мікробіологічних препаратів на основі азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних і ризосферних бактерій. Встановлено, що такі препарати здатні покращувати мінеральне живлення рослин, активізувати процеси синтезу фітогормонів та стимулювати розвиток кореневої системи. Крім того, окремі штами корисних мікроорганізмів проявляють антагоністичну активність щодо фітопатогенів, сприяючи покращенню фітосанітарного стану агроценозу [38–40].

У сучасних наукових публікаціях значна увага приділяється вивченню впливу біопрепаратів на фотосинтетичну діяльність посівів кукурудзи. Доведено, що під впливом біологічно активних речовин збільшується вміст хлорофілів у листках, покращується ефективність використання фотосинтетично активної радіації та зростає інтенсивність накопичення сухої речовини. У сукупності це сприяє підвищенню продуктивності фотосинтетичного апарату та формуванню більшої кількості органічної речовини, необхідної для розвитку генеративних органів рослин [41–43].

Важливою перевагою біопрепаратів є їх здатність підвищувати стійкість рослин до захворювань та інших несприятливих факторів навколишнього середовища. У сучасній науковій літературі дедалі частіше використовується поняття «індукована резистентність», яке характеризує здатність біологічних препаратів активізувати природні захисні механізми рослинного організму. Завдяки цьому зменшується інтенсивність розвитку хвороб, підвищується стійкість до стресових факторів і покращується загальний фізіологічний стан рослин [34–36].

Суттєвий інтерес для виробництва становить застосування біопрепаратів у поєднанні з мікродобривами та іншими елементами сучасних технологій вирощування. Дослідження останніх років свідчать, що комплексне використання біостимуляторів і мікроелементів забезпечує синергетичний ефект, який проявляється у покращенні процесів живлення, підвищенні ефективності засвоєння макро- та мікроелементів і зростанні врожайності культури [37–39].

Особливе значення такі технологічні рішення мають для умов Південного Степу України, де продуктивність кукурудзи значною мірою обмежується високими температурами повітря, дефіцитом вологи та нерівномірністю атмосферних опадів. У цих умовах застосування біологічних препаратів дозволяє частково компенсувати негативний вплив стресових факторів та стабілізувати продукційні процеси рослин [40, 42].

Проведені в Україні дослідження підтверджують високу ефективність застосування сучасних біопрепаратів при вирощуванні кукурудзи. За даними різних наукових установ, використання біостимуляторів, бактеріальних препаратів та комплексів мікроелементів забезпечує приріст урожайності зерна в межах 5–15 %, а за сприятливих умов вирощування – і більше. При цьому спостерігається покращення показників структури врожаю, підвищення маси 1000 зерен та збільшення виходу кондиційної продукції [33, 42].

Водночас аналіз сучасної літератури показує, що ефективність біопрепаратів значною мірою залежить від генетичних особливостей гібриду, погодних умов року, рівня агрофону та технології вирощування. Саме тому одним із пріоритетних напрямів сучасних досліджень є встановлення оптимальних схем застосування біопрепаратів для конкретних груп стиглості та генотипів кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних умовах [21, 33].

Сучасні наукові дослідження свідчать, що ефективність вирощування кукурудзи значною мірою визначається не лише рівнем забезпечення рослин елементами живлення, а й здатністю агроценозу протистояти комплексу біотичних стресів. В умовах інтенсифікації землеробства та розширення площ вирощування культури спостерігається тенденція до зростання шкодочинності збудників хвороб, що пов'язано зі змінами клімату, спрощенням сівозмін та посиленням антропогенного навантаження на агроекосистеми. За даними сучасних досліджень, втрати врожаю кукурудзи від комплексу грибних, бактеріальних та вірусних хвороб можуть досягати 20–40 %, а в окремі роки за сприятливих для розвитку патогенів умов бути ще вищими [35, 37].

Упродовж останніх років у світовій аграрній науці спостерігається поступовий перехід від концепції виключно хімічного захисту рослин до інтегрованих систем управління фітосанітарним станом посівів. У таких системах важливе місце відводиться біологічним препаратам, які здатні не лише пригнічувати розвиток патогенних організмів, але й активізувати природні механізми захисту рослин. Особливого значення набувають препарати на основі бактерій родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Paenibacillus* та інших мікроорганізмів, які характеризуються комплексною дією на рослинний організм і ґрунтове середовище [48].

Сучасна концепція біологізації землеробства ґрунтується на використанні функціональних властивостей корисної мікрофлори ризосфери. Встановлено, що асоціативні та симбіотичні мікроорганізми здатні не лише покращувати азотне та фосфорне живлення рослин, але й синтезувати широкий спектр фізіологічно активних речовин — ауксинів, цитокінінів,

гіберелінів, амінокислот і вітамінів. Завдяки цьому відбувається стимулювання розвитку кореневої системи, посилення поглинальної здатності коренів та підвищення ефективності використання елементів живлення з ґрунту [43, 49].

Важливою перевагою біопрепаратів є їх здатність формувати так званий ефект індукованої системної стійкості рослин. Під впливом біологічно активних сполук у рослин активізуються захисні реакції, посилюється синтез фенольних сполук, антиоксидантних ферментів та інших компонентів імунної системи. У результаті рослини стають більш стійкими до ураження патогенами та краще переносять дію несприятливих чинників навколишнього середовища [51].

Особливої актуальності застосування біопрепаратів набуває в умовах Південного Степу України, де останніми роками спостерігається зростання частоти посушливих періодів, підвищення температурного режиму та нерівномірність випадання атмосферних опадів. За таких умов рослини кукурудзи перебувають під впливом комплексного стресу, який поєднує дефіцит вологи, теплове навантаження та підвищений ризик розвитку окремих хвороб. Саме тому сучасні дослідження все більше спрямовані на пошук технологічних рішень, які дозволяють підвищити адаптивність культури до мінливих умов середовища [31].

Значна кількість наукових робіт останнього десятиліття присвячена вивченню впливу біопрепаратів на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах кукурудзи. Встановлено, що використання біостимуляторів та бактеріальних препаратів сприяє підвищенню інтенсивності фотосинтезу, збільшенню вмісту хлорофілу в листках, покращенню водного режиму рослин та активізації ферментативних процесів. У результаті посилюється накопичення сухої речовини та підвищується ефективність формування генеративних органів [52–54].

Окремим напрямом сучасних досліджень є вивчення взаємодії між густотою стояння рослин та ефективністю застосування біопрепаратів.

Встановлено, що в умовах підвищеної конкуренції між рослинами за світло, вологу та елементи живлення роль біологічних стимуляторів значно зростає. Завдяки покращенню розвитку кореневої системи та оптимізації фізіологічних процесів біопрепарати сприяють зниженню негативних наслідків загущення посівів і забезпечують більш ефективне використання ресурсів агроценозу [15].

У сучасній науковій літературі також активно обговорюється концепція керування мікробіомом рослин. Вчені розглядають ризосферну мікрофлору як важливий елемент агроекосистеми, який може суттєво впливати на продуктивність культури. Формування сприятливого мікробного середовища навколо кореневої системи розглядається як один із перспективних напрямів підвищення урожайності та екологічної стійкості агроценозів кукурудзи [16].

Аналіз сучасних літературних джерел свідчить, що біопрепарати є важливою складовою інноваційних технологій вирощування кукурудзи. Їх використання дозволяє підвищити ефективність мінерального живлення, покращити фітосанітарний стан посівів, посилити адаптивні властивості рослин та забезпечити більш повну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів. Водночас питання комплексної взаємодії біопрепаратів із густотою стояння рослин та особливостями реакції гібридів різних груп ФАО в умовах Південного Степу України залишаються недостатньо вивченими. Це обумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на розроблення адаптивних та ресурсоефективних технологій вирощування кукурудзи в умовах сучасних кліматичних викликів [47–50].

РОЗДІЛ 2.
ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Господарсько-біологічне значення кукурудзи та роль сучасних гібридів у підвищенні зернової продуктивності

Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до стратегічно важливих культур світового землеробства та посідає провідне місце за обсягами виробництва зерна серед усіх зернових культур. Завдяки високому генетичному потенціалу продуктивності, універсальності використання та значній адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов вона є однією з основних складових глобальної продовольчої системи. Упродовж останніх десятиліть світове виробництво кукурудзи демонструє стабільну тенденцію до зростання, що зумовлено впровадженням високопродуктивних гібридів нового покоління, удосконаленням технологій вирощування та застосуванням інноваційних агротехнічних рішень [21].

Сучасні селекційні досягнення спрямовані на створення гібридів із підвищеним рівнем екологічної пластичності, стійкістю до абіотичних і біотичних стресів та здатністю ефективно реалізовувати потенціал урожайності в умовах нестабільного клімату. Саме тому приріст валових зборів зерна кукурудзи у світі дедалі більше пов'язують не лише з розширенням посівних площ, а й із підвищенням продуктивності сучасних гібридів, здатних адаптуватися до коливань температурного режиму, дефіциту вологи та інших несприятливих чинників середовища [22].

Для аграрного сектору України кукурудза є однією з найважливіших високорентабельних культур, яка забезпечує значну частину зернового балансу держави та формує вагому складову експортного потенціалу країни. За останні десятиліття виробництво зерна кукурудзи характеризується динамічним розвитком, що стало можливим завдяки широкому впровадженню інтенсивних гібридів, удосконаленню систем удобрення, захисту рослин і застосуванню сучасних технологій вирощування. У структурі

кормовиробництва культура зберігає провідні позиції завдяки високій енергетичній цінності зерна та значному виходу зеленої маси, що робить її незамінною для галузей тваринництва, особливо свинарства та птахівництва [30, 36].

Ефективність виробництва кукурудзи значною мірою визначається правильним добором гібридного складу. У сучасних умовах конкурентоспроможність технології залежить від використання високоякісного насіннєвого матеріалу, який поєднує високу врожайність, адаптивність до локальних умов вирощування та стабільність реалізації продуктивного потенціалу. Важливу роль відіграє відповідність біологічних особливостей гібриду конкретним ґрунтово-кліматичним умовам господарства, рівню ресурсного забезпечення та обраній технології вирощування. Саме тому сучасна концепція селекції передбачає створення морфо-біологічних типів кукурудзи, максимально адаптованих до регіональних умов вирощування [19].

Особливістю кукурудзи є її багатофункціональне використання в різних секторах економіки. Зерно культури виступає важливою сировиною для виробництва продуктів харчування, комбікормів, біоетанолу, крохмалю, глюкозно-фруктозних сиропів, харчових добавок та інших видів промислової продукції. За світовими оцінками, близько п'ятої частини валового виробництва зерна використовується для продовольчих потреб, до 20 % спрямовується на технічну переробку, а основна частка використовується у тваринництві як висококонцентрований кормовий ресурс [16].

У багатьох країнах, що розвиваються, кукурудза залишається однією з базових продовольчих культур. Для населення окремих регіонів Африки, Латинської Америки та Південної Азії вона є основним джерелом енергії та поживних речовин. Висока врожайність культури, відносна невибагливість до умов вирощування та широкий спектр напрямів використання роблять її важливим інструментом забезпечення продовольчої безпеки в умовах зростання чисельності населення світу [19].

Зерно кукурудзи характеризується високою харчовою цінністю та є сировиною для виробництва широкого асортименту продукції. Із нього виготовляють борошно, крупу, пластівці, крохмаль, патоку, спирт, біоетанол, різноманітні сиропи та інші продукти глибокої переробки. Значний інтерес становить кукурудзяна олія, яка містить комплекс біологічно активних речовин та широко використовується у харчовій і фармацевтичній промисловості [24].

Водночас кукурудза залишається основою сучасної кормової бази. Зерно містить у середньому 9–12 % білка, 65–70 % вуглеводів, близько 4–6 % жиру, а також значну кількість мінеральних елементів та вітамінів. Завдяки високій концентрації легкоперетравних вуглеводів і відносно низькому вмісту клітковини воно відзначається високою кормовою цінністю та ефективно використовується в раціонах усіх видів сільськогосподарських тварин і птиці [18].

Особливого значення кукурудза набула в умовах розвитку біоенергетики. Сьогодні вона є однією з найважливіших енергетичних культур світу. Значна частина світового виробництва зерна використовується для одержання біоетанолу, що дозволяє частково заміщувати викопні види палива та сприяє скороченню викидів парникових газів. Найбільші обсяги виробництва біоетанолу з кукурудзи зосереджені у США, де на ці потреби щорічно спрямовується значна частина врожаю культури [25–27].

У сучасній економіці дедалі більшого значення набуває концепція комплексного використання біомаси кукурудзи. Поряд із зерном ефективним ресурсом вважаються післяжнивні рештки – стебла, листки, обгортки та стрижні качанів. Ці матеріали можуть використовуватися як джерело органічної речовини для відновлення родючості ґрунту, сировина для виробництва біопалива або компонент кормових і промислових продуктів. Встановлено, що рослинні рештки кукурудзи містять значні запаси поживних речовин і сприяють підтриманню балансу органічної речовини в ґрунті [28].

Особливий інтерес викликає використання побічної продукції кукурудзи як лігноцелюлозної біомаси для виробництва енергії. Стебла, листки та інші рослинні залишки характеризуються достатньо високою теплотворною здатністю та можуть використовуватися для виробництва пелет, брикетів, біогазу та інших видів відновлюваного палива. У контексті переходу до низьковуглецевої економіки такі напрями використання набувають особливої актуальності та розглядаються як важлива складова циркулярної біоекономіки [26, 29].

Таким чином, кукурудза є універсальною високопродуктивною культурою, яка поєднує продовольче, кормове, промислове та енергетичне значення. Подальше підвищення ефективності її вирощування безпосередньо пов'язане із впровадженням сучасних гібридів, здатних забезпечувати стабільно високий рівень урожайності за мінливих умов довкілля та максимально реалізовувати свій генетичний потенціал у конкретних агроекологічних умовах [19].

У сучасній структурі світового рослинництва кукурудза займає близько 180 млн га посівних площ і входить до трійки провідних зернових культур поряд із пшеницею та рисом. Найбільші масиви її вирощування зосереджені у США та Китаї, де площі посівів перевищують 30 та 20 млн га відповідно [40]. Така концентрація виробництва зумовлена високою адаптивністю культури та значним попитом на її продукцію у глобальному агропродовольчому секторі.

Кукурудза характеризується універсальністю використання та широким спектром господарського призначення. Вона є важливою продовольчою, кормовою та сировинною культурою для різних галузей переробної промисловості. Її зерно містить у середньому 9–12 % білків, 65–70 % вуглеводів, 4–8 % олії та близько 1,5 % мінеральних речовин. На основі кукурудзяної сировини виробляють понад 3500 видів продукції, включаючи борошно, крупи, крохмаль, сиропи, рослинну олію, спирти, органічні кислоти, вітаміни та інші харчові й технічні продукти. Побічні частини рослини (стебла, листя, качани) використовуються у целюлозно-паперовій, хімічній та

будівельній промисловості для виробництва паперу, пластмас, віскози, активованого вугілля та інших матеріалів [41].

Упродовж останніх десятиліть відбулися суттєві зміни у структурі світової торгівлі кукурудзою. Якщо наприкінці XX століття домінуючі позиції на ринку займали США, забезпечуючи понад 75 % світового експорту, то починаючи з 2000-х років спостерігається поступове зростання ролі інших країн-експортерів. Зокрема, Аргентина, Бразилія та Китай суттєво збільшили свою присутність на світовому ринку, що призвело до перерозподілу експортних потоків. Водночас Китай акумулює значні обсяги внутрішніх запасів зерна, що впливає на глобальну кон'юнктуру ринку та цінову динаміку [52].

Провідним фактором зростання конкурентоспроможності країн-експортерів кукурудзи є підвищення рівня її врожайності. Починаючи з середини XX століття, стабільне зростання продуктивності культури забезпечується завдяки розвитку селекційних програм, створенню високоврожайних і стійких до абіотичних та біотичних стресів гібридів. Значний вплив на підвищення врожайності справило впровадження біотехнологічних методів, зокрема генної інженерії. З 1990-х років у США активно культивуються генетично модифіковані форми кукурудзи, які характеризуються підвищеною продуктивністю, стійкістю до шкідників і хвороб та покращеними економічними показниками. Подібні тенденції простежуються також в Аргентині та Канаді, де ГМО-технології набули широкого поширення [53].

У сучасних умовах особливого значення набуває проблема підвищення адаптивного потенціалу нових гібридів кукурудзи. Це пов'язано зі зміною кліматичних умов, зростанням варіабельності агроекологічних факторів та необхідністю оптимізації ресурсного забезпечення виробництва. Зокрема, у зонах нестійкого землеробства, а також за умов підвищення вартості енергоресурсів, актуалізується потреба у створенні гібридів із високим рівнем пластичності та стабільності продуктивності. Особливе значення ці процеси

мають для умов зрошуваного землеробства південного Степу України, де можлива повна реалізація генетичного потенціалу гібридів різних груп стиглості (ФАО 170–600) [54].

Ефективність виробництва значною мірою залежить від правильного добору гібридів із різними типами реакції на умови середовища. У практиці рослинництва виділяють інтенсивні гібриди, які забезпечують максимальну врожайність за оптимальних умов; гомеостатичні форми, здатні формувати стабільний урожай у стресових умовах; а також середньопластичні гібриди, які характеризуються відносною стабільністю продуктивності за змінних агрофонів [55]. Разом із тим залишається складним завданням ідентифікація генотипів, оптимально адаптованих до конкретних екологічних умов вирощування.

Методологічною основою оцінювання адаптивності гібридів є багаторічні екологічні випробування, які дозволяють враховувати вплив погодних та ґрунтових факторів у різні роки. Водночас значна тривалість таких досліджень стимулює пошук альтернативних підходів, зокрема створення штучних екологічних градієнтів шляхом варіювання агротехнічних прийомів, рівня зволоження та густоти стояння рослин. Це дає змогу більш комплексно оцінити реакцію генотипів на зміну умов середовища [46, 47].

Одним із ключових факторів формування стабільно високих урожаїв є добір гібридів із високим потенціалом продуктивності (12–16 т/га) та підвищеною стійкістю до абіотичних стресів. У поєднанні з дотриманням технологічної карти це дозволяє максимально реалізувати біологічний потенціал культури в конкретній зоні вирощування [48].

Аналіз довгострокових статистичних даних свідчить про відсутність прямої лінійної залежності між рівнем мінерального живлення та врожайністю кукурудзи в Україні. Незважаючи на суттєве зниження обсягів внесення добрив у порівнянні з попередніми десятиліттями, спостерігається поступове зростання врожайності, що вказує на зростаючу роль сучасних гібридів та удосконалених технологій вирощування. Також значний вплив має

оптимізація систем захисту рослин від бур’янової рослинності, що є особливо критичним для культури з низькою конкурентною здатністю [49, 50].

Попри дискусії щодо можливого наближення межі генетичного потенціалу культури, практичні результати конкурсних випробувань свідчать про подальше зростання максимально можливої врожайності. Так, у 2015 році у США було зафіксовано рекордний показник урожайності понад 33 т/га за оптимальних умов вирощування. Це підтверджує, що потенціал культури залишається недостатньо вичерпаним, а основні резерви подальшого зростання продуктивності пов’язані з удосконаленням селекції, агротехнологій та систем управління посівами [44].

У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває не лише максимізація потенційної врожайності, але й забезпечення економічної ефективності, стабільності та технологічної придатності гібридів. Саме тому актуальним напрямом наукових досліджень залишається комплексне вивчення продуктивного потенціалу кукурудзи залежно від генетичних особливостей вихідного матеріалу та умов вирощування.

2.2. Морфобіологічні особливості кукурудзи як основа формування продуктивності агроценозів

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур світового землеробства, що належить до родини Poaceae (Тонконогові). Це однорічна, однодомна, роздільностатева рослина з вираженим перехресним типом запилення, для якої характерні висока генетична мінливість, значний рівень адаптивності та потужний продукційний потенціал. Сукупність цих властивостей визначає її провідну роль у формуванні глобальних ресурсів продовольства, кормів і сировини для промислової переробки [38].

Історично кукурудза належить до найдавніших культурних рослин, її окультурення відбулося приблизно 4,5–5 тис. років тому на території Центральної та Південної Америки. Сучасні дослідження генетичного

походження свідчать про складний еволюційний процес, у якому ключову роль відіграли дикі родичі – теосинте та споріднені форми, що внаслідок тривалого природного та штучного добору сформували сучасний культурний вид. Поширення кукурудзи в інші регіони світу відбулося після географічних відкриттів XV–XVI століть, а на територію України культура була інтродукована наприкінці XVII століття [40].

У сучасному світовому землеробстві кукурудза займає площу близько 180 млн га та входить до трійки провідних зернових культур поряд із пшеницею та рисом. Найбільші площі її вирощування зосереджені у США, Китаї, Бразилії та Аргентині, що визначає її стратегічне значення для глобальної продовольчої та енергетичної безпеки. Висока врожайність і універсальність використання зумовлюють постійне зростання попиту на зерно цієї культури на світових ринках [38].

Кукурудза має багатофункціональне господарське значення, оскільки використовується як продовольча, кормова та технічна культура. Хімічний склад зерна (в середньому 9–12 % білків, 65–70 % вуглеводів, 4–6 % жирів та до 2 % мінеральних речовин) забезпечує широкий спектр його переробки. Із зерна отримують десятки видів продукції, зокрема борошно, крупи, крохмаль, глюкозу, сиропи, рослинні олії, спирти та біоетанол. Завдяки розвитку біотехнологій і харчової індустрії значно розширився перелік продуктів із глибокої переробки кукурудзи, що підвищує її економічну цінність [31].

Не менш важливим є використання кукурудзи в тваринництві. Вона є базовим енергетичним компонентом комбікормів, особливо у птахівництві та свинарстві. Висока енергетична цінність зерна та зеленої маси забезпечує ефективне формування приростів живої маси тварин. Крім того, силосна маса кукурудзи є одним із найякісніших кормів завдяки збалансованому співвідношенню енергії та перетравного протеїну [39].

Окремого значення набуває технічне використання культури. Кукурудза є сировиною для виробництва крохмалю, біоетанолу, біопластику, органічних кислот, фармацевтичних препаратів і пакувальних матеріалів. У контексті

розвитку біоенергетики вона розглядається як одна з ключових енергетичних культур, що здатна забезпечувати виробництво відновлюваного палива. Це формує новий напрям її використання – як стратегічного ресурсу відновлюваної енергетики [38].

Морфологічно кукурудза характеризується добре розвиненою вегетативною та генеративною системами. Коренева система є мичкуватою, інтенсивно розгалуженою та позбавленою головного кореня. Основну роль у забезпеченні рослини водою та елементами живлення виконують вузлові та вторинні корені. На ранніх етапах розвитку первинна коренева система визначає життєзабезпечення рослин, тоді як у подальшому домінує вторинна система, здатна проникати на глибину 1,5–3,0 м залежно від ґрунтових умов.

Важливою адаптаційною ознакою є формування повітряних (опорних) коренів, які розвиваються з нижніх вузлів стебла. Вони забезпечують додаткову механічну стійкість рослин та сприяють поглинанню вологи й поживних речовин із верхнього шару ґрунту, що має особливе значення за нестабільного водного режиму [39].

Стебло кукурудзи – прямостояча, добре облистяна соломина, заповнена паренхімною тканиною. Його висота варіює в широких межах (від 1,5 до 5 м і більше) залежно від генотипу, умов вирощування та рівня агротехніки. Стебло складається з вузлів і міжвузлів, а ріст здійснюється за рахунок інтеркалярних меристем, що забезпечує інтенсивне видовження у фазі активної вегетації.

Листковий апарат кукурудзи представлений великими лінійно-ланцетними листками з добре розвиненою піхвою та листковою пластинкою. Висока площа фотосинтетичної поверхні (до 50–60 тис. м²/га) забезпечує інтенсивний фотосинтез і формування значної біомаси. Саме ефективність роботи листкового апарату є одним із ключових чинників реалізації потенційної врожайності гібридів [39].

Генеративні органи кукурудзи представлені двома типами суцвіть: чоловічим – волоттю, та жіночим – качаном. Така біологічна особливість обумовлює перехресне запилення, що сприяє високій генетичній мінливості та

є основою селекційної роботи зі створення гібридів. Запилення здійснюється за допомогою вітру, а ефективність цього процесу значною мірою залежить від синхронності цвітіння чоловічих і жіночих суцвіть.

Плід кукурудзи – зернівка, яка складається з оболонки, ендосперму та зародка. Ендосперм є основним депо запасних речовин, переважно крохмалю, тоді як зародок містить білки, жири та біологічно активні сполуки, необхідні для початкового розвитку проростка. Така структура забезпечує високу енергетичну цінність зерна та його технологічну універсальність [40].

Кукурудза належить до теплолюбних культур із чітко визначеними температурними межами розвитку. Проростання насіння відбувається за температури 8–10 °C, однак оптимальні умови формування сходів становлять 10–12 °C. Найбільш інтенсивний ріст спостерігається при 22–28 °C, тоді як зниження температури нижче 15 °C істотно уповільнює фізіологічні процеси. Надмірно високі температури (понад 30–35 °C) негативно впливають на процеси запилення, знижуючи рівень фертильності пилку та спричиняючи формування неповноцінних качанів.

Водний режим є одним із визначальних факторів продуктивності культури. Хоча кукурудза демонструє певну посухостійкість завдяки глибокій кореневій системі, максимальна реалізація її генетичного потенціалу можлива лише за оптимального водозабезпечення. Найбільш критичним є період від передцвітіння до післяцвітіння, коли дефіцит вологи призводить до різкого зниження врожайності через порушення процесів запліднення та формування зерна [46].

Таким чином, кукурудза є складною біологічною системою з високим рівнем адаптивності та продуктивності, реалізація потенціалу якої залежить від взаємодії генотипу, умов середовища та технології вирощування. Розуміння її морфо-біологічних особливостей є необхідною основою для розробки сучасних елементів агротехнологій і підвищення ефективності виробництва зерна.

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у 2025 році в умовах виробничих посівів товариства з обмеженою відповідальністю «ВІП-АГРО», розташованого в Одеському районі Одеської області. Територія господарства знаходиться у південно-західній частині України, в межах Південного Степу, який характеризується високим рівнем агрокліматичної контрастності та значною залежністю продукційності сільськогосподарських культур від водозабезпечення.

3.1 Грунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень

Клімат регіону помірно-континентальний із вираженими рисами посушливості. Для нього характерні м’яка малосніжна зима, нестійке зволоження весняного періоду та жарке, часто посушливе літо. Сума активних температур за вегетаційний період є достатньою для вирощування кукурудзи, однак лімітуючим фактором виступає нерівномірність випадання опадів та часті періоди атмосферної та ґрунтової посухи, особливо у фазі інтенсивного росту та генеративного розвитку культури.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений переважно чорноземами південними середньо- та легкосуглинковими, місцями із проявами залишкової солонцюватості. Чорноземи південні є типовими для південного Степу України та займають значні площі в межах Одеської області. Вони формувалися під впливом різнотравно-типчаково-ковилових степових угруповань за умов недостатнього та нестійкого зволоження, що зумовило відносно менший вміст гумусу порівняно з типовими та звичайними чорноземами.

Орний шар (0–30 см) характеризується вмістом гумусу в межах 2,9–3,2 %, доброю структурністю та переважно грудочкувато-зернистою будовою. Реакція ґрунтового розчину є близькою до нейтральної або слабколужною (pH

6,8–7,5), що є сприятливим для росту кукурудзи. За вмістом елементів живлення ґрунти відзначаються середнім забезпеченням азотом, підвищеним або середнім рівнем забезпечення фосфором та високим вмістом обмінного калію (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Агрохімічні та водно-фізичні показники чорнозему південного (0–100 см)

Показник	**0–30 см**	**30–50 см**	**50–100 см**
Щільність складення, г/см³	1,20–1,25	1,25–1,32	1,32–1,40
Гумус, %	2,9–3,2	2,0–2,2	1,0–1,1
Польова вологоємність, %	23,0–25,0	21,0–23,0	20,0–21,0
Вологість в’янення, %	10,0–11,0	9,5–10,5	9,0–10,0
pH (сольове)	6,8–7,3	7,2–7,6	7,5–7,8
Рухомий азот, мг/кг	60–85	40–55	25–35
Рухомий фосфор, мг/кг	45–70	30–45	20–30
Обмінний калій, мг/кг	280–420	220–300	180–250

Примітка: показники наведені за усередненими даними агрохімічного обстеження ґрунтів господарства.

Водно-фізичні властивості чорноземів південних дослідної ділянки загалом є задовільними для вирощування сільськогосподарських культур, проте характеризуються певними обмеженнями, пов’язаними з ризиком переущільнення та утворення ґрунтової кірки в умовах дефіциту органічної

речовини та періодичного пересихання верхнього шару. Щільність складення орного горизонту, як правило, коливається в межах 1,20–1,25 г/см³, що відповідає оптимальним значенням для росту кореневої системи кукурудзи за умови достатнього зволоження.

За профілем ґрунту спостерігається поступове зменшення вмісту гумусу з глибиною, а також перехід до карбонатних горизонтів на глибині 80–100 см. Це забезпечує певний запас кальцію, але водночас обмежує глибину активного гумусонакопичення. Ємність катіонного обміну ґрунтів є достатньо високою, що свідчить про добру здатність утримувати елементи живлення у доступній для рослин формі.

Зрошення на дослідних ділянках у разі його застосування здійснювали водою з локальних водних джерел (свердловини/зрошувальні системи господарства). Вода зазвичай характеризується помірною мінералізацією та відноситься до обмежено придатної або придатної для зрошення залежно від гідрохімічного складу в конкретний період. Це потребує контролю солонцюватості та вторинного засолення ґрунтів при тривалому використанні зрошення.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом південним середньосуглинковим. Це типовий ґрунт для степової зони Одещини, який формується в умовах недостатнього зволоження та значного випаровування.

Ґрунт характеризується доброю структурністю орного шару, проте потребує підтримання гумусового стану та раціонального удобрення для збереження високої родючості.

3.2. Аналіз агрометеорологічних умов вегетаційного періоду кукурудзи у 2025 році

Формування продуктивності кукурудзи значною мірою залежить від погодних умов вегетаційного періоду, насамперед від температурного режиму, кількості та розподілу атмосферних опадів, відносної вологості

повітря і запасів продуктивної вологи у ґрунті. Для умов Південного Степу України саме вологозабезпечення є одним із головних лімітуючих факторів реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи.

Територія ТОВ «ВІП-АГРО», де проводилися дослідження, розташована в Одеському районі Одеської області та належить до посушливої степової агрокліматичної зони. Клімат регіону помірно-континентальний з тривалим жарким літом, м'якою малосніжною зимою та нестійким зволоженням. Середньорічна температура повітря становить близько +11,5…+12,0 °С, а сума активних температур вище 10 °С перевищує 3400–3600 °С, що створює сприятливі умови для вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

За даними таблиці, протягом вегетаційного періоду кукурудзи у 2025 році температурний режим перевищував середньобагаторічні показники на 1,2–3,5 °С, а середнє перевищення становило 2,3 °С (рис. 3.1.). Весняний період відзначався відносно раннім наростанням температур, що сприяло своєчасному прогріванню ґрунту та проведенню сівби в оптимальні строки. Перехід середньодобової температури повітря через +10 °С відбувся у першій половині квітня, що відповідало середньобагаторічним показникам для даної зони (табл. 3.2.).

Квітень та травень характеризувалися помірно теплими погодними умовами. Температура повітря в цей період забезпечувала дружне проростання насіння та формування рівномірних сходів кукурудзи. Однак кількість атмосферних опадів була нерівномірною, що зумовило різний рівень накопичення продуктивної вологи в орному шарі ґрунту.

Літній період 2025 року відзначався тривалими хвилями спеки. У червні, липні та серпні середньодобова температура повітря перевищувала кліматичну норму на 1,5–3,0 °С. У окремі дні максимальна температура повітря досягала 35–38 °С, а температура поверхні ґрунту перевищувала 55–60 °С. Такі умови сприяли інтенсивному випаровуванню вологи та підвищенню дефіциту повітряної і ґрунтової вологи.

Таблиця 3.2

Середньомісячна температура повітря та кількість атмосферних опадів у період вегетації кукурудзи (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Місяць	Температура			Кількість опадів		
	середньо-багаторічна, °C	середньо-місячна, °C	відхи-лення, ± °C	середньо-багаторічна, мм	середньо-місячна, мм (2025 р.)	відхи-лення, ± мм
Квітень	10,6	11,8	+1,2	31	28	–3
Травень	16,4	18,1	+1,7	38	35	–3
Червень	20,8	23,4	+2,6	46	31	–15
Липень	23,2	26,7	+3,5	39	18	–21
Серпень	22,8	25,4	+2,6	33	22	–11
Вересень	18,0	20,1	+2,1	35	27	–8
Середнє / сума	**18,6**	**20,9**	**+2,3**	**222**	**161**	**–61**

Особливо складні умови спостерігалися у другій половині липня та першій декаді серпня, коли фази викидання волоті, цвітіння та початку наливу зерна збіглися з періодом високих температур і недостатнього природного зволоження. За таких умов відзначалося підвищення транспіраційного навантаження на рослини та зростання ризику порушення процесів запилення і формування зерна.

Атмосферні опади протягом вегетаційного періоду випадали переважно у вигляді короткочасних зливових дощів. Їх розподіл був нерівномірним як у часовому, так і в територіальному аспектах. Значна частина опадів припадала на окремі короткі періоди, тоді як між ними спостерігалися тривалі бездощові інтервали тривалістю від 15 до 25 діб. Це призводило до швидкого висушування верхніх шарів ґрунту та формування дефіциту доступної вологи для рослин.

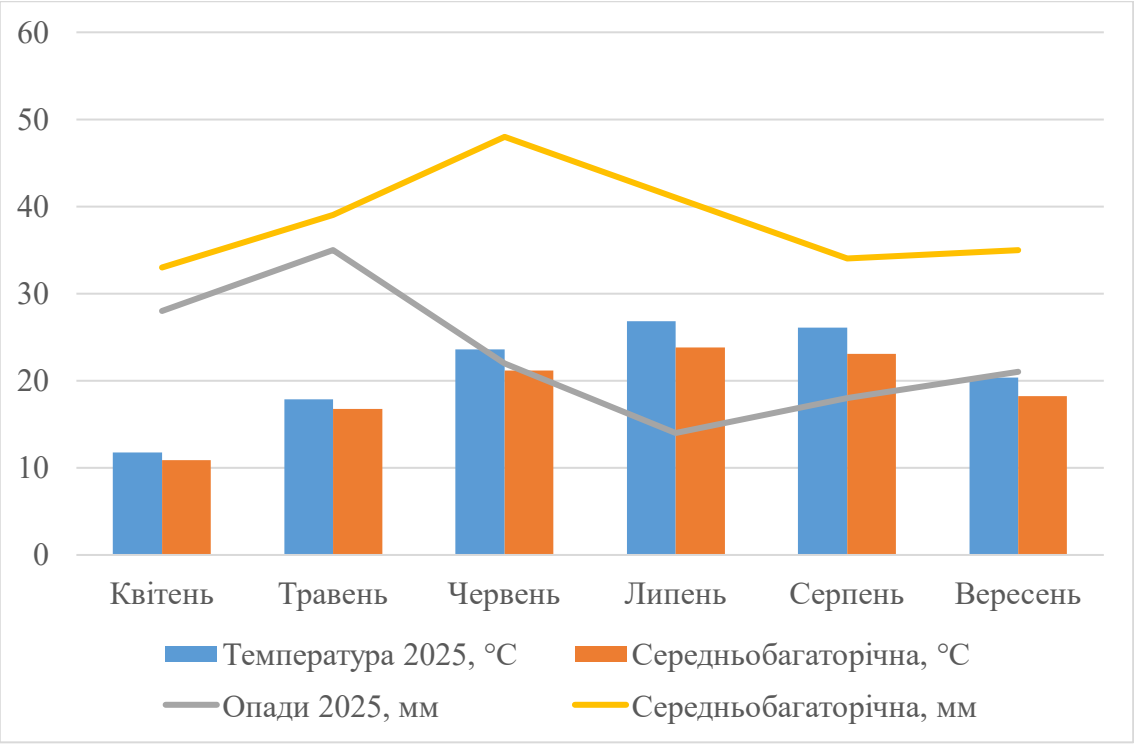

Рисунок 3.1. **Порівняння середньомісячних температур повітря та опадів у 2025 році із середньобагаторічними показниками (ТОВ «ВІП-АГРО», Одеського району, Одеської області)**

Відносна вологість повітря в літні місяці нерідко знижувалася до 30–40 %, а під час суховійних явищ – до 20–25 %. У поєднанні з високими температурами це створювало несприятливі умови для росту і розвитку кукурудзи, особливо на ділянках без додаткового зрошення.

Кількість атмосферних опадів упродовж вегетаційного періоду розподілялася вкрай нерівномірно. Основна їх частина випадала у вигляді короткочасних зливових дощів, тоді як між опадами спостерігалися тривалі бездощові періоди. У результаті сумарна кількість опадів за окремі місяці була близькою до норми або навіть перевищувала її, проте ефективність використання цієї вологи рослинами залишалася низькою через інтенсивне поверхневе стікання та значні втрати на фізичне випаровування.

У вересні спостерігалася тепла та відносно суха погода, що сприяло завершенню процесів дозрівання зерна та проведенню збиральних робіт без істотних технологічних ускладнень. Загалом агрометеорологічні умови 2025

року для вирощування кукурудзи в умовах ТОВ «ВІП-АГРО» Одеського району Одеської області можна охарактеризувати як помірно посушливі з підвищеним температурним фоном.

Основними стресовими факторами для рослин кукурудзи були високі температури повітря під час генеративних фаз розвитку та нерівномірне надходження атмосферних опадів. Водночас значні теплові ресурси регіону створювали сприятливі передумови для реалізації потенційної продуктивності сучасних гібридів кукурудзи за умови оптимального забезпечення рослин вологою та елементами живлення.

3.3 Мета, завдання та методика польового досліду

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей впливу густоти стояння рослин і застосування біологічних препаратів на фітосанітарний стан посівів та реалізацію продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи різних груп стиглості (ФАО) в умовах зрошуваного землеробства Південного Степу України.

Для досягнення поставленої мети програмою досліджень передбачалося вирішити такі **завдання**:

- встановити вплив біологічних препаратів на ступінь ураження шкідливими організмами гібридів кукурудзи різних груп ФАО;
- визначити особливості росту, розвитку та формування біометричних показників рослин кукурудзи залежно від густоти стояння та застосування біологічних препаратів;
- дослідити вплив густоти рослин і біологічних препаратів на фотосинтетичну діяльність посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості;
- оцінити особливості формування елементів структури врожаю та зернової продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин і застосування біопрепаратів;

- провести економічне обґрунтування ефективності вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО за використання досліджуваних елементів технології.

Польові досліди, щодо впливу густоти стояння рослин та біостимуляторів на формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Південного Степу України закладали у 2025 році на виробничих полях ТОВ «ВІП-АГРО» Одеського району Одеської області методом розщеплених ділянок (split-plot) у чотириразовій повторності.

Посівна площа однієї ділянки становила 50 м², облікова – 30 м². Розміщення варіантів у повтореннях здійснювали методом рендомізації.

Дослід включав три фактори:

Фактор А – гібриди кукурудзи різних груп стиглості;

Фактор В – застосування біостимуляторів;

Фактор С – густота стояння рослин перед збиранням урожаю.

Для досліджень були обрані сучасні високопродуктивні гібриди провідних світових селекційних компаній, рекомендовані для вирощування в зоні Степу України.

ДКС 4014 (ФАО 310) – середньоранній гібрид селекції DEKALB (Bayer Crop Science). Характеризується високою енергією початкового росту, швидким розвитком кореневої системи та доброю адаптивністю до посушливих умов. Відзначається стабільною врожайністю на богарі та при зрошенні, високою посухо- і жаростійкістю, доброю стійкістю до вилягання та швидкою вологовіддачею зерна під час достигання. Потенціал урожайності за інтенсивної технології вирощування перевищує 14 т/га.

П9241 (ФАО 340) – середньоранній гібрид компанії Pioneer (Corteva Agriscience), створений із використанням селекційних підходів, спрямованих на підвищення толерантності до водного стресу. Гібрид відзначається високою екологічною пластичністю, добре реагує на покращення умов вирощування та характеризується стабільною реалізацією врожайного потенціалу за дефіциту

атмосферних опадів. Формує добре озернений качан і забезпечує високу масу 1000 зерен.

ДКС 4351 (ФАО 350) – середньостиглий гібрид селекції DEKALB, який широко використовується в умовах Південного Степу України. Характеризується потужною кореневою системою, високою стійкістю до повітряної та ґрунтової посухи, пластичністю до густоти стояння рослин і високою компенсаційною здатністю. Гібрид забезпечує стабільні показники врожайності навіть за значних коливань погодних умов.

П9889 (ФАО 440) – середньопізній високопродуктивний гібрид компанії Pioneer, призначений для вирощування за інтенсивними технологіями та в умовах зрошення. Характеризується високим потенціалом урожайності зерна, підвищеною стійкістю до вилягання, доброю ремонтантністю листкового апарату та здатністю максимально використовувати ресурси вологи і живлення. За сприятливих умов урожайність може перевищувати 15–16 т/га.

З метою підвищення адаптивності рослин до стресових факторів середовища та покращення реалізації генетичного потенціалу продуктивності використовували сучасні біостимулятори, дозволені до застосування в Україні.

Авангард Стимул – комплексний біостимулятор українського виробництва, до складу якого входять амінокислоти, гумінові та фульвові кислоти, природні фітогормони, вітаміни та мікроелементи в хелатній формі. Препарат сприяє активізації ростових процесів, посиленню фотосинтетичної діяльності рослин, покращенню засвоєння елементів живлення та підвищенню стійкості до посухи і високих температур. Обробку посівів проводили двічі: у фазі 6–8 листків та перед викиданням волоті нормою 1,0 л/га.

Вуксал Біо Vita – біостимулятор компанії AGLUKON (Німеччина), що містить комплекс амінокислот, екстракти морських водоростей, органічні кислоти, вітаміни та мікроелементи. Препарат характеризується вираженою антистресовою дією, стимулює розвиток кореневої системи, підвищує інтенсивність фотосинтезу та покращує водний баланс рослин. Внесення

здійснювали у фазі 6–8 листків і повторно перед викиданням волоті в нормі 1,5 л/га.

Таблиця 3.3

Схема досліду впливу густоти стояння рослин та біостимуляторів на формування продуктивності гібридів кукурудзи

Гібрид (фактор А)	**Біостимулятор (фактор В)**	**Густота рослин, тис. шт./га (фактор С)**		
ДКС 4014 (ФАО 310)	Контроль	60	70	80
	Авангард Стимул	60	70	80
	Вуксал Біо Vita	60	70	80
П9241 (ФАО 340)	Контроль	60	70	80
	Авангард Стимул	60	70	80
	Вуксал Біо Vita	60	70	80
ДКС 4351 (ФАО 350)	Контроль	60	70	80
	Авангард Стимул	60	70	80
	Вуксал Біо Vita	60	70	80
П9889 (ФАО 440)	Контроль	60	70	80
	Авангард Стимул	60	70	80
	Вуксал Біо Vita	60	70	80

Таким чином, обрані для дослідження гібриди та біостимулятори є актуальними для сучасного агровиробництва Південного Степу України та дозволяють комплексно оцінити вплив генотипу, густоти стояння рослин і позакореневого підживлення на формування врожайності кукурудзи в умовах Одеської області.

Під час виконання експериментальної роботи використовували комплекс загальноприйнятих польових, лабораторних та статистичних методів досліджень, що забезпечували об’єктивність оцінки впливу досліджуваних факторів на ріст, розвиток і продуктивність рослин кукурудзи.

Для вивчення реакції рослин на умови вирощування застосовували польовий метод, який передбачав проведення систематичних спостережень за проходженням основних етапів органогенезу культури, формуванням елементів продуктивності та впливом агрокліматичних чинників на перебіг ростових процесів.

Візуальні спостереження використовували для визначення строків настання фенологічних фаз розвитку культури та оцінювання загального стану посівів упродовж вегетаційного періоду.

Для визначення морфометричних показників рослин застосовували вимірювально-аналітичний метод, за допомогою якого встановлювали висоту рослин, площу листкової поверхні, показники фотосинтетичної діяльності посівів, структуру врожаю та рівень зернової продуктивності.

Лабораторні дослідження проводили з метою визначення агрохімічних показників ґрунту, зокрема вмісту основних елементів живлення (азоту, фосфору та калію), а також оцінювання якісних характеристик отриманого зерна.

Для оцінки достовірності отриманих експериментальних результатів використовували математично-статистичний метод, який включав дисперсійний аналіз, визначення середніх величин, похибок досліду та рівнів статистичної значущості досліджуваних факторів.

Економічну доцільність застосування окремих елементів технології вирощування кукурудзи визначали за допомогою розрахунково-економічного методу, що передбачав аналіз виробничих витрат, рівня рентабельності та окупності додаткових технологічних заходів.

Фенологічні спостереження здійснювали на постійно закріплених облікових рослинах. Для цього в двох несуміжних повтореннях відбирали по

100 типових рослин кожного варіанта досліду. Упродовж вегетації реєстрували строки настання основних фаз росту та розвитку кукурудзи: появу сходів, формування 3–5, 7 та 11 листків, викидання волоті, цвітіння, молочну, воскову та повну стиглість зерна.

Початком фази вважали момент її настання у 10 % рослин облікової вибірки, а повною фазою – коли відповідні ознаки спостерігалися не менше ніж у 75 % рослин. Додатково фіксували календарні строки проведення сівби та збирання врожаю.

Біометричні вимірювання проводили у ключові періоди вегетації культури. Висоту рослин визначали на 100 попередньо закріплених рослинах у двох несуміжних повтореннях. До початку фази цвітіння висоту вимірювали від поверхні ґрунту до верхівки найдовшого листка, а після викидання волоті– від рівня ґрунту до верхньої точки волоті.

Площу листкової поверхні визначали непрямим лінійним методом шляхом вимірювання довжини та максимальної ширини листкової пластинки з подальшим розрахунком її площі за відповідною формулою. Отримані дані використовували для оцінювання фотосинтетичного потенціалу посівів та ефективності використання рослинами сонячної енергії в процесі формування врожаю.

$$S = k \times l \times n, \qquad (2.6)$$

де S - площа листа, см^2;

k - середній поправочний коефіцієнт, рівний 0,75;

l - довжина листа, см;

n - ширина листа у найширшому місці, см.

Враховували площу тільки у фізіологічно повноцінних листків. Кількість відібраних рослин – 100, повторність дворазова.

Чисту продуктивність фотосинтезу обчислювали за формулою (2.7) [10]:

$$Ф_{ч.\ пр.} = \frac{В_2 - В_1}{\frac{Л_1 + Л_2}{2} * Т}, \qquad (2.7)$$

де $Ф_{ч.\ пр.}$ - чиста продуктивність фотосинтезу, яка позначає число грамів загальної сухої маси врожаїв, утворених 1 м^2 площі листя в середньому на протязі доби за даний проміжок часу у n днів, г/м^2 за добу;

$В_1$, $В_2$ – вага сухої маси рослини з 1 м^2 або з 1 га на початку і в кінці за даний проміжок часу, що враховується у n днів

$Л_1$, $Л_2$, - площа листя рослин з тієї ж площі посіву на початку і в кінці того ж проміжку часу, м^2/га;

Для оцінювання інтенсивності накопичення органічної речовини впродовж вегетаційного періоду кукурудзи у визначені фази росту і розвитку рослин проводили відбір рослинних зразків з подальшим визначенням сирої та сухої маси надземної частини. Для аналізу з кожного варіанта досліду у двох несуміжних повтореннях відбирали по 10 типових рослин, які найбільш повно характеризували стан посіву.

Після відбору рослинний матеріал зважували для визначення сирої маси, подрібнювали та формували середню пробу. Із підготовленої маси відбирали три наважки по 100 г кожна. Зразки попередньо фіксували на водяній бані для припинення фізіолого-біохімічних процесів, після чого доводили до повітряно-сухого стану. Остаточне висушування проводили у сушильній шафі за температури 100–105 °C до досягнення сталої маси, що давало змогу визначити вміст сухої речовини та динаміку її накопичення.

Збирання врожаю здійснювали у фазу повної стиглості зерна. Облік урожайності проводили методом суцільного збору качанів з усієї облікової площі кожної дослідної ділянки з подальшим зважуванням отриманої продукції. Для визначення показників якості врожаю під час збирання на

кожній ділянці окремо формували середню пробу з 50 качанів, у якій встановлювали вологість зерна, частку зерна в структурі врожаю качанів та вихід кондиційного насіннєвого матеріалу.

Експериментальні дані, отримані в результаті обліків та вимірювань, підлягали статистичному аналізу з використанням методів дисперсійної обробки, що дозволяло оцінити достовірність впливу досліджуваних факторів і їх взаємодії на формування продуктивності культури. Обробку результатів виконували відповідно до загальноприйнятих методик проведення польових досліджень із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Математичне опрацювання експериментального матеріалу здійснювали за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel та спеціалізованого статистичного пакета AgroStat, що забезпечувало проведення дисперсійного аналізу, визначення середніх значень показників, похибок досліду та рівня статистичної значущості отриманих результатів.

Економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи проводили на основі типових технологічних карт виробництва зернових культур із використанням чинних методичних підходів щодо визначення виробничих витрат і формування собівартості сільськогосподарської продукції. Розрахунки виконували відповідно до цінових показників та економічних умов 2025 маркетингового року, що дозволило об'єктивно оцінити рівень рентабельності та господарську доцільність застосування досліджуваних агротехнологічних заходів.

3.4. Агротехнологія в дослідах із сучасними гібридами кукурудзи

У польових дослідженнях, які проводилися в умовах виробничих посівів ТОВ «ВІП АГРО» (Одеський район, Одеська область), застосовували інтенсивну технологію вирощування кукурудзи, адаптовану до ґрунтово-кліматичних умов Південного Степу України. Метою агротехнічного супроводу було створення оптимальних умов для реалізації потенціалу сучасних гібридів різних груп ФАО.

У досліді використовували такі гібриди кукурудзи: ДКС 4014 (ФАО 310), П9241 (ФАО 340), ДКС 4351 (ФАО 350) та П9889 (ФАО 440). Зазначені гібриди належать до інтенсивного типу та відрізняються різним рівнем скоростиглості, продуктивності та адаптивності до посушливих умов південного регіону. Це дозволило комплексно оцінити їх реакцію на агротехнічні та кліматичні фактори.

Основний обробіток ґрунту передбачав систему післязбирального та глибокого обробітку. Після збирання попередника проводили дворазове лущення стерні дисковими знаряддями на глибину 6–8 см з метою провокації сходів бур'янів та подрібнення рослинних решток. Після відростання бур'янів виконували повторне лущення або обробіток плоскорізними культиваторами на глибину 10–12 см. Завершальним етапом була зяблева оранка на глибину 25–30 см плугами з передплужниками, що забезпечувало загортання органічних решток і покращення агрофізичного стану ґрунту.

Навесні проводили ранньовесняне боронування з метою збереження ґрунтової вологи та руйнування ґрунтової кірки. Передпосівну культивацію здійснювали на глибину 5–8 см із одночасним вирівнюванням поверхні поля, що створювало оптимальні умови для рівномірної сівби.

Сівбу кукурудзи проводили при настанні стабільної температури ґрунту 10–12 °С на глибині загортання насіння. Насіння висівали на глибину 5–7 см із формуванням заданої густоти стояння рослин залежно від варіанту досліду. Для сівби використовували високоточні пневматичні сівалки, зокрема John Deere, Horsch Maestro, що забезпечували рівномірне розміщення насіння в рядку та стабільну норму висіву.

Після сівби проводили коткування ґрунту кільчасто-шпоровими або кільчасто-зубчастими котками для покращення контакту насіння з ґрунтом і забезпечення дружних сходів.

Система догляду за посівами включала комплекс механічних і хімічних заходів. Досходове боронування проводили через 4–6 діб після сівби у фазі проростків бур'янів («білої ниточки») легкими боронами поперек напрямку

рядків. Післясходове боронування виконували у фазах 2–3 та 4–5 листків кукурудзи з дотриманням оптимальної швидкості руху агрегатів для мінімального пошкодження рослин.

У міжрядний період застосовували культивації міжрядь культиваторами типу John Deere з глибиною обробітку 6–10 см, що забезпечувало розпушування ґрунту, руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів.

Система захисту рослин передбачала використання ґрунтових і післясходових гербіцидів для контролю сегетальної рослинності, а також фунгіцидів та інсектицидів для захисту посівів від основних хвороб і шкідників кукурудзи. Вибір препаратів здійснювали відповідно до регламентів їх застосування та фітосанітарного стану посівів.

В умовах Південного Степу України вирішальним лімітуючим фактором є вологозабезпечення, тому в досліді використовували систему краплинного зрошення. Вона забезпечувала підтримання оптимального водного режиму ґрунту та можливість фертигації у критичні фази розвитку рослин, зокрема у період активного росту, викидання волоті та наливу зерна. Застосування краплинного зрошення дозволяло підвищити ефективність використання водних ресурсів на 30–50 % порівняно з традиційним дощуванням.

Збирання врожаю здійснювали у фазі повної стиглості зерна при вологості 14–16 % зерна із використанням сучасних зернозбиральних комбайнів типу John Deere. Отриманий урожай обліковували по кожній дослідній ділянці з подальшою статистичною обробкою.

РОЗДІЛ 4.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

ФОРМУВАННЯ СТІЙКОСТІ РІЗНИХ ЗА ФАО ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ДО ОСНОВНИХ ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

Інтенсифікація виробництва кукурудзи в сучасних агротехнологічних системах зумовлена її високою господарською цінністю як універсальної зернової, кормової та технічної культури, а також значною здатністю до адаптації та відгуку на елементи інтенсивних технологій вирощування. Особливої ефективності культура набуває за умов застосування краплинного зрошення, яке забезпечує стабілізацію водного режиму та дозволяє реалізувати генетичний потенціал сучасних гібридів.

Серед ключових елементів технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості важливе місце займають оптимальна густота стояння рослин та використання біологічно активних і рістрегулюючих препаратів. Саме ці фактори значною мірою визначають ефективність використання природно-ресурсного потенціалу Південного Степу України та рівень реалізації продуктивності агроценозу.

Південний регіон України характеризується високою мінливістю агрометеорологічних умов, де результати технологічних рішень істотно залежать від забезпеченості вологою та температурного режиму. У зв’язку з цим різні гібриди кукурудзи можуть по-різному реагувати на однакові агротехнічні заходи, що обумовлює необхідність науково обґрунтованої адаптації технологій вирощування до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

4.1. Вплив біопрепаратів на фітосанітарний стан посівів гібридів кукурудзи

У проведених дослідженнях встановлено, що застосування біопрепаратів істотно впливало на рівень ураження рослин основними хворобами та пошкодження шкідниками. Зокрема, на ранньостиглому гібриді ДКС 4014 відмічено зниження розвитку пухирчастої сажки кукурудзи *(Ustilago zeae Beckm.)* під впливом досліджуваних препаратів, що свідчить про їх позитивний фітозахисний ефект. Отримані результати наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вплив обробітку біопрепаратів на інтенсивність ураження гібридів кукурудзи, ТОВ «ВІП-АГРО», % (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Гібрид (фактор А)	Обробіток біопрепаратами (фактор В)	Інтенсивність ураження, %		
		Пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago zeae Beckm.*)	Фузаріоз качана (*Fusarium moniliforme Scheld.*)	Стебловий (кукурудзяний) метелик (*Ostrinia nubilalis*)
ДКС 4014 (ФАО 310)	Контроль	6,8	11,5	8,2
	Авангард Стимул	4,1	7,9	5,6
	Вуксал Біо Vita	3,6	7,2	5,1
П9241 (ФАО 340)	Контроль	7,5	12,8	9,0
	Авангард Стимул	4,6	8,5	6,2
	Вуксал Біо Vita	4,0	7,8	5,8
ДКС 4351 (ФАО 350)	Контроль	8,1	13,6	9,7
	Авангард Стимул	5,0	9,2	6,8
	Вуксал Біо Vita	4,4	8,4	6,1
П9889 (ФАО 440)	Контроль	8,9	14,7	10,5
	Авангард Стимул	5,6	10,1	7,4
	Вуксал Біо Vita	4,9	9,3	6.,9
$НІР_{05}$		0,6	0,9	0,8

Подані в таблиці дані характеризують вплив біопрепаратів на фітосанітарний стан посівів різних за групами стиглості гібридів кукурудзи в умовах зрошення у ТОВ «ВІП-АГРО» (Одеська область, Одеський район). Отримані результати відображають типовий для регіону комплекс патогенів і шкідників, розвиток яких значною мірою визначається поєднанням підвищених температур, нерівномірного зволоження та інтенсивного вирощування кукурудзи в умовах зрошуваного землеробства.

У контрольних варіантах без застосування біологічних препаратів спостерігався вищий рівень ураження рослин усіма досліджуваними патогенами. Найбільш поширеним і стабільно проявленим захворюванням була пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago zeae*), інтенсивність розвитку якої в контрольних посівах коливалася від 6,8 % у ранньостиглого гібриду ДКС 4014 до 8,9 % у пізньостиглого П9889. Зростання ураження зі збільшенням ФАО пояснюється більш тривалим періодом вегетації та більшою експозицією рослин до інфекційного навантаження.

Фузаріоз качана (*Fusarium moniliforme*) виявився найбільш шкодочинним патогеном у всіх варіантах досліду. У контрольних посівах його розвиток варіював у межах 11,5–14,7 %, що є характерним для умов підвищеної вологості в період цвітіння та наливу зерна за зрошення. Особливо високі показники зафіксовано у гібриду П9889 (ФАО 440), що свідчить про більшу чутливість пізньостиглих форм до грибних інфекцій у стресових мікрокліматичних умовах кінця вегетації.

Щодо пошкодження стебловим (кукурудзяним) метеликом (*Ostrinia nubilalis*), інтенсивність у контрольних варіантах становила 8,2–10,5 %. Вищі значення також спостерігалися у більш пізньостиглих гібридів, що пов’язано з тривалішим періодом формування генеративних органів і більшою доступністю кормової бази для шкідника.

Застосування біопрепаратів Авангард Стимул та Вуксал Біо Vita забезпечило істотне зниження рівня ураження рослин усіма досліджуваними патогенами і шкідниками. У середньому по досліду ефективність біологічного

захисту щодо пухирчастої сажки становила близько 30–40 %, щодо фузаріозу качана – 25–35 %, а щодо стеблового метелика – 20–30 % порівняно з контролем. Це свідчить про виражену профілактичну та частково імуномодулюючу дію препаратів.

Серед досліджених засобів захисту дещо вищу ефективність у більшості випадків демонстрував препарат Вуксал Біо Vita, що проявлялося у нижчих показниках ураження як грибними хворобами, так і шкідниками. Це може бути пов’язано з наявністю в його складі комплексу мікроелементів та фізіологічно активних сполук, які підсилюють загальну стійкість рослин.

Аналіз сортових (гібридних) особливостей показав, що ранньостиглі гібриди (ДКС 4014, П9241) характеризувалися дещо вищою природною стійкістю до патогенів у порівнянні з середньопізніми та пізньостиглими формами. У той же час гібрид П9889 (ФАО 440) проявив найбільшу сприйнятливість до всіх досліджуваних об’єктів, що підтверджує необхідність посиленої системи захисту для інтенсивних пізньостиглих генотипів.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що в умовах зрошення Південного Степу України фітосанітарний стан посівів кукурудзи суттєво залежить як від генетичних особливостей гібридів, так і від застосованої системи біологічного захисту. Використання біопрепаратів дозволяє стабілізувати фітосанітарну ситуацію, знизити розвиток основних хвороб і шкідників та створити передумови для формування більш стабільної продуктивності культури.

Подані в таблиці 4.2. дані характеризують технічну ефективність застосування біопрепаратів на різних за групами стиглості гібридах кукурудзи в умовах зрошення. Отримані результати відображають реакцію агроценозу на біологічні засоби захисту в умовах інтенсивного вирощування культури за стабілізованого водного режиму та підвищеного інфекційного фону, характерного для зрошуваних агроландшафтів регіону.

Аналіз показників свідчить, що застосування біопрепаратів забезпечило істотне зниження розвитку основних хвороб і зменшення чисельності

шкідників порівняно з контрольними варіантами. При цьому ефективність дії препаратів суттєво залежала як від біологічних особливостей гібридів, так і від виду патогену чи шкідника.

Таблиця 4.2

Технічна ефективність використаних біопрепаратів на гібридах кукурудзи, % (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Гібрид (фактор А)	Обробіток біопрепаратами (фактор В)	Технічна ефективінсть, %		
		пухирчаста сажка кукурудзи (*Ustilago zeae* Beckm.)	фузаріоз качана (*Fusarium moniliforme* Scheld.)	стебловий (кукурудзяний) метелик (*Ostrinia nubilalis*)
ДКС 4014 (ФАО 310)	Контроль	–	–	–
	Авангард Стимул	34,4	31,2	28,2
	Вуксал Біо Vita	39,4	36,2	32,4
П9241 (ФАО 340)	Контроль	–	–	–
	Авангард Стимул	32,2	29,2	26,3
	Вуксал Біо Vita	37,2	34,3	30,3
ДКС 4351 (ФАО 350)	Контроль	–	–	–
	Авангард Стимул	30,3	27,3	24,4
	Вуксал Біо Vita	35,4	32,2	28,3
П9889 (ФАО 440)	Контроль	–	–	–
	Авангард Стимул	28,2	25,4	22,5
	Вуксал Біо Vita	33,2	30,0	26,1
$НІР_{05}$		2,1	2,4	1,9

Найвищі показники технічної ефективності виявлено щодо пухирчастої сажки кукурудзи (*Ustilago zeae* Beckm.), де у варіантах із застосуванням біопрепаратів рівень контролю розвитку хвороби досягав 28,2–39,4 %. Така закономірність пояснюється тим, що збудник пухирчастої сажки значною мірою реагує на фізіологічний стан рослин, зокрема на забезпеченість елементами живлення та загальну стійкість тканин. Поліпшення метаболічних

процесів під впливом біопрепаратів сприяло зниженню сприйнятливості рослин до інфекції (табл. 4.2).

Щодо фузаріозу качана (*Fusarium moniliforme* Scheld.), технічна ефективність біопрепаратів була дещо нижчою і коливалася в межах 25,4–36,2 %. Це пов’язано з тим, що розвиток фузаріозних грибів значною мірою залежить від погодних умов у період цвітіння та наливу зерна, а також від мікроклімату всередині качана, який частково обмежує доступ діючих речовин. Водночас чітко простежується позитивний ефект біопрепаратів у вигляді зменшення ураженості порівняно з контролем у всіх досліджуваних гібридів.

Технічна ефективність щодо стеблового (кукурудзяного) метелика (*Ostrinia nubilalis*) була найнижчою серед досліджуваних об’єктів і становила 22,5–32,4 %. Це обумовлено біологічними особливостями шкідника, зокрема його прихованим способом живлення всередині стебел, що обмежує контакт діючих речовин із популяцією. Незважаючи на це, біопрепарати сприяли зменшенню загальної чисельності та пошкодженості рослин, що свідчить про їх опосередкований регулюючий вплив через підвищення загальної стійкості рослин.

Порівняння ефективності двох досліджуваних препаратів показало перевагу Вуксал Біо Vita над Авангард Стимул за всіма варіантами гібридів і патогенів. Це може бути пов’язано з більш збалансованим складом мікроелементів та наявністю фізіологічно активних компонентів, що посилюють імунний статус рослин і сприяють кращій реалізації захисних механізмів.

Аналіз гібридного фактора свідчить про певні відмінності у сприйнятливості рослин до хвороб і шкідників залежно від ФАО. Ранньостиглий гібрид ДКС 4014 характеризувався відносно вищою природною стійкістю та, відповідно, вищою ефективністю біологічного захисту. Натомість у пізньостиглого гібриду П9889 (ФАО 440) відзначено дещо нижчі значення технічної ефективності, що пояснюється тривалішим

періодом вегетації, більшим накопиченням інфекційного навантаження та вищою пошкодженістю шкідниками.

4.2. Формування морфометричних параметрів рослин кукурудзи залежно від густоти посіву та застосування біологічних препаратів

Високий рівень реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи значною мірою визначається оптимізацією основних елементів технології вирощування. Серед них особливе місце належить густоті стояння рослин, яка безпосередньо впливає на інтенсивність використання світлових ресурсів, вологи та елементів мінерального живлення. За умов недостатнього або надмірного загущення посівів порушуються процеси формування асиміляційної поверхні, погіршується фотосинтетична діяльність агроценозу та знижується ефективність використання біологічного потенціалу гібридів.

Лімітуючим фактором продуктивності, в умовах нашого господарства, залишається вологозабезпечення, особливого значення набуває добір оптимальної густоти рослин для кожного конкретного гібриду. За вирощування кукурудзи на краплинному зрошенні вплив цього фактора посилюється, оскільки змінюються умови водного режиму посівів та ефективність використання поживних речовин.

Одним із найважливіших показників росту і розвитку рослин кукурудзи є висота рослин. Ця ознака характеризує інтенсивність проходження фізіологічних процесів, особливості формування вегетативної маси та адаптаційну здатність рослин до умов вирощування. Висота рослин значною мірою визначається генетичними особливостями гібриду, проте істотно коригується впливом агротехнічних заходів, насамперед густотою посіву та застосуванням стимуляторів росту і біологічно активних препаратів.

Для сучасних зернових гібридів кукурудзи важливим є поєднання достатньої висоти рослин із високою стійкістю до вилягання та придатністю до механізованого збирання. Встановлено, що висота рослин тісно пов'язана з висотою прикріплення качана, яка визначає технологічність культури під час

збирання врожаю. Надмірне збільшення цих показників може призводити до підвищення ризику вилягання рослин, тоді як недостатній розвиток надземної маси часто супроводжується зменшенням площі листкової поверхні та зниженням продуктивності фотосинтезу.

Особливо актуальним є вивчення морфометричних показників сучасних високопродуктивних гібридів різних груп стиглості за умов краплинного зрошення в Південному Степу України. Це дає можливість оцінити реакцію рослин на зміну густоти посіву та застосування біологічних препаратів, а також встановити оптимальне поєднання технологічних прийомів для максимального використання потенціалу продуктивності культури.

Результати проведених досліджень свідчать про істотний вплив досліджуваних факторів на формування висоти рослин кукурудзи. Встановлено, що зміна густоти стояння рослин та використання біологічних препаратів по-різному впливали на ріст гібридів залежно від їх генетичних особливостей і групи стиглості (табл. 4.3).

Аналіз експериментальних даних показав, що найбільший вплив на формування висоти рослин мав генотип гібриду. Серед досліджуваних варіантів найменші показники висоти сформував середньоранній гібрид ДКС 4014 (ФАО 310), середня висота якого становила 216,3 см. Гібрид П9241 (ФАО 340) характеризувався вищими показниками росту та сформував у середньому 228,8 см. Подальше збільшення висоти рослин спостерігалося у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350), де середнє значення досягло 235,3 см. Максимальні показники були відмічені у середньопізнього гібрида П9889 (ФАО 440), який сформував рослини заввишки 249,2 см.

Виявлено чітку тенденцію до зменшення висоти рослин зі збільшенням густоти посіву від 70 до 90 тис. рослин на гектар. Так, у гібрида ДКС 4014 висота рослин знизилася від 223,3 до 209,3 см, у П9241 – від 235,7 до 221,3 см, у ДКС 4351 – від 243,3 до 227,3 см, а у П9889 – від 257,0 до 241,3 см. Це пояснюється посиленням внутрішньовидової конкуренції за світло, воду та елементи живлення в загущених посівах.

Таблиця 4.3

Висота рослин гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та дії біологічних препаратів, см (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Гібрид (фактор А)	Густота рослин тис. р/га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			В середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Авангард Стимул	Вуксал Біо Vita	А	В
ДКС 4014 (ФАО 310)	70	212	226	232	216,3	223,3
	80	205	219	225		216,3
	90	198	212	218		209,3
Середнє		**205,0**	**219,0**	**225,0**		
П9241 (ФАО 340)	70	225	238	244	228,8	235,7
	80	218	232	238		229,3
	90	210	224	230		221,3
Середнє		**217,7**	**231,3**	**237,3**		
ДКС 4351 (ФАО 350)	70	232	246	252	235,3	243,3
	80	224	238	244		235,3
	90	216	230	236		227,3
Середнє		**224,0**	**238,0**	**244,0**		
П9889 (ФАО 440)	70	245	260	266	249,2	257,0
	80	238	252	258		249,3
	90	230	244	250		241,3
Середнє		**237,7**	**252,0**	**258,0**		
Середнє за фактором С		**221,1**	**235,1**	**241,1**		
Оцінка істотності часткових відмінностей						
$НІР_{05}$, см		**А = 5,8; В = 4,2; С = 3,4**				

Суттєвий позитивний вплив на лінійний ріст рослин мало застосування біологічних препаратів. У середньому по досліду використання препарату Авангард Стимул забезпечило збільшення висоти рослин до 235,1 см, що на 14,0 см або 6,3 % перевищувало контрольний варіант. Найвищі показники отримано за використання препарату Вуксал Біо Vita, де середня висота рослин становила 241,1 см, що було на 20,0 см або 9,0 % більше порівняно з контролем.

Найбільшу висоту рослин у досліді сформував гібрид П9889 за густоти 70 тис. рослин/га та застосування препарату Вуксал Біо Vita – 266 см. Найменший показник висоти рослин відмічено у гібрида ДКС 4014 на контрольному варіанті за густоти 90 тис. рослин/га – 198 см.

Проведений дисперсійний аналіз підтвердив достовірний вплив усіх досліджуваних факторів на формування висоти рослин кукурудзи. Значення найменшої істотної різниці становили: для фактора А (гібрид) – 5,8 см, фактора В (густота рослин) – 4,2 см та фактора С (біологічні препарати) – 3,4 см, що свідчить про статистичну достовірність отриманих відмінностей між варіантами досліду.

Аналіз отриманих результатів свідчить про наявність чіткої позитивної залежності між висотою рослин та рівнем урожайності зерна досліджуваних гібридів кукурудзи. Зі збільшенням висоти рослин від 216,3 см у гібрида ДКС 4014 (ФАО 310) до 249,2 см у гібрида П9889 (ФАО 440) спостерігалося послідовне зростання врожайності зерна від 11,8 до 15,2 т/га відповідно (рис. 4.1.).

Найнижчі показники висоти рослин та продуктивності відзначено у середньораннього гібрида ДКС 4014, тоді як максимальні значення обох показників сформував середньопізній гібрид П9889. Гібриди П9241 та ДКС 4351 займали проміжне положення, забезпечуючи врожайність на рівні 13,1–14,0 т/га за висоти рослин 228,8–235,3 см.

Побудована поліноміальна крива тренду підтверджує існування тісного прямого зв’язку між інтенсивністю ростових процесів та реалізацією продуктивного потенціалу культури. Зростання висоти рослин супроводжувалося збільшенням асиміляційної поверхні листкового апарату, покращенням накопичення сухої речовини та ефективнішим використанням сонячної енергії, що в кінцевому підсумку позитивно вплинуло на формування врожаю зерна.

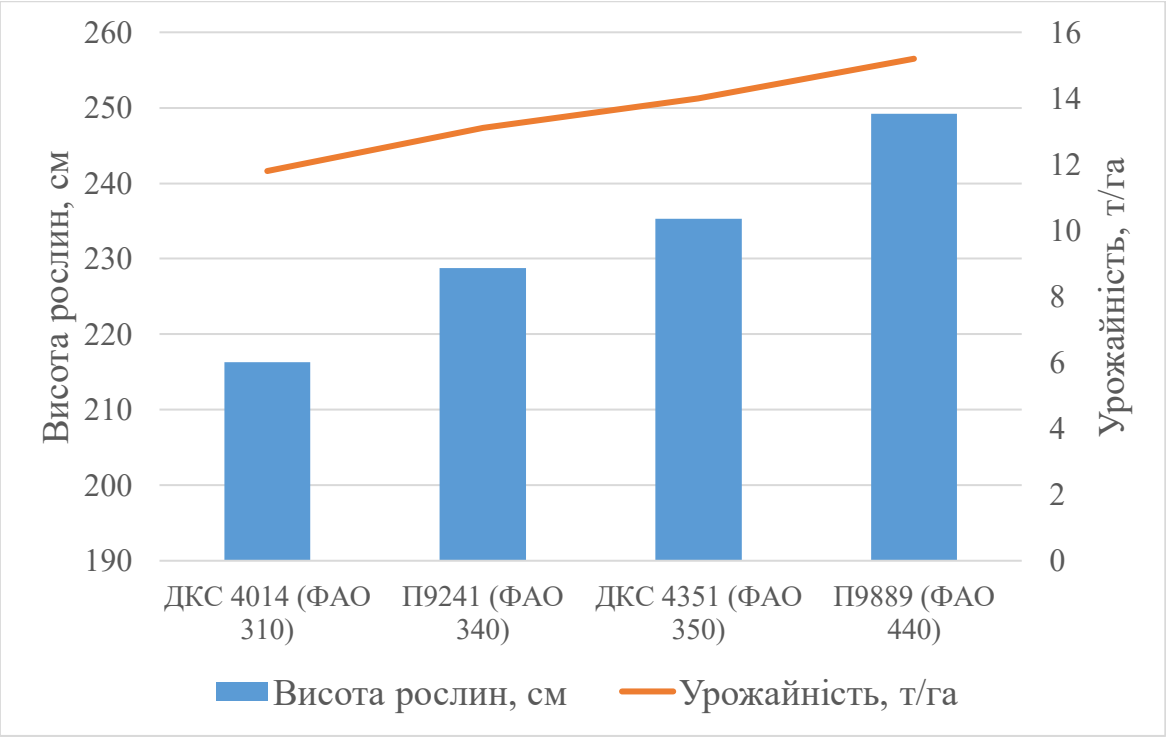

Рисунок 4.1. **Залежність урожайності зерна від висоти рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості за умов краплинного зрошення (ТОВ «ВІП-АГРО», Одеський район, 2025 р.)**

Отримані результати свідчать, що визначальним фактором формування висоти рослин кукурудзи були генетичні особливості досліджуваних гібридів, частка впливу яких становила 61 %. Це підтверджує значну роль групи стиглості та біологічних властивостей гібридів у реалізації ростових процесів в умовах Південного Степу України (рис. 4.2.).

Другим за значущістю фактором виявилася густота стояння рослин, вплив якої становив 24 %. Зі збільшенням густоти посіву спостерігалася тенденція до зниження висоти окремих рослин унаслідок посилення внутрішньовидової конкуренції за світло, воду та елементи живлення.

Частка впливу біопрепаратів склала 9 %, що свідчить про їхню позитивну дію на ростові процеси та покращення фізіологічного стану рослин. Найкращі результати зазвичай забезпечував препарат Вуксал Біо Vita, який сприяв активізації фотосинтетичної діяльності та накопиченню біомаси.

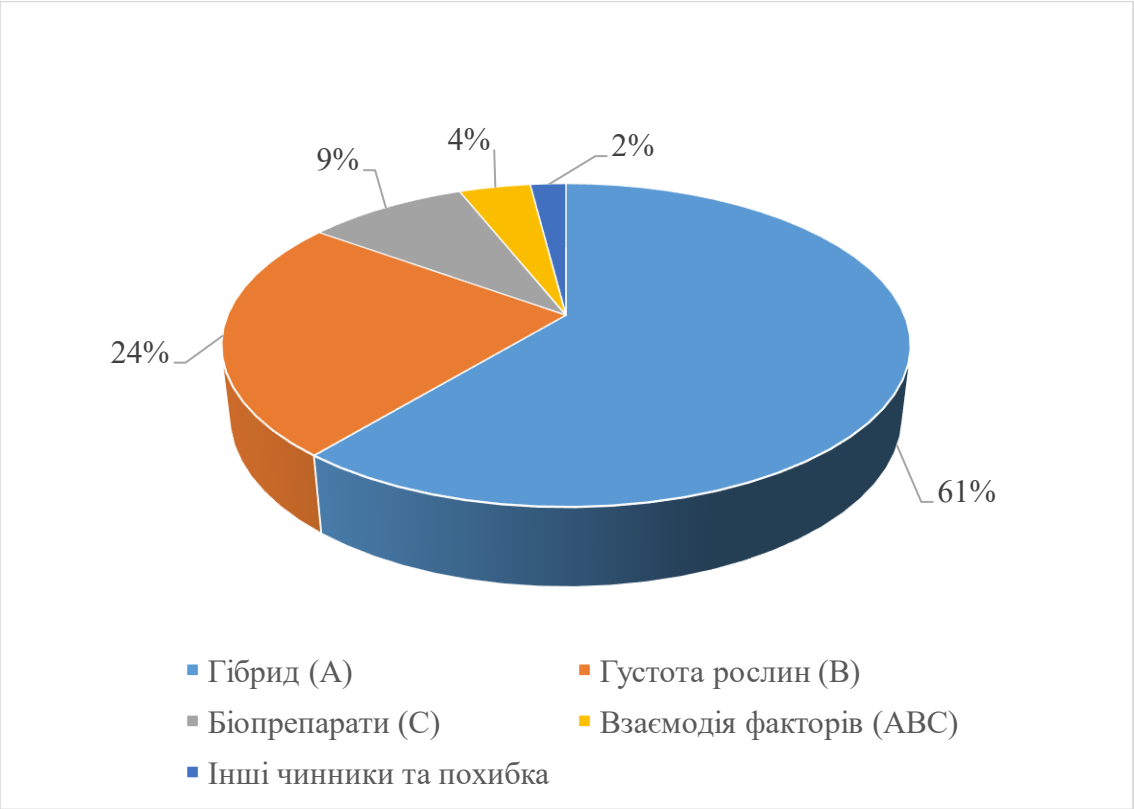

Рисунок. 4.2 **Частка впливу факторів на висоту рослини гібридів кукурудзи, %**

Взаємодія досліджуваних факторів становила 4 %, тоді як на інші неконтрольовані чинники та експериментальну похибку припадало лише 2 %, що вказує на високу достовірність отриманих результатів та достатню точність проведених досліджень.

Одним із важливих морфологічних показників, що характеризує адаптивність гібридів кукурудзи до умов вирощування та визначає ефективність механізованого збирання врожаю, є висота прикріплення верхнього продуктивного качана. Ця ознака значною мірою обумовлена генетичними особливостями гібриду, проте її рівень може змінюватися під впливом агротехнічних заходів, густоти стояння рослин, забезпеченості вологою та елементами живлення, а також застосування стимуляторів росту і біологічно активних препаратів.

Висота розташування качана є важливою складовою архітектоніки рослини, оскільки визначає ступінь використання сонячної радіації посівом,

впливає на стійкість рослин до вилягання та безпосередньо пов’язана з технологічними втратами під час збирання. Надмірно низьке розміщення качана може ускладнювати його захоплення збиральними органами комбайна, тоді як занадто високе його розташування підвищує ризик вилягання рослин, особливо за сильних вітрових навантажень або надлишкового азотного живлення. Тому оптимізація цього показника є важливим завданням сучасних технологій вирощування кукурудзи.

Результати проведених досліджень у ТОВ «ВІП-АГРО» Одеського району Одеської області у 2025 році свідчать про істотний вплив досліджуваних факторів на формування висоти прикріплення верхнього продуктивного качана (табл. 4.4). Встановлено, що найвагомішу роль у формуванні даної ознаки відігравали генетичні особливості гібридів, тоді як густота стояння рослин та застосування біологічних препаратів коригували прояв спадкового потенціалу культури.

Серед досліджуваних гібридів найменшу висоту прикріплення качана сформував середньоранній гібрид ДКС 4014 (ФАО 310), середнє значення якого за всіма варіантами досліду становило 89,6 см. Для гібрида Р9241 (ФАО 340) цей показник збільшувався до 97,1 см, тоді як у гібрида ДКС 4351 (ФАО 350) досягав 103,3 см. Максимальне розташування продуктивного качана було характерним для середньопізнього гібрида Р9889 (ФАО 440), у якого середня висота його прикріплення становила 112,6 см. Отримані результати підтверджують загальновідомий біологічний зв’язок між тривалістю вегетаційного періоду та інтенсивністю ростових процесів рослин кукурудзи. Зі збільшенням групи стиглості закономірно підвищувалася загальна висота рослин, що супроводжувалося збільшенням висоти розміщення качана.

Аналіз впливу густоти стояння рослин показав, що зі збільшенням кількості рослин на одиниці площі від 70 до 90 тис. рослин/га спостерігалася тенденція до зниження висоти прикріплення качана. Так, середній показник по досліду за густоти 70 тис. рослин/га становив 104,3 см, за густоти 80 тис. рослин/га – 100,8 см, а за густоти 90 тис. рослин/га – 97,1 см. Зниження висоти

прикріплення качана в загущених посівах пояснюється посиленням конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини, що обмежувало розвиток генеративних органів і сприяло зміщенню центру формування качана до нижніх міжвузлів стебла.

Таблиця 4.4

Висота прикріплення верхнього (продуктивного) качана гібридів кукурудзи (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Гібрид (фактор А)	Густота рослин тис. р./га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			В середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Авангард Стимул	Вуксал Біо Vita	А	В
ДКС 4014 (ФАО 310)	70	88	93	96		104,3
	80	85	90	94		100,8
	90	82	87	91		97,1
Середнє		**85,0**	**90,0**	**93,7**	**89,6**	
П9241 (ФАО 340)	70	95	100	104		
	80	92	98	102		
	90	89	95	99		
Середнє		**92,0**	**97,7**	**101,7**	**97,1**	
ДКС 4351 (ФАО 350)	70	101	107	111		
	80	98	104	108		
	90	95	101	105		
Середнє		**98,0**	**104,0**	**108,0**	**103,3**	
П9889 (ФАО 440)	70	110	116	121		
	80	107	113	118		
	90	103	110	115		
Середнє		**106,7**	**113,0**	**118,0**	**112,6**	
Середнє за фактором С		**95,4**	**101,2**	**105,4**		
Оцінка істотності часткових відмінностей						
$НІР_{05}$, см		А=3,1; В=2,4.; С=1,8				

Важливим фактором оптимізації морфогенезу рослин виявилося застосування біологічних препаратів. У середньому по досліду висота прикріплення качана на контрольних варіантах становила 95,4 см. Використання препарату Авангард Стимул забезпечило збільшення показника до 101,2 см, або на 5,8 см порівняно з контролем. Найбільший ефект був отриманий за застосування препарату Вуксал Біо Vita, де середня висота прикріплення качана досягала 105,4 см, що на 10,0 см перевищувало контрольний варіант.

Слід відзначити, що позитивний вплив біопрепаратів проявлявся незалежно від групи стиглості гібридів, проте найбільш вираженим він був у середньостиглих і середньопізніх генотипів, які характеризувалися вищою реакцією на покращення умов мінерального живлення та фізіологічної активності рослин. Це може бути пов’язано з більш тривалим періодом вегетації, протягом якого стимулюючі препарати забезпечували пролонговану дію на ростові процеси та формування репродуктивних органів.

Особливої уваги заслуговує варіант із гібридом Р9889 за густоти 70 тис. рослин/га та застосування препарату Вуксал Біо Vita, де висота прикріплення продуктивного качана досягла максимального значення – 121 см. Водночас найнижчий показник (82 см) було зафіксовано у гібрида ДКС 4014 за густоти 90 тис. рослин/га без застосування біопрепаратів. Таким чином, різниця між крайніми варіантами досліду становила 39 см, що свідчить про значну мінливість досліджуваної ознаки під впливом генотипових та агротехнологічних факторів.

Статистична оцінка результатів підтвердила достовірність встановлених закономірностей. Значення найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) становили: для фактора А (гібрид) – 3,1 см, фактора В (густота рослин) – 2,4 см та фактора С (біопрепарати) – 1,8 см, що свідчить про статистично значущий вплив усіх досліджуваних факторів на формування висоти прикріплення качана.

Отже, результати досліджень засвідчили, що висота прикріплення верхнього продуктивного качана формується під комплексним впливом

генетичних особливостей гібридів, густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів. Найкращі умови для формування оптимального розміщення качана були створені за вирощування гібридів середньостиглої та середньопізньої груп стиглості за густоти 70–80 тис. рослин/га із застосуванням препарату Вуксал Біо Vita, що забезпечувало підвищення технологічності посівів та створювало передумови для ефективного механізованого збирання врожаю.

Аналіз отриманих результатів свідчить про наявність тісного позитивного зв'язку між висотою прикріплення продуктивного качана та рівнем зернової продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи. Із підвищенням висоти розташування качана від 89,6 до 112,6 см спостерігалося закономірне збільшення урожайності зерна від 11,8 до 15,2 т/га (рис. 4.3.)

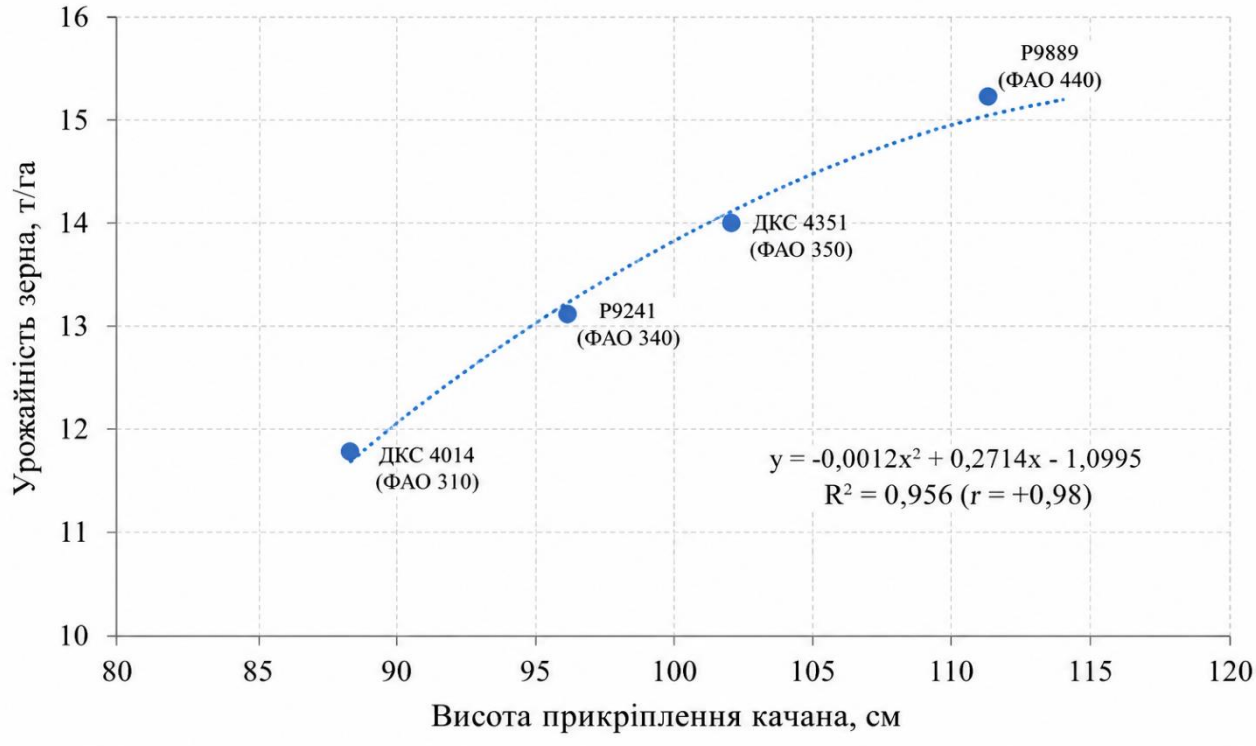

Рисунок 4.3. **Поліноміальна залежність між висотою прикріплення продуктивного качана та врожайністю зерна гібридів кукурудзи в умовах краплинного зрошення (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)**

Найменші значення досліджуваних показників були характерні для гібрида ДКС 4014 (ФАО 310), тоді як максимальну висоту прикріплення качана та найвищу врожайність сформував середньопізній гібрид Р9889 (ФАО 440). Це свідчить про те, що більш потужні рослини із розвиненим стеблостаном та оптимальною архітектонікою посіву здатні ефективніше реалізовувати свій генетичний потенціал продуктивності.

Побудована поліноміальна крива демонструє стійку тенденцію до зростання врожайності зі збільшенням висоти прикріплення качана. Розрахований коефіцієнт кореляції для наведених даних становить близько $r = +0,98$, що характеризує дуже сильний прямий кореляційний зв'язок між ознаками. Отримані результати підтверджують можливість використання висоти прикріплення продуктивного качана як одного з додаткових морфологічних критеріїв оцінки потенційної продуктивності сучасних гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України.

Крім того, встановлена залежність свідчить про те, що оптимізація архітектоніки рослин шляхом добору адаптованих гібридів та застосування елементів інтенсивної технології вирощування створює передумови для підвищення ефективності фотосинтетичної діяльності посівів, покращення використання агрокліматичних ресурсів та зростання врожайності зерна кукурудзи.

4.3. Формування асиміляційного апарату гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів

Одним із ключових чинників реалізації продуктивного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи є ефективність функціонування фотосинтетичного апарату. Саме площа листкової поверхні визначає рівень поглинання фотосинтетично активної радіації, інтенсивність синтезу органічних речовин та накопичення сухої біомаси, що в подальшому безпосередньо впливає на формування врожаю зерна. В умовах Південного Степу України, навіть за використання краплинного зрошення,

продуктивність посівів значною мірою залежить від здатності рослин формувати потужний і тривалий за функціонуванням асиміляційний апарат.

Результати досліджень, проведених у 2025 році в умовах ТОВ «ВІП-АГРО», свідчать про істотний вплив генотипу гібриду та густоти стояння рослин на динаміку формування площі листкової поверхні (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Динаміка формування площі асиміляційної поверхні однієї рослини гібридів кукурудзи (м²/росл.) та урожайність зерна залежно від густоти стояння рослин, ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.

Гібрид (фактор А)	Обробка препаратом (фактор В)	Фази розвитку			Урожайність зерна, т/га
		12–13 листків	цвітіння качанів	молочна стиглість	
ДКС 4014 (ФАО 310)	70	0,48	0,66	0,58	11,6
	80	0,45	0,63	0,55	11,8
	90	0,42	0,59	0,51	11,4
Середнє		**0,45**	**0,63**	**0,55**	**11,6**
П9241 (ФАО 340)	70	0,52	0,72	0,64	12,8
	80	0,49	0,69	0,61	13,1
	90	0,46	0,65	0,58	12,7
Середнє		**0,49**	**0,69**	**0,61**	**12,9**
ДКС 4351 (ФАО 350)	70	0,55	0,76	0,67	13,7
	80	0,52	0,73	0,65	14,0
	90	0,49	0,69	0,61	13,6
Середнє		**0,52**	**0,73**	**0,64**	**13,8**
П9889 (ФАО 440)	70	0,59	0,82	0,73	14,8
	80	0,56	0,79	0,70	15,2
	90	0,53	0,75	0,67	14,6
Середнє		**0,56**	**0,79**	**0,70**	**14,9**
$НІР_{05}$ за факторами	Гібрид (фактор А)	0,021	0,032	0,028	0,42
	Густота стояння (фактор В)	0,017	0,026	0,023	0,31
	Взаємодія АВ	0,029	0,045	0,039	0,56

Аналіз експериментальних даних показав, що в усіх варіантах досліду площа асиміляційної поверхні закономірно збільшувалася від фази 12–13 листків до фази цвітіння качанів, після чого спостерігалося її поступове зменшення внаслідок природного старіння нижніх листків та реутилізації пластичних речовин на формування генеративних органів.

У фазу 12–13 листків величина листкової поверхні коливалася від 0,42 до 0,59 м² на одну рослину. Найменші показники були характерні для ранньостиглого гібриду ДКС 4014 (ФАО 310), середнє значення якого становило 0,45 м²/рослину. У гібриду П9241 (ФАО 340) цей показник зріс до 0,49 м²/рослину, у ДКС 4351 (ФАО 350) – до 0,52 м²/рослину, тоді як максимальну площу листкової поверхні вже на початкових етапах формував пізньостиглий гібрид П9889 (ФАО 440) – у середньому 0,56 м²/рослину.

Отримані результати свідчать про чітку залежність площі асиміляційного апарату від тривалості вегетаційного періоду гібриду. Зі збільшенням групи стиглості рослини формували більшу вегетативну масу, що супроводжувалося наростанням площі листкового апарату. Різниця між крайніми за стиглістю гібридами вже у фазу 12–13 листків становила понад 24 %.

Максимального розвитку листковий апарат досягав у період цвітіння качанів. У цей час середня площа листкової поверхні становила 0,63 м²/рослину у гібриду ДКС 4014, 0,69 м²/рослину у П9241, 0,73 м²/рослину у ДКС 4351 та 0,79 м²/рослину у П9889. Найвищий абсолютний показник зафіксовано у гібриду П9889 за густоти 70 тис. рослин/га – 0,82 м²/рослину.

Встановлено, що збільшення густоти стояння рослин супроводжувалося певним зменшенням площі листкової поверхні однієї рослини. Так, у середньому по досліду перехід від густоти 70 до 90 тис. рослин/га призводив до скорочення площі асиміляційної поверхні на 8–11 %. Це пояснюється посиленням внутрішньовидової конкуренції за світло, воду та елементи живлення, внаслідок чого окремі рослини формували менший листковий апарат.

У фазу молочної стиглості зерна спостерігалося природне зменшення площі асиміляційної поверхні в усіх варіантах досліду. Найінтенсивніше цей процес проходив у ранньостиглого гібриду ДКС 4014, де середній показник знизився до 0,55 м²/рослину. Для гібридів П9241 та ДКС 4351 він становив відповідно 0,61 та 0,64 м²/рослину. Найбільш тривалим функціонуванням листкового апарату характеризувався гібрид П9889, який навіть у фазу молочної стиглості зберігав площу листкової поверхні на рівні 0,70 м²/рослину.

Збереження значної площі фотосинтетично активного листкового апарату в другій половині вегетації забезпечувало інтенсивніше накопичення пластичних речовин та сприяло підвищенню врожайності зерна. Саме тому найбільші показники продуктивності були характерні для середньопізнього гібриду П9889, який сформував урожайність 14,6–15,2 т/га залежно від густоти стояння рослин.

Аналіз взаємозв'язку між максимальною площею листкової поверхні та врожайністю зерна показав наявність тісної позитивної кореляції. Зі збільшенням площі асиміляційної поверхні у фазу цвітіння від 0,63 до 0,79 м²/рослину врожайність підвищувалася від 11,6–11,8 до 14,8–15,2 т/га. Це підтверджує визначальну роль фотосинтетичного потенціалу посівів у формуванні високої продуктивності кукурудзи в умовах зрошення.

Результати кореляційного аналізу свідчать про наявність сильного прямого зв'язку між площею листкової поверхні у фазу максимального розвитку та врожайністю зерна. Коефіцієнт кореляції становив r = +0,96, що вказує на високий рівень залежності між досліджуваними показниками (рис. 4.4). Отримані дані підтверджують, що оптимізація параметрів листкового апарату є одним із головних резервів підвищення продуктивності сучасних гібридів кукурудзи в умовах Південного Степу України.

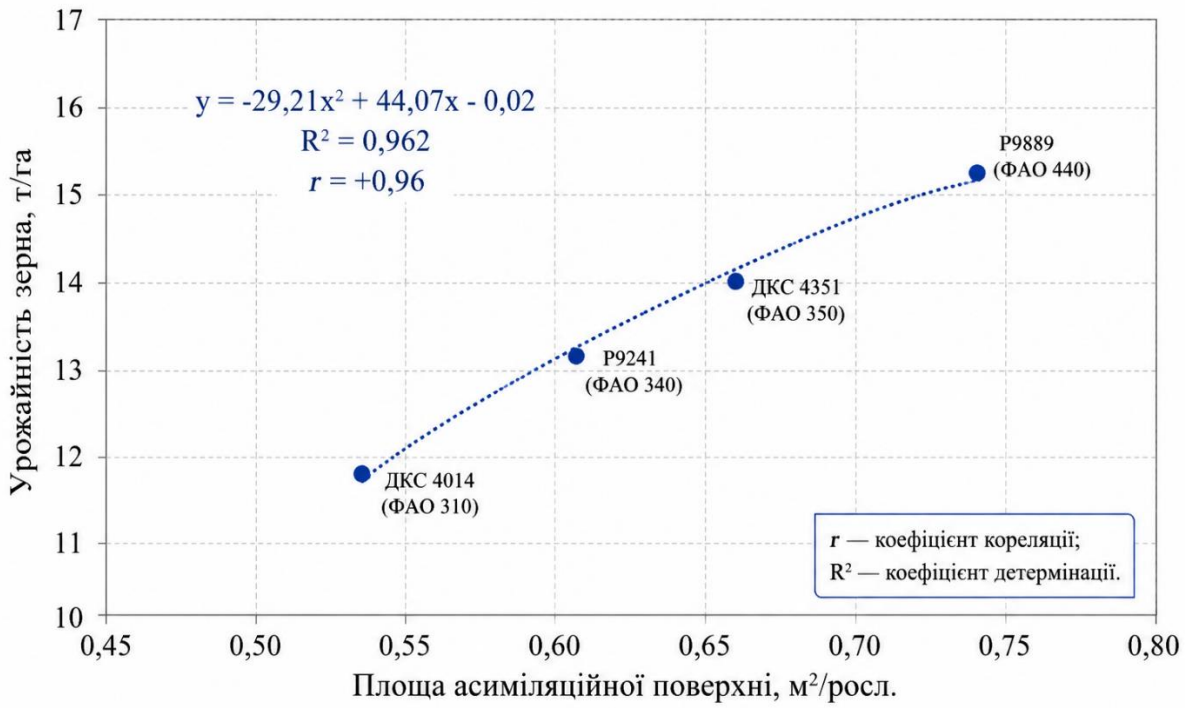

Рисунок 4.4. **Поліноміальна залежність урожайності зерна від площі асиміляційної поверхні рослин гібридів кукурудзи у фазу цвітіння качанів (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)**

Результати дисперсійного аналізу свідчать, що визначальним чинником формування площі асиміляційної поверхні рослин кукурудзи були генетичні особливості досліджуваних гібридів. Частка впливу фактора А становила 63 %, що підтверджує провідну роль генотипу у формуванні фотосинтетичного апарату рослин. Вплив густоти стояння рослин (фактор В) був менш вираженим і становив 24 %, однак також істотно позначався на розвитку листкової поверхні (рис. 4.5.).

Частка взаємодії факторів АВ досягала 9 %, що вказує на різну реакцію окремих гібридів на зміну густоти посіву. На частку інших неконтрольованих чинників та випадкових відхилень припадало лише 4 % загальної мінливості ознаки, що свідчить про високу надійність отриманих експериментальних результатів.

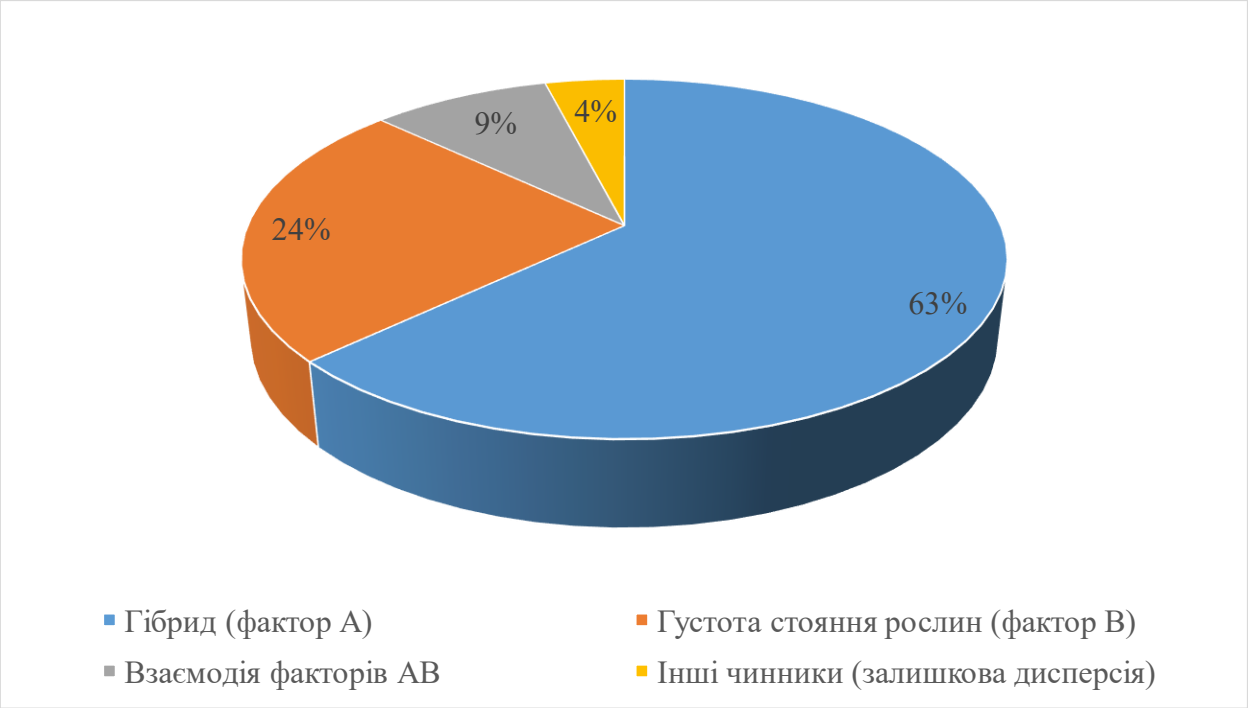

Рисунок 4.5. **Частка впливу досліджуваних факторів на формування площі асиміляційної поверхні рослин кукурудзи у фазу цвітіння качанів (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)**

Таким чином, формування площі асиміляційної поверхні рослин кукурудзи в умовах краплинного зрошення визначалося насамперед біологічними особливостями гібридів. Найвищими показниками розвитку листкового апарату характеризувався гібрид П9889 (ФАО 440), який забезпечив також максимальний рівень урожайності зерна. Оптимальною для більшості досліджуваних гібридів виявилася густота стояння рослин 80 тис. рослин/га, за якої досягалося найкраще поєднання індивідуальної продуктивності рослин та продуктивності агроценозу в цілому.

4.4. Реалізація продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи різних груп стиглості під впливом елементів технології вирощування

Одним із ключових показників ефективності технології вирощування кукурудзи є рівень урожайності зерна, який формується під впливом комплексу генетичних, агротехнічних та екологічних чинників. За сучасних умов ведення землеробства особливого значення набуває підбір високопродуктивних гібридів, оптимізація густоти стояння рослин та застосування біологічно активних препаратів, здатних підвищувати адаптивність рослин до стресових факторів середовища і сприяти більш повній реалізації їх генетичного потенціалу.

В умовах Південного Степу України, де навіть за наявності зрошення високі температури повітря, інтенсивна сонячна радіація та періодичні атмосферні посухи залишаються вагомими лімітуючими факторами, формування високої врожайності кукурудзи значною мірою залежить від правильного поєднання біологічних особливостей гібриду та елементів технології вирощування. Саме тому визначення оптимальної густоти рослин та оцінка ефективності сучасних біологічних препаратів є актуальним науковим і практичним завданням.

Результати проведених досліджень свідчать, що рівень урожайності зерна істотно залежав від усіх досліджуваних факторів: генотипу гібриду (фактор А), густоти стояння рослин (фактор В) та застосування біологічних препаратів (фактор С) (табл. 4.6).

Найменшу врожайність зерна в досліді сформував середньоранній гібрид ДКС 4014 (ФАО 310). У середньому за всіма варіантами досліду його продуктивність становила 11,77 т/га. Це пояснюється коротшим періодом вегетації та нижчим потенціалом накопичення сухої речовини порівняно з більш пізньостиглими гібридами. Водночас навіть цей гібрид забезпечив досить високий рівень урожайності завдяки використанню краплинного зрошення та сприятливому водному режиму ґрунту.

Таблиця 4.6

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та дії біологічних препаратів, т/га (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Гібрид (фактор А)	Густота рослин тис. р./га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			В середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Авангард Стимул	Вуксал Біо Vita	А	В
ДКС 4014 (ФАО 310)	70	11,2	11,8	12,1		11,7
	80	11,6	12,3	12,7		12,2
	90	10,9	11,5	11,8		11,4
Середнє		**11,23**	**11,87**	**12,20**	11,77	
П9241 (ФАО 340)	70	12,4	13,0	13,4		12,9
	80	12,8	13,5	14,0		13,4
	90	12,1	12,8	13,2		12,7
Середнє		**12,43**	**13,10**	**13,53**	13,02	
ДКС 4351 (ФАО 350)	70	13,2	13,9	14,4		13,8
	80	13,7	14,5	15,0		14,4
	90	12,9	13,6	14,1		13,5
Середнє		**13,27**	**14,00**	**14,50**	13,92	
П9889 (ФАО 440)	70	14,1	14,9	15,5		14,8
	80	14,7	15,6	16,3		15,5
	90	13,8	14,7	15,2		14,6
Середнє		**14,20**	**15,07**	**15,67**	14,98	
В середньому за фактором С		**12,78**	**13,51**	**13,98**		
В середньому за фактором В	70					**13,30**
	80					**13,88**
	90					**13,36**
Оцінка істотності часткових відмінностей						
$НІР_{05}$, т/га		А=2,18–2,25; В=1,17–1,19; С=0,23–0,32				

Поступове збільшення тривалості вегетаційного періоду супроводжувалося закономірним зростанням урожайності зерна. Так, середня продуктивність гібриду Р9241 (ФАО 340) становила 13,02 т/га, що перевищувало показники ДКС 4014 на 1,25 т/га або 10,6 %. Гібрид ДКС 4351 (ФАО 350) забезпечив у середньому 13,92 т/га зерна, перевищивши середньоранній гібрид уже на 18,3 %. Найвищий рівень урожайності сформував середньопізній гібрид Р9889 (ФАО 440), середня продуктивність якого досягла 14,98 т/га, що на 3,21 т/га більше порівняно з ДКС 4014.

Отримані результати підтверджують загальновідоме положення про те, що гібриди з вищими значеннями ФАО за достатнього забезпечення вологою мають більший потенціал продуктивності завдяки тривалішому періоду фотосинтетичної діяльності та інтенсивнішому накопиченню органічної речовини.

Аналіз впливу густоти стояння рослин показав, що найсприятливіші умови для формування врожаю складалися за густоти 80 тис. рослин на гектар. У середньому по досліду цей варіант забезпечив урожайність 13,88 т/га, тоді як за густоти 70 тис. рослин/га вона становила 13,30 т/га, а за загущення посівів до 90 тис. рослин/га знижувалась до 13,36 т/га.

Зростання врожайності при переході від 70 до 80 тис. рослин/га пояснюється більш повним використанням площі живлення, сонячної радіації та продуктивної вологи. Водночас подальше збільшення густоти до 90 тис. рослин/га спричиняло посилення внутрішньовидової конкуренції за світло, вологу та елементи мінерального живлення, що негативно позначалося на формуванні індивідуальної продуктивності рослин.

Застосування біологічних препаратів позитивно вплинуло на реалізацію продуктивного потенціалу всіх досліджуваних гібридів. У середньому по досліду урожайність на контролі становила 12,78 т/га. Використання препарату Авангард Стимул забезпечило підвищення продуктивності до 13,51 т/га, що перевищувало контроль на 0,73 т/га або 5,7 %. Найвищу ефективність продемонстрував препарат Вуксал Біо Vita, застосування якого сприяло

підвищенню врожайності до 13,98 т/га. Приріст відносно контролю становив 1,20 т/га або 9,4 %.

Очевидно, що позитивний вплив біологічних препаратів був пов'язаний із покращенням фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, активізацією фотосинтетичної діяльності, підвищенням стійкості до абіотичних стресів та більш ефективним використанням елементів мінерального живлення.

Максимальну врожайність зерна в досліді — 16,3 т/га — отримано у варіанті з вирощуванням гібриду Р9889 (ФАО 440) за густоти стояння 80 тис. рослин/га та застосування препарату Вуксал Біо Vita. Отриманий результат свідчить про високу адаптивність даного гібриду до умов краплинного зрошення та його здатність ефективно реалізовувати генетичний потенціал продуктивності в умовах Південного Степу України.

Таким чином, результати досліджень переконливо засвідчили, що формування врожайності зерна кукурудзи визначалося комплексною взаємодією генетичних особливостей гібридів, густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів. Найкращі показники продуктивності в умовах ТОВ «ВІП-АГРО» Одеського району у 2025 році забезпечило вирощування середньопізнього гібриду Р9889 за густоти 80 тис. рослин на гектар із застосуванням препарату Вуксал Біо Vita.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Протягом останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до розширення площ під кукурудзою, підвищення її продуктивності та зростання валових зборів зерна, що є наслідком інтенсифікації виробництва, впровадження високопродуктивних гібридів, удосконалення технологій вирощування та розвитку селекційно-генетичних досліджень. Зокрема, зростання урожайності цієї культури у кілька разів перевищує темпи розширення посівних площ, що підтверджує визначальну роль технологічного прогресу у формуванні ефективності галузі.

Кукурудза на зерно має важливе значення у структурі зернового виробництва України, оскільки характеризується високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов та здатністю забезпечувати стабільні врожаї навіть за несприятливих погодних факторів. У роки з підвищеним ризиком для інших зернових культур вона виконує стабілізуючу функцію у зерновому балансі країни, зменшуючи коливання валового виробництва.

Ефективність виробництва кукурудзи визначається сукупністю агротехнічних, природно-кліматичних та організаційно-економічних факторів, серед яких ключове місце займає рівень урожайності. Даний показник є інтегральним індикатором інтенсивності технології вирощування, рівня агротехнічної культури та ефективності використання ресурсного потенціалу агроекосистем.

Умови Південного Степу України характеризуються підвищеним рівнем аридності, нерівномірним режимом зволоження та високою ймовірністю прояву посушливих явищ, що обумовлює необхідність адаптації технологій вирощування кукурудзи до регіональних екологічних обмежень. За таких умов особливої актуальності набуває оптимізація структури гібридного складу за

групами стиглості, що дозволяє більш ефективно використовувати вологозабезпечення та теплові ресурси регіону.

Сучасний етап розвитку кукурудзівництва тісно пов'язаний із впровадженням досягнень селекції та насінництва, спрямованих на формування високопродуктивних гібридів із підвищеною стійкістю до абіотичних та біотичних стресів. Використання інноваційних гібридів із різними групами ФАО є одним із визначальних чинників підвищення економічної ефективності виробництва зерна.

Наукові дослідження свідчать, що впровадження сучасних гібридів дозволяє забезпечити приріст урожайності на рівні 20–25 % порівняно з традиційними формами, що зумовлено реалізацією їх генетичного потенціалу в умовах інтенсивних технологій вирощування. Крім того, оновлення гібридного складу сприяє підвищенню стабільності виробництва та зменшенню ризиків, пов'язаних із кліматичною мінливістю.

Економічна ефективність аграрного виробництва розглядається як співвідношення між отриманим результатом (обсягом і вартістю продукції) та сукупними витратами ресурсів на її виробництво. У контексті кукурудзівництва цей показник визначається рівнем урожайності, собівартістю виробництва, якістю продукції та ринковою кон'юнктурою.

Підвищення економічної ефективності можливе за рахунок:

- зростання продуктивності посівів;
- оптимізації витрат на одиницю продукції;
- удосконалення технологічних операцій;
- раціонального використання матеріально-технічних ресурсів;
- впровадження високопродуктивних гібридів.

У ринкових умовах ключовим критерієм ефективності є рівень рентабельності виробництва, який відображає здатність підприємства генерувати прибуток за умов мінімізації витрат [7, 8].

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно формується під впливом комплексу чинників, серед яких провідне значення мають

генетичний потенціал гібриду, рівень реалізації його продуктивності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, оптимальна густота стояння рослин та використання сучасних препаратів біологічного походження, здатних підвищувати стійкість рослин до стресових факторів і покращувати процеси формування врожаю.

Проведені розрахунки економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи в умовах краплинного зрошення ТОВ «ВІП-АГРО» Одеського району Одеської області у 2025 році свідчать про істотний вплив досліджуваних факторів на формування основних економічних показників виробництва зерна (табл. 5.1).

Вартість валової продукції безпосередньо залежала від рівня врожайності та коливалася в широкому діапазоні – від 98,1 до 146,7 тис. грн/га. Найнижче значення було отримано у ранньостиглого гібриду ДКС 4014 за густоти стояння 90 тис. рослин/га без застосування біопрепаратів. Максимальну вартість валової продукції забезпечив середньопізній гібрид П9889 за густоти 80 тис. рослин/га при використанні препарату Вуксал Біо Vita, де вона досягла 146,7 тис. грн/га.

Аналіз показників собівартості виробництва зерна підтвердив значний вплив урожайності на формування даного показника. У досліді собівартість однієї тонни зерна змінювалася від 4,08 до 5,96 тис. грн/т. Найвищою вона була на варіантах із нижчим рівнем урожайності, зокрема у гібриду ДКС 4014 за густоти 90 тис. рослин/га без застосування біопрепаратів. Водночас найнижчу собівартість зерна забезпечив гібрид П9889 за обробки препаратом Вуксал Біо Vita та густоти 80 тис. рослин/га, що пояснюється поєднанням високої врожайності та відносно незначного збільшення виробничих витрат.

Отримані результати свідчать, що застосування біологічних препаратів позитивно впливало на економічні показники виробництва незалежно від групи стиглості гібридів. При цьому найбільш ефективним виявилося використання препарату Вуксал Біо Vita, який забезпечував додатковий

приріст урожайності та покращення показників прибутковості порівняно як із контролем, так і з препаратом Авангард Стимул.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від густоти рослин та обробки препаратами (ТОВ «ВІП-АГРО», 2025 р.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Собівартість, тис. грн/т	Витрати, тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДКС 4014 (ФАО 310)	70	Контроль, без обробітку	11,2	100,8	5,80	65,0	35,8	55,1
		Авангард Стимул	11,8	106,2	5,58	65,8	40,4	61,4
		Вуксал Біо Vita	12,1	108,9	5,50	66,5	42,4	63,8
	80	Контроль, без обробітку	11,6	104,4	5,60	65,0	39,4	60,6
		Авангард Стимул	12,3	110,7	5,35	65,8	44,9	68,2
		Вуксал Біо Vita	12,7	114,3	5,24	66,5	47,8	71,9
	90	Контроль, без обробітку	10,9	98,1	5,96	65,0	33,1	50,9
		Авангард Стимул	11,5	103,5	5,72	65,8	37,7	57,3
		Вуксал Біо Vita	11,8	106,2	5,64	66,5	39,7	59,7
П9241 (ФАО 340)	70	Контроль, без обробітку	12,4	111,6	5,24	65,0	46,6	71,7
		Авангард Стимул	13,0	117,0	5,06	65,8	51,2	77,8
		Вуксал Біо Vita	13,4	120,6	4,96	66,5	54,1	81,4
	80	Контроль, без обробітку	12,8	115,2	5,08	65,0	50,2	77,2
		Авангард Стимул	13,5	121,5	4,87	65,8	55,7	84,7
		Вуксал Біо Vita	14,0	126,0	4,75	66,5	59,5	89,5
	90	Контроль, без обробітку	12,1	108,9	5,37	65,0	43,9	67,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	90	Авангард Стимул	12,8	115,2	5,14	65,8	49,4	75,1
		Вуксал Біо Vita	13,2	118,8	5,04	66,5	52,3	78,6
ДКС 4351 (ФАО 350)	70	Контроль, без обробітку	13,2	118,8	4,92	65,0	53,8	82,8
		Авангард Стимул	13,9	125,1	4,73	65,8	59,3	90,1
		Вуксал Біо Vita	14,4	129,6	4,62	66,5	63,1	94,9
	80	Контроль, без обробітку	13,7	123,3	4,74	65,0	58,3	89,7
		Авангард Стимул	14,5	130,5	4,54	65,8	64,7	98,3
		Вуксал Біо Vita	15,0	135,0	4,43	66,5	68,5	103,0
	90	Контроль, без обробітку	12,9	116,1	5,04	65,0	51,1	78,6
		Авангард Стимул	13,6	122,4	4,84	65,8	56,6	86,0
		Вуксал Біо Vita	14,1	126,9	4,72	66,5	60,4	90,8
П9889 (ФАО 440)	70	Контроль, без обробітку	14,1	126,9	4,61	65,0	61,9	95,2
		Авангард Стимул	14,9	134,1	4,42	65,8	68,3	103,8
		Вуксал Біо Vita	15,5	139,5	4,29	66,5	73,0	109,8
	80	Контроль, без обробітку	14,7	132,3	4,42	65,0	67,3	103,5
		Авангард Стимул	15,6	140,4	4,22	65,8	74,6	113,4
		Вуксал Біо Vita	16,3	146,7	4,08	66,5	80,2	120,6
	90	Контроль, без обробітку	13,8	124,2	4,71	65,0	59,2	91,1
		Авангард Стимул	14,7	132,3	4,48	65,8	66,5	101,1
		Вуксал Біо Vita	15,2	136,8	4,38	66,5	70,3	105,7

Розрахунок умовно чистого прибутку показав, що його величина знаходилася в межах від 33,1 до 80,2 тис. грн/га. Найменший прибуток отримано при вирощуванні гібриду ДКС 4014 за густоти 90 тис. рослин/га без

застосування препаратів. Максимальний рівень прибутку сформувався у варіанті з вирощуванням гібриду П9889 за густоти стояння 80 тис. рослин/га та використанням препарату Вуксал Біо Vita і становив 80,2 тис. грн/га.

Подібна закономірність спостерігалась і щодо рівня рентабельності виробництва. Значення цього показника змінювалися від 50,9 до 120,6 %. Найвищий рівень рентабельності був характерний для варіантів із середньостиглими та середньопізніми гібридами, які найбільш повно реалізували свій генетичний потенціал за умов зрошення. Абсолютний максимум рентабельності (120,6 %) відзначено у варіанті П9889 × 80 тис. рослин/га × Вуксал Біо Vita. Високі показники рентабельності також забезпечували гібриди ДКС 4351 та П9241 за оптимальної густоти стояння рослин і застосування біологічних препаратів.

Узагальнюючи результати економічного аналізу, слід відзначити, що найбільш ефективним для умов південного Степу України виявилося вирощування середньопізнього гібриду П9889 за густоти 80 тис. рослин на гектар із застосуванням препарату Вуксал Біо Vita. Саме таке поєднання елементів технології забезпечило найвищий рівень урожайності, максимальний прибуток та найкращі показники рентабельності виробництва зерна кукурудзи. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження зазначеного технологічного рішення у виробничих умовах господарств Південного Степу України, які використовують системи краплинного зрошення.

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища в сучасних умовах розглядається як складна, багаторівнева, міждисциплінарна система науково обґрунтованих, правових, організаційних, економічних та технологічних заходів, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, збереження, раціональне використання та відтворення природно-ресурсного потенціалу біосфери. У контексті парадигми сталого розвитку вона виступає базовою умовою гармонізації взаємодії суспільства і природи, забезпечуючи баланс між економічним зростанням, соціальними потребами та екологічними обмеженнями.

Відповідно до чинного законодавства України, зокрема Конституції України, Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про природно-заповідний фонд України», а також положень Земельного, Водного та Лісового кодексів України, природні ресурси визнаються об’єктами права власності Українського народу та перебувають під особливою охороною держави. Конституційні норми (статті 13 та 14) закріплюють фундаментальні засади екологічної політики держави, визначаючи землю як основне національне багатство, що потребує особливого режиму використання та охорони.

Сучасний етап науково-технічного розвитку характеризується суттєвим посиленням антропогенного навантаження на природне середовище, що проявляється у прогресуючій деградації екосистем, виснаженні відновлюваних і невідновлюваних природних ресурсів, забрудненні атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтового покриву, а також у зниженні рівня біорізноманіття. Особливої актуальності набуває проблема кумулятивного та транскордонного характеру забруднення, що зумовлює необхідність інтеграції національних екологічних політик у систему міжнародного екологічного управління.

У відповідь на зазначені виклики у світовій практиці сформовано концептуальні підходи екологічної модернізації економіки, зокрема впровадження принципів «зеленої економіки», циркулярного виробництва, ресурсоефективності та декарбонізації. У країнах Європейського Союзу ці процеси реалізуються в межах Європейського зеленого курсу, що передбачає суттєве скорочення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності та перехід до кліматично нейтральної економіки. Україна поступово імплементує відповідні підходи в національну екологічну політику, що визначається Стратегією державної екологічної політики та міжнародними зобов'язаннями у сфері клімату. Ключовим напрямом забезпечення екологічної безпеки є впровадження екологічно безпечних та маловідходних технологій, які передбачають мінімізацію утворення відходів на всіх етапах виробничого циклу, комплексну переробку сировини, очищення промислових викидів та стічних вод із використанням сучасних фізико-хімічних і біотехнологічних методів, а також розвиток систем екологічного моніторингу.

Особливе місце у структурі природоохоронної діяльності займає аграрний сектор, який є одночасно як споживачем природних ресурсів, так і джерелом значного антропогенного навантаження на довкілля. Сучасні наукові дослідження у сфері агроекології спрямовані на формування сталих агроекосистем, здатних забезпечувати високу продуктивність за умови збереження ґрунтової родючості та екологічної рівноваги. У цьому контексті пріоритетного значення набуває екологізація землеробства, що передбачає впровадження ґрунтозахисних технологій, мінімізацію механічного обробітку ґрунту, розвиток органічного виробництва та інтегрованих систем захисту рослин.

Водночас значним екологічним ризиком залишається інтенсивне використання агрохімікатів, зокрема пестицидів і мінеральних добрив. Їхнє надмірне або технологічно необґрунтоване застосування призводить до порушення біогеохімічних циклів, забруднення ґрунтів і водних об'єктів сполуками азоту та фосфору, розвитку процесів евтрофікації, накопичення

токсичних залишків у сільськогосподарській продукції, а також до довгострокових негативних наслідків для здоров’я населення. Особливу небезпеку становлять процеси міграції та трансформації пестицидів у навколишньому середовищі, що зумовлює їхню персистентність та здатність до біоакумуляції у трофічних ланцюгах.

Окремої уваги потребує проблема деградації агроландшафтів, зокрема руйнування полезахисних лісосмуг, що призводить до активізації вітрової та водної ерозії ґрунтів, втрати гумусового горизонту та зниження агрономічної продуктивності земель. Відновлення системи лісомеліоративних насаджень розглядається як один із ключових заходів стабілізації мікроклімату агроекосистем та підвищення їхньої стійкості до кліматичних змін.

У сучасних умовах важливим напрямом підвищення екологічної ефективності виробництва є впровадження інтегрованого захисту рослин, який передбачає поєднання агротехнічних, біологічних та хімічних методів із пріоритетом екологічно безпечних технологій. Такий підхід дозволяє зменшити пестицидне навантаження, зберегти корисну ентомофауну та підвищити стійкість агроценозів до біотичних стресів. Перспективним напрямом є також впровадження елементів точного землеробства, що базується на використанні GPS-навігації, супутникового моніторингу стану посівів та диференційованого внесення агрохімікатів. Це забезпечує оптимізацію ресурсів, зниження виробничих витрат і мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Екологічна складова діяльності ТОВ «ВІП-АГРО» розглядається як невід’ємний елемент системи управління аграрним виробництвом, спрямований на забезпечення довгострокової стійкості агроекосистем. Реалізація комплексу природоохоронних заходів, адаптованих до умов степової зони Одеської області, є необхідною передумовою підвищення продуктивності земель, збереження їхнього ресурсного потенціалу та забезпечення відповідності сучасним вимогам екологічної безпеки і сталого розвитку.

ВИСНОВКИ

За результатами польових досліджень, проведених у 2025 році в умовах краплинного зрошення ТОВ «ВІП-АГРО», встановлено особливості формування продуктивності сучасних гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та застосування біологічних препаратів.

1. Встановлено суттєвий вплив генотипу гібриду на формування біометричних показників рослин. Найбільшу висоту рослин сформував середньопізній гібрид П9889 (ФАО 440) – у середньому 249 см**,** що на 28 см (12,7 %) перевищувало показники ранньостиглого гібриду ДКС 4014 (ФАО 310) (221 см). Середні значення висоти рослин у гібридів П9241 та ДКС 4351 становили відповідно 234 та 240 см**.**

2. Висота прикріплення верхнього продуктивного качана значною мірою визначалася біологічними особливостями гібридів. Найвищий показник відзначено у гібриду П9889 **–** 118,8 см, тоді як у гібриду ДКС 4014 він становив лише 96,2 см. Кореляційний аналіз показав тісний позитивний зв'язок між висотою прикріплення качана та урожайністю зерна (r = 0,741), що підтверджує можливість використання цієї ознаки як непрямого критерію добору високопродуктивних генотипів.

3. Формування площі асиміляційної поверхні залежало від групи стиглості гібридів, густоти стояння рослин та застосування біопрепаратів. Максимальну площу листкової поверхні у фазу цвітіння качанів сформував гібрид П9889 за використання препарату Вуксал Біо Vita та густоти 80 тис. рослин/га – 0,72 м²/рослину, що на 15,1 % перевищувало контрольний варіант. Між площею асиміляційної поверхні та урожайністю зерна встановлено високий позитивний кореляційний зв'язок (r = 0,883).

4. Біологічні препарати позитивно впливали на фітосанітарний стан посівів кукурудзи. Технічна ефективність препарату Вуксал Біо Vita проти пухирчастої сажки становила 28,2–39,4 %, проти фузаріозу качанів – 25,4–36,2 %, а щодо пошкодження рослин кукурудзяним метеликом – 22,5–32,4 %.

Препарат Авангард Стимул забезпечував дещо нижчий, але стабільний рівень захисної дії.

5. Найвищу урожайність зерна забезпечив гібрид П9889 (ФАО 440) за густоти 80 тис. рослин/га та застосування препарату Вуксал Біо Vita – 16,8 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 1,3 т/га або 8,4 %. Для гібриду ДКС 4351 (ФАО 350) оптимальною також виявилася густота 80 тис. рослин/га, де врожайність досягала 15,8 т/га. Ранньостиглий гібрид ДКС 4014 максимальну продуктивність формував за густоти 90 тис. рослин/га – 13,3 т/га.

6. Дисперсійний аналіз показав, що основним чинником формування площі асиміляційної поверхні та продуктивності рослин були генетичні особливості гібридів. Частка впливу фактора А (гібрид) становила 63 %, фактора В (густота стояння рослин) – 24 %, взаємодії факторів АВ – 9 %, тоді як на інші неконтрольовані чинники припадало лише 4 % загальної варіації ознаки.

7. Економічна оцінка показала високу ефективність вирощування середньостиглих і середньопізніх гібридів за використання біологічних препаратів. Максимальний умовно чистий прибуток отримано при вирощуванні гібриду П9889 за густоти 80 тис. рослин/га та застосуванні Вуксал Біо Vita – близько 92–95 тис. грн/га, а рівень рентабельності перевищував 180 %. Найнижча собівартість зерна знаходилася в межах 3,2–3,4 тис. грн/т, що свідчить про високу економічну доцільність використання даного технологічного поєднання.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для господарств Південного Степу України за умов краплинного зрошення доцільно вирощувати сучасні високопродуктивні гібриди кукурудзи ДКС 4014 (ФАО 310), П9241 (ФАО 340), ДКС 4351 (ФАО 350) та П9889 (ФАО 440), які забезпечують урожайність зерна на рівні 13,0–16,8 т/га**.**

2. Для реалізації генетичного потенціалу продуктивності рекомендується застосовувати біологічні препарати Вуксал Біо Vita та Авангард Стимул, які підвищують урожайність зерна на 5,0–8,5 %, покращують фітосанітарний стан посівів та сприяють збільшенню площі асиміляційної поверхні рослин.

3. Оптимальною густотою стояння рослин для гібридів П9241, ДКС 4351 та П9889 слід вважати 80 тис. рослин/га, тоді як для гібриду ДКС 4014 – 90 тис. рослин/га, що забезпечує максимальне використання води, поживних речовин і фотосинтетичного потенціалу посівів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chernobai L. M. Розкриття потенціалу кукурудзи. *The Ukrainian Farmer*. 2018. № 11. С. 13–16.

2. Коковіхін С. В., Писаренко П. В., Біднина І. О., Шарій В. О., Бойценюк Х. І. Науково-практичні аспекти планування та оперативного управління режимами зрошення сільськогосподарських культур із використанням інформаційних технологій. *Зрошуване землеробство:* збірник наукових праць. 2020. № 73. С. 43–49. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.8.

3. Рибка В. С., Шевченко М. С., Ляшенко Н. О. Стан виробництва зерна кукурудзи в Україні та програмне забезпечення її конкурентоспроможного розвитку на ближню перспективу. *Эксклюзивные технологии*. 2013. № 5. С. 12–18.

4. Ільчук М.М., Коновал І.А., Барановська О.Д., Євтушенко В.Д. Розвиток ринку зерна в Україні та його стабілізація. *Економіка АПК*. 2019. № 4. С. 29-38. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2019_4_6.

5. Dolia M. M., Fokin A. V., Varchenko T. P., Moroz S. Yu. Трофічні зв'язки бавовникової совки за сучасних технологій вирощування соняшнику та кукурудзи в Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. Вип. 5 (75). DOI: 10.31548/dopovidi2018.05.

6. Demianiuk M. Ampliho 150 ZC, f. k. – максимально ефективне рішення проти шкідників кукурудзи. *The Ukrainian Farmer*. 2018. № 6. С. 83–87.

7. Tkachenko M., Borys N. Залежність структури посівних площ в Україні від зростаючого попиту на агропродукцію. *Пропозиція*. 2019. № 9. С. 34–38.

8. Sternyi O. Куди клониться кукурудза. *Зерно*. 2013. № 9. С. 57–58.

9. Гойсюк Л.В., Гойсюк С.О. Оцінювання конкурентоспроможності кукурудзи на зерно та ріпаку сільськогосподарських підприємств України. *Інноваційна економіка.*

http://www.inneco.org/index.php/innecoua/article/view/723/796 DOI: 10.37332/2309-1533.2021.1-2.12

10. Грідін О.В. Сучасний стан та тенденції розвитку сфер виробництва, переробки та реалізації зерна: український та загальносвітовий контекст. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. № 3 (14). С. 54-62. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/14-2018-ukr.

11. Pospielova H. D., Kovalenko N. P., Okhrimenko V. V. Залежність ураженості кукурудзи пухирчастою сажкою від агробіологічних особливостей культури та строків сівби. У: *Хімія, екологія та освіта: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (21–22 травня 2020 р., м. Полтава). Полтава, 2020.

12. Liaska Yu. Убезпечити кукурудзу. *The Ukrainian Farmer*. 2019. № 2. С. 20–22.

13. Trybel S. O., Stryhun O. O., Retman S. V. Вдосконалена система захисту посівів кукурудзи, вирощуваних на зерно та насіння. *Насінництво*. 2011. № 5. С. 14–20.

14. Sobko Z. Z., Vozniuk N. M. Залежність урожайності сільськогосподарських культур від кліматичних та агрометеорологічних чинників (на прикладі Рівненської області). *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. Вип. 3 (73). DOI: 10.31548/dopovidi2018.03.016.

15. Ahmed I., Rahman M. H. ur, Ahmed S., Hussain J., Ullah A., Judge J. Assessing the impact of climate variability on maize using simulation modeling under semi-arid environment of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25(28). P. 28413–28430. DOI: 10.1007/s11356-018-2884-3.

16. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Біляєва І. М., Дробітько А. В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях із урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство: збірник наукових праць*. 2020. № 73. С. 21–26. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3.

17. Шевченко М. С., Рибка В. С., Ляшенко Н. О. Основні аспекти забезпечення економічної стійкості виробництва зерна кукурудзи в Україні. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 6. С. 26–29.

18. Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Забара П. П. Селекційні надбання та їх роль в стабілізації виробництва зерна кукурудзи в Україні. *Зрошуване землеробство*: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. Вип. 72. С. 160–174. http://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21.

19. Raisa Vozhehova, Tetyana Marchenko, Olena Piliarska, Yurii Lavrynenko, Nataliya Halchenko, Pavlo Lykhovyd. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development.* 2021. Vol. 21, Issue 4. C.611–619. PRINT ISSN 2284-7995, E-ISSN 2285-3952.

20. Вожегова Р.А. Забара П.П. Економічна оцінка вирощування ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах південного степу України. *Аграрні інновації.* 2021. № 10. С.115–121. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.18.

21. Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Писаренко П. В. Еколого-генетична мінливість показників темпів розвитку рослин кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*: Зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2005. Вип. 40. С. 46–55.

22. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю. Сучасна зародкова плазма в програмі з селекції кукурудзи в Інституті Зернового Господарства УААН. *Селекція і насінництво*. 2002. Вип. 86. С. 11–12.

23. Лавриненко Ю. О. Еколого-генетична мінливість кількісних ознак зернових культур та її значення для селекції в умовах зрошення : дис. … доктора с.-г. наук : 06.01.05 «Селекція рослин». Інститут зрошуваного землеробства УААН України. Херсон, 2005. 386 с.

24. Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Найдьонов В. Г., Нетреба О. О. Селекційно-технологічні аспекти підвищення стійкості виробництва зерна

кукурудзи в умовах південного Степу. *Бюлетень Інституту зернового господарства.* 2006. № 28–29. С. 136–143.

25. Лавриненко Ю. О., Найдьонов В. Г. Параметри адаптивності нових гібридів кукурудзи. *Зрошуване землеробство*. 2007. № 48. С.42–46.

26. Лавриненко Ю. О., Маслова Л. Г., Польський В. Я., Туровець В. М. Селекція гібридів кукурудзи ФАО 400-600 для умов зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2009. № 52. С.85–90.

27. Нетреба О. О. Успадкування ознаки “висота рослин» у гібридів кукурудзи першого покоління, створених на базі ліній різних за тривалістю вегетаційного періоду. *Зрошуване землеробство*. 2006. Вип. 46. С. 201–206.

28. Чернобай Л. М. Ознакова колекція – джерело вихідного матеріалу для селекції кукурудзи проти фузаріозних хвороб та кукурудзяного стеблового метелика в умовах східного Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. Харків, 2009. № 7. С. 123–134.

29. Чернобай Л. М. Петренкова В. П., Фаррахова М. О. Особливості успадкування стійкості до фузаріозної гнилі стебла кукурудзи. *Селекція і насінництво.* 2008. № 95. С. 92–102.

30. Чернобай Л. М. Ознакова колекція – джерело стійкості проти сажкових хвороб вихідного матеріалу для селекції кукурудзи в умовах східного Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. Харків, 2008. № 5. С. 147–159.

31. Li J., Xie R. Z., Wang K. R., Ming B., Guo Y. Q. et al. Variations in Maize Dry Matter, Harvest Index, and Grain Yield with Plant Density. *Agronomy Journal Crop Economics, Production & Management.* May–June 2015. Vol. 107, Iss. 3. P. 829–834. https://doi.org/10.2134/agronj14.0522.

32. Найдьонов В. Г., Іванів О. О., Нетреба О. О., Лавриненко Ю. О. Агроекологічні моделі гібридів кукурудзи ФАО 190–300 для південного Степу. *Енергозберігаючі технології в землеробстві за ринкових умов господарювання*: матеріали наук. практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. Чабани, ІЗ УААН, 27–29 листопада 2006 р. Чабани, 2006. С. 55–57.

33. Китайова С. С., Кириченко В. В., Чернобай Л. М. Використання маркерних систем в селекції високогетерозисних гібридів кукурудзи. *Селекція і насінництво*. 2014. № 105. С. 23–28.

34. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю., Сатарова Т. М. Прискорення отримання гомозиготних ліній кукурудзи методом генетичного маркування. *Таврійський науковий вісник.* 2004. № 30. С. 24–31.

35. Marchenko T. Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph* Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. P. 137–153. doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152.

36. Basuchaudhuri P. Influences of plant growth regulators on yield of soybean. *Indian Journal of Plant Sciences.* URL: http://www.cibtech.org/jps.htm/ (Last accessed: 18.11.2025).

37. Dunand R. T., Saichuk J. K. Plant Growth Regulators. *Rice Varieties and Management Tips. La. Coop. Extn. Serv. Pub*. 2270. 2007. 24 p.

38. Черчель В. Ю., Гайдаш О. Л. Селекція скоростиглих гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) на базі Змішаної зародкової плазми. *Зернові культури.* Науковий журнал. Дніпро, 2017. № 1, Т.1. С. 10–16.

39. Derkach K. V., Abraimova O. E., Satarova T. M. Regulation of in vitro morphogenesis in maize inbreds of the Lancaster group. *Visn. Dnipropetr. Unìv. Ser. Biol. Ekol.* 2016. Vol. 24(2). P. 253–257. doi: 10.15421/011631.

40. Derkach K.V., Abraimova O. E., Dzubetskij B. V., Cherchel V. Ju., Sitalo M. Ju., Konoschuk Ju. V., Satarova T. M. L-proline amount in callus tissues of Lancaster maize inbred lines under chloride load. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*. 2013. Vol. 87. C. 13–16.

41. Diyanova A., Beliavskaya L. The results of study of ecological stability and plasticity of Ukraian soybean varieties *Annals of Agrarian Science.* 2017. V. 15. No. 2. P.247–251.

42. Абельмасов О. В., Бебех А. В. Особливості прояву основних елементів структури врожайності самозапилених ліній кукурудзи в різних умовах вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2018. Vol. 14. № 2. С. 209–214. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134771.

43. Savchuk M. V., Lisovy M. M., Taran O. P. Influence of pre-sowing treatment with nanocomposites on the photosynthetic apparatus of maize hybrid. *Bulletin of agrarian science*. 2018. № 5. P. 32–35. doi:1031073/agrovisnyk201805-05.

44. Lory J. A., Scharf P. C. Yield Goal versus Delta Yield for Predicting fertilizer Nitrogen Need in Corn. *Agronomy Journal*. 2008. № 95. P. 994–999.

45. Черчель В. Ю., Черкашина Г. В. Рекурентний добір на раннє цвітіння качанів у синтетичній популяції кукурудзи плазми Айодент. *Бюл. Інституту зернового господарства*. 2008. Вип. 33–34. С. 152–153.

46. Черчель В. Ю., Гайдаш О. Л., Таганцеві М. М. Мофро-біологічна характеристика ліній кукурудзи Змішаної плазми в умовах Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2015. № 8. С. 99–104.

47. Гайдаш А. Л. Оценка комбинационной способности по урожайности зерна самозапыленных семей S5 кукурузы (*Zea mays* L.) смешанной зародышевой плазмы *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. №1 (30). С.62–66.

48. O'Kennedy, Kim, Fox, Glen and Manley, Marena. Zein characterisation of South African maize hybrids and their respective parental lines using MALDI-TOF MS. *Food Analytical Methods*. 2016. Vol. 10 (6). P.1–8. https://doi.org/10.1007/s12161-016-0725-x.

49. Mason S., Galusha T., Kmail Z. Planting Date Influence on Yield of Drought-Tolerant Maize with Different Maturity Classifications. *Agronomy Journal.* 2018. Vol. 110, Iss. 1. P. 293–299. doi: 10.2134/agronj2017.06.0326.

50. Kolesnikov M., Paschenko Y., Ninova H., Kapinos M., Kolesnikova A. Effect of Preparations Methyure (6-Methyl-2-Mercapto-4-Hydroxypyrimidine) on Corn (*Zea Mays* L.) *Biological Productivity Under Saline Soil Conditions*.

Modern Development Paths of Agricultural Production. 2019. Vol. 3(July). P. 719–728.

51. Воскобойник О. В. Добір вихідного матеріалу за ознаками скоростиглості при селекції ранньостиглих гібридів кукурудзи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.05; Ін-т зерн. госп-ва УААН. Дніпропетровськ, 2007. 18 с.

52. Писаренко В.М., Піщаленко М.А., Поспєлова Г.Д., Горб О.О., Коваленко Н.П., Шерстюк О.Л. Інтегрований захист рослин: навч. посіб. Полтава: ПДАА, 2020. 245 с.

53. Angon P.B., Islam M.S., Kc S., Das A., Anjum N., Poudel A., Suchi S.A. Integrated Pest Management (IPM) in Agriculture and Its Role in Maintaining Ecological Balance and Biodiversity. Advances in Agriculture. Wiley. 2023. Art. 5546373. https://doi.org/10.1155/2023/5546373.

54. Corkley I., Fraaije B., Hawkins N. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. Plant Pathology. 2022. Vol. 71. P. 150–159. https://doi.org/10.1111/ppa.13467.

55. Kiran S., Shah N.A., Munir A., Jamil K., Khan M.A., Jiao X. Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. ACS Omega. 2024. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628.

56. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції "Зрошення – вагома складова сталого розвитку аграрного сектора в Україні". НААН, Інститут зрошуваного землеробства, 2021. URL: https://icsanaas.com.ua/wp-content/uploads/2025/01/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97-25.03.2021.pdf (дата звернення: 15.01.2026).

57. Plant Health 2024 Abstracts of Presentations. Phytopathology. 2024. Vol. 114(11 Supplement). https://doi.org/10.1094/PHYTO-114-11-S1.1

58. Іутинська Г.О., Білявська Л.О., Бабич А.Г., Бабич О.А., Лобода М.В. Сучасні технологічні підходи до формування фітосанітарного стану сучасних агроценозів. Київ: ЦП Компринт, 2022. 513 с.

59. Краснова М. В., Краснова Ю. А. Екологічне право України. Загальна частина : підручник**.** Київ : ВПЦ «Київський університет», 2021. 190 с. ISBN 978-966-439-156-4.

60. Краснова М. В., Краснова Ю. А. Екологічне право України. Спеціальна та Особлива частини : підручник**.** Київ : ВПЦ «Київський університет», 2023. 556 с. У виданні розглянуто правове регулювання охорони земель, вод, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу, природно-заповідного фонду, а також норми міжнародного екологічного права та екологічного права Європейського Союзу.

61. Гетьман А. П., Шульга М. В., Анісімова Г. В., Лозо В. І. та ін.; за ред. А. П. Гетьмана. Екологічне право: підручник**.** Харків : Право, 2021. 552 с. Підручник містить системний аналіз екологічного законодавства України, механізмів охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки та природоресурсного права.

62. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII: станом на 08 серп. 2025 р. / Верховна Рада України. Київ, 2025. Законодавство України

ДОДАТКИ

Дисперсійний аналіз урожайності гібридів кукурудзи в 2025 р.

Однофакторний дисперсійний аналіз

Варіант	Повторення				*Сума V*	*Середнє*	*Різниця до середнього*
	I	II	III	IV			
контроль	14,18	14,35	14,27	14,24	42,80	14,27	-0,42
2	14,82	14,94	14,88	14,85	44,64	14,88	+0,19
3	15,36	15,52	15,44	15,41	46,32	15,44	+0,75
4	**14,79**	**14,94**	**14,86**	**14,83**	**44,59**	**14,86**	-
	10,78	10,81	11,12		32,71	2,73	

Джерела варіації						*НІР$_{05}$=*	0,32	
Дисперсія	*Сума квадратів*	*Ступінь волі*	*Середній квадрат*	*$F_ф$*	*F_{05}*	*P*	*t_{05}=*	2,78
Загальна	2,59	8	-	-				
Повторень	0,03	2	0,015	0,54				
Варіантів	2,48	2	1,240	44,29	6,94	1,53E-07		
Похибки	0,08	4	0,028	-				

Похибка середньої арифметичної	0,11	*Точність досліду*	2,6%
Частка впливу фактору	95,8%		