МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра рослинництва, селекції та насінництва

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Управління процесом формування врожайності зерна кукурудзи на основі застосування технологічних прийомів в умовах ТОВ «КВС-Україна» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області»**

**Виконав:**
здобувач ОС «Магістр»
ОПП «Агрономія»
спеціальності 201 «Агрономія»
денної форми навчання
**Федоров Андрій Васильович**

**Керівник:**
доктор с.-г. наук, професор
**Гораш Олександр Савич**

**Оцінка захисту:**
Національна шкала_____
Кількість балів___ Шкала ECTS___
«___»_____2025 р.

**Допускається до захисту:**
«___»_____2025 р.
Гарант ОПП «Агрономія»
Спеціальності 201 «Агрономія»
Канд. с.-г. наук, доцент
Вільчинська Людмила Аліківна

_____
(підпис)

м. Кам'янець-Подільський, 2025 р.

# ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ ..... 3
ВСТУП ..... 4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СТАНУ ВИВЧЕНОСТІ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ..... 5
1.1. Походження і господарське значення культури ..... 5
1.2. Ботанічні та морфологічні особливості культури кукурудзи ..... 8
1.3. Особливості технології вирощування кукурудзи ..... 9
1.4. Вплив добрив на продуктивність і якісні показники зерна кукурудзи ..... 14
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 21
2.1. Характеристика виробничої діяльності та ґрунтово-кліматичних умов господарства ..... 21
2.2. Методика проведення досліджень ..... 25
2.3. Характеристика вирощуваних гібридів ..... 27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБҐРУНТУВАННЯ ..... 29
3.1. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту ..... 29
3.2. Висота рослин кукурудзи залежно від фону живлення ..... 31
3.3. Динаміка накопичення надземної маси ..... 33
3.4. Розмір листкової поверхні, продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал ..... 34
3.5. Вплив добрив на елементи продуктивності рослин та врожай зерна кукурудзи ..... 36
3.6. Якісні показники зерна кукурудзи ..... 41
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 43
ВИСНОВКИ ..... 46
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ ..... 48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... 49
ДОДАТКИ ..... 54

# АНОТАЦІЯ

Тема роботи: «Управління процесом формування врожайності зерна кукурудзи на основі застосування технологічних прийомів в умовах ТОВ «КВС-Україна» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області»

Обсяг роботи 54 сторінки комп'ютерного набору, складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій господарству, містить 13 таблиць. Список використаної літератури складає 33 джерела.

Дипломна робота спрямована на оптимізацію системи живлення та технології вирощування зернової кукурудзи у виробничих умовах Кам'янець-Подільського району (господарство ТОВ «КВС-Україна»). Дослідження проведено у короткостроковому виробничому досліді (2025 р.), де вивчали три варіанти мінерального удобрення (контроль без добрив, $N_{90}P_{60}K_{60}$ і $N_{120}P_{90}K_{90}$) на трьох гібридах кукурудзи селекції KWS. Методика передбачала розщеплені ділянки (гібриди × фони живлення) з триразовою повторністю, з дотриманням сучасної агротехніки та агрохімічних рекомендацій.

Встановлено, що внесення повного мінерального добрива $N_{120}P_{90}K_{90}$ забезпечило суттєве зростання врожайності. Найвищу врожайність – 13,3 т/га зерна – отримано у гібриду КВС ОЛТЕНІО, а середня врожайність на фонах $N_{120}P_{90}K_{90}$ становила близько 12,4 т/га. У середньому застосування мінеральних добрив підвищувало врожайність приблизно на 3,0 т/га порівняно з контролем (максимально +3,8 т/га при $N_{120}P_{90}K_{90}$). Крім того, виявлено позитивний вплив живлення на масу 1000 зерен та вміст білка у зерні Гібрид КВС ОЛТЕНІО сформував найбільший вміст протеїну (8,6%), натомість КВС ЛАУРО – найвищий вміст крохмалю (71,8%).

Практична цінність роботи полягає в обґрунтуванні раціональної системи живлення та агротехнічних прийомів для підвищення продуктивності зернової кукурудзи в умовах Лісостепу. Результати досліджень можуть бути використані в агровиробництві для вдосконалення технології вирощування інтенсивних гібридів кукурудзи, забезпечення їх повноцінного живлення та збільшення врожайності (передусім у господарствах Західного Лісостепу України).

# ВСТУП

Кукурудза (Zea mays L.) посідає провідне місце серед зернових культур у світі завдяки високій продуктивності та різноцільовому використанню. Ця культура універсальна: 60-65% світового врожаю йде на корм худобі (зерно містить 9-12% білків, 65-70% вуглеводів і 4-8% олії), значна частина – на продукти харчової промисловості (крупу, борошно, крохмаль, олію та інші продукти). У останні роки Україна демонструвала зростання виробництва кукурудзи. До початку повномасштабної війни площі під цією культурою сягнули рекордних 5,48 млн га (у 2021 році), а валовий збір – понад 35 млн т. Попри скорочення посівів у 2022-2023 роках, середня врожайність кукурудзи в Україні у 2023 році склала 7,81 т/га, що навіть перевищило довоєнні показники. Це свідчить про значний генетичний потенціал культури та ефективність сучасних агротехнологій.

Високі врожаї кукурудзи забезпечуються за рахунок оптимального поєднання генетичного потенціалу гібридів і раціональної агротехніки. У зв’язку з цим метою даної роботи є наукове обґрунтування системи управління формуванням урожайності зерна кукурудзи шляхом застосування технологічних прийомів (передусім оптимального мінерального живлення) у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу. Об’єкт дослідження – процес утворення зернової продуктивності кукурудзи, предмет – вплив окремих технологічних заходів (доз добрив, гібридного матеріалу) на формування врожайності. Завдання включають аналіз літературних даних про чинники, що обмежують продуктивність кукурудзи, та проведення польових досліджень щодо впливу різних фонів удобрення на морфометричні показники рослин, продуктивність і якість зерна у господарстві ТОВ «КВС-Україна» (Кам’янець-Подільський район). Ці завдання реалізовані шляхом закладання трикомпонентного досліду з гібридами КВС і оцінки отриманих результатів. Загальні дані про культурні технології та роль кукурудзи в аграрному секторі України підкреслюють актуальність теми.

# РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА СТАНУ ВИВЧЕНОСТІ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

## 1.1. Походження і господарське значення культури

Кукурудза (Zea mays L.), як сільськогосподарська культура бере свій початок з Центральної Америки. Археологічні знахідки свідчать, що дикий предок сучасної кукурудзи – теосинте – виріс у Мексиці, де близько 60 тисяч років тому знайдено шар скам'янілого пилку предкових форм кукурудзи [1].

Доместикація культури тривала протягом тисячоліть і завершилася близько 9-10 тисяч років тому в долині річки Бальсас (південна Мексика).

Гібридизація між дикою травою – теосинте (Zea mays ssp. parviglumis) і місцевими сортами спричинила виникнення першої одомашненої форми кукурудзи. Сучасні генетичні дослідження підтверджують складний процес формування культури: аналіз геномів близько 1000 сортів кукурудзи показав, що в історії одомашнення брали участь і високогірні популяції теосинте (Zea mays mexicana). За оцінками вчених, від 15% до 25% генів сучасної кукурудзи походять від мексиканської Teosinte mexicana, яка гібридизувалася з кукурудзою приблизно через 4 тисячі років після початку процесу одомашнення [1].

Новітні дані свідчать також про першу хвилю розповсюдження кукурудзи на південь (до Перу) та другу хвилю – до високогір'я Мексики і далі по Північній Америці, що обумовило широке генетичне різноманіття культури.

Кукурудза – одна з найуніверсальніших і найпоширеніших культур у сільському господарстві. Завдяки високій продуктивності та багатому хімічному складу, вона використовується одразу в кількох галузях.

Тваринництво. У світі 60-65% вирощеної кукурудзи іде на корм худобі. Особливо цінним кормом є зерно кукурудзи, адже воно містить 9-12% білків, 65-70% вуглеводів, 4-8% олії та значну енергетичну цінність (100 кг сухого зерна дають близько 1600 МДж енергії). У тваринництві зерно кукурудзи вигодовують як концентрат – у зерні є провітамін А (каротин) та інші корисні речовини, що підвищують продуктивність тварин. Також з кукурудзи виготовляють силос. Силосуванням зібраної кукурудзи разом зі стеблами і листям у фазі молочно-

воскової стиглості отримують корм із високою енергією і перетравним протеїном. Досі кукурудзяний силос є основним кормом для великої рогатої худоби в Україні. Крім того, листя та стебла використовують у якості грубих кормів, а качани – на корнаж (підсушене зерно з приколоченим стрижнем).

Харчова промисловість. Майже кожна лінійка харчової продукції містить кукурудзу чи її похідні. Зерно подрібнюють на крупу і борошно (в Україні широко поширені кукурудзяна крупа й борошно для кондитерських виробів). З нього виробляють круп'яні пластівці, повітряну кукурудзу (попкорн), кукурудзяні галети. З ендосперму роблять крохмаль і глюкозно-фруктозні сиропи для кондитерських і напоїв. З зародків кукурудзяного зерна добувають олію – цінний джерело лецитину та вітамінів (кулінарна і навіть дієтична олія). У харчових виробах кукурудзяне борошно додають у печиво, хліб, мамалигу (різновид поленти) тощо.

Промисловість і біоенергетика. Кукурудзяна олія йде у виробництво біодизеля. Зерно й побічні продукти переробки (крохмаль, кукурудзяна крупа) служать сировиною для виробництва етилового спирту, органічних кислот (молочної, лимонної та ін.). Ферментація кукурудзяного крохмалю дає глюкозу – вихідний матеріал для цукру та сиропів, які використовують у кулінарії та напоях. Крім того, силосна маса і кукурудзяні відходи придатні для виробництва біогазу. За сучасними оцінками, майже 20% світового врожаю кукурудзи переробляється на технічні цілі (біоетанол, біогаз, корми, кормові добавки) [2].

Кукурудза є однією з провідних зернових культур в Україні. До початку повномасштабної війни її площі щорічно збільшувалися: в 2021 році вони досягли рекорду – 5,48 млн га. Після 2022 року площі скоротилися (через війну та інші фактори), у 2023 році було зібрано кукурудзу на площі 3,98 млн га. При цьому валовий збір у 2023 році становив 31,03 млн т (понад 21 тис. аграріїв отримали 100% урожай з площ). Середня врожайність у 2023 році склала 7,81 т/га, що навіть перевищило довоєнний рівень (наприклад, у 2022 році вона була 6,35 т/га). У 2024 році (станом на кінець листопада) зібрано кукурудзу з 3,76 млн га при врожайності 6,43 т/га. Динаміку основних показників за останні роки наведено в таблиці 1 [3,4].

Таблиця 1

Площі під кукурудзою, валовий збір та урожайність за 2017-2024 рр.

| Рік | Площі, тис. га | Вал. збір, тис. т | Урожайність, т/га |
|---|---|---|---|
| 2017 | 4480,7 | 24 668,7 | 5,51 |
| 2018 | 4564,2 | 35 801,0 | 7,84 |
| 2019 | 4986,9 | 35 880,0 | 7,19 |
| 2020 | 5392,1 | 30 290,3 | 5,62 |
| 2021 | 5481,8 | 42 109,8 | 7,67 |
| 2022 | 4124,5 | 26 186,9 | 6,35 |
| 2023 | 3975,2 | 31 030,4 | 7,81 |
| 2024* | 3759,9 | 24 160,5 | 6,43 |

*дані станом на 28.11.2024 (96% збору)

Географічно кукурудза вирощується переважно в зоні Лісостепу та Степу. Найбільші площі під кукурудзою традиційно відведені в Полтавській і Чернігівській областях – саме ці регіони стабільно очолюють рейтинг «площ кукурудзи» (Полтавщина часто перша, Чернігівщина – друга). У топ-3 за площами також входять Вінницька, Черкаська та Сумська області (залежно від року). За середньою врожайністю лідирують західні області – зокрема Хмельницька, Тернопільська, Волинська, де використовують високопродуктивні гібриди і інтенсивні технології[3].

Україна є одним із світових лідерів з експорту кукурудзи. Так, у 2024/2025 маркетинговому році (липень-червень) було експортовано 21,5 млн т української кукурудзи на суму близько $4,5 млрд. Порівняно з обсягом виробництва (25,9 млн т), це свідчить про те, що значна частина врожаю йде за кордон як фураж чи технічна сировина. Основними імпортерами української кукурудзи є країни ЄС, а також Туреччина та Єгипет[5].

Багата на поживні речовини, ця культура дає високі врожаї в помірному кліматі і використовується як корм, харчова та енергетична сировина. За офіційними даними, кукурудзяні посіви охоплюють кілька мільйонів гектарів України, а аграрії та переробники щороку отримують понад 30 млн т зерна, використовуючи його як для внутрішніх потреб, так і для експорту [4].

## 1.2. Ботанічні та морфологічні особливості культури кукурудзи

Родина кукурудзи – Тонконогові (Poaceae), рід Zea L. У роду Zea виділяють кілька диких видів, та один культивований – кукурудза звичайна Zea mays L. (2n=20). Серед науковців існує розділення на рівні підвидів/груп за типом зерна: класичні групи кукурудзи за будовою ендосперму – зубовидна (твердий край зернівки і м'який центр), кремениста (цементоподібно-склоподібна оболонка по всій поверхні зерна), борошниста (переважно м'який крохмаль) тощо. Виділяють також попкорн (лопаюча), цукрову (солодку), воскову та інші спеціальні форми кукурудзи. Тож кукурудза – рослина дуже різноманітна за морфологією насіння, хоча з таксономічного погляду це один культурний вид з багатьма посушливими формами [6].

Коренева система мичкувата, дуже розвинена, основна маса коренів у шарі 30-60 см, але частина коренів проникає на глибину 1,5-4,0 м для поглинання вологи. Існують зародкові і вузлові придаткові корені, надземні «повітряні» опорні корені (що підсилюють стійкість проти вилягання) та бічні корені. Потужне кореневище забезпечує ефективний доступ до поживних речовин і води, що підвищує врожайність культури.

Стебло прямостояче, округле, поділене вузлами, заввишки від 0,5 м у скоростиглих до 5-6 м у пізньостиглих гібридів. Висота та товщина стебла залежать від генотипу: пізні гібриди дають більше вузлів і вищі міжвузля. Листки лінійно-ланцетні (довжиною близько 70-110 см і шириною 5-12 см), почергові, забезпечують оптимальне освітлення рослини. У листках інтенсивно відбувається фотосинтез (кукурудза – С4-культура з ефективним використанням $CO_2$ за високих температур і світла).

Рослина однодомна. чоловіче суцвіття – волоть (тут утворюється пилок), жіноче – в волоті качана. Качан (плід) складається із зернівок, щільно упакованих в ряди, кожна в оплоті. Плодова оболонка та ендосперм зернівок різняться у різних типів кукурудзи (кремениста, зубовидна тощо) [7].

## 1.3. Особливості технології вирощування кукурудзи

Кукурудза – одна з ключових зернових культур України, яка «в останні роки була і залишається стратегічною» [8]. Вона вирощується майже по всіх регіонах країни, тому, в нашому випадку, технологія її вирощування повинна враховувати особливості Лісостепу. Основними агротехнічними елементами є: попередники і сівозміна, обробіток ґрунту, сівба (строки й норми висіву), система удобрення, заходи захисту (від бур'янів, шкідників, хвороб), догляд за посівами і зрошення (за потреби), а також збирання і зберігання врожаю.

Гібриди кукурудзи слід обирати з урахуванням кліматичних умов Лісостепової зони. Для Лісостепу рекомендовані ранньостиглі та середньостиглі гібриди – групи стиглості ФАО близько100-399 (до середньо-пізніх у разі достатнього тепла). Біотипи повинні забезпечувати високу врожайність і бути адаптованими до несприятливих факторів зони. Доцільно віддавати перевагу гібридам із високою холодостійкістю (для ранніх посівів) та стійкістю до посухи і вилягання. При виборі звертають увагу на морфологію кореневої системи (глибоке живлення), потужність рослини, стійкість до збудників хвороб і особливо стеблового кукурудзяного метелика (коренева і стеблова гнилі). Перевагу надають зареєстрованим в Україні гібридам із доведеною ефективністю саме в Лісостепу (у реєстрі є численні гібриди для зони) [9].

Підбір гібридів здійснюється також з урахуванням їхнього розміщення в сівозміні. Важливо планувати, щоб гібриди не входили в надмірно довгі монокультури і щоб попередник на полі був сприятливий. Попередники: кращі – після озимої пшениці (по чорному пару чи незайнятим післяжнивним), зернобобових, картоплі, люпину, силосної кукурудзи. Менш бажані попередники – багаторічні трави та ті, що сильно висушують ґрунт (соняшник, цукрові буряки, сорго, просо). Кукурудза терпить монокультуру 3-4 роки без зниження врожаю, але для профілактики хвороб і шкідників рекомендують повну зміну через кожні 2-3 роки [10].

Обробіток ґрунту є вирішальним етапом для створення оптимальних ґрунтових умов. Ґрунт під кукурудзу переважно добре структурований чорнозем. Основні цілі обробітку ґрунту:

- розпушення ґрунту, усунути ущільнення в орному і підорному шарах, щоб корені легко проникали в глибину;

- рівномірний розподіл пожнивних решток попередника, щоб вони перепрівали та додавали органіку;

- забезпечення аерації і вологоємності, насичення ґрунту повітрям, накопичення вологи та запобігання ерозії;

- заготовка «доброго ложа» для сівби – вирівняна поверхня без великих грудок і бур'янів.

Для досягнення цих цілей традиційно застосовують глибоку оранку (25-27 см) під передпосівну культивацію. Така глибока оранка забезпечує оптимальну аерацію кореневої системи і накопичення вологи, що суттєво підвищує врожайність кукурудзи. Зокрема, у кореневій системі кукурудзи багато повітряних порожнин, тому потрібна саме аерація ґрунту – традиційна оранка або чизельний безплужний обробіток (25-30 см) найкраще цьому відповідають.

У енергозберігаючих технологіях застосовують чизельний обробіток (менша витрата пального) або мінімальний обробіток (no-till). Проте без орного обробітку може знижуватись врожайність при порушеному доступі вологи. При нестачі вологи на легких ґрунтах практикують мінімальні системи (strip-till або no-till) для зменшення випаровування, вологозберігаючий мульчуючий ефект ґрунтозахисного обробітку забезпечує кращі умови в посушливі періоди [8, 10].

Передпосівна обробка включає культивацію і боронування на глибину 8-10 см для вирівнювання і знищення бур'янів (особливо при рясних опадах).

Кукурудзу висівають весною, коли ґрунт достатньо прогріється. Оптимальні строки сівби при сталому прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до 10-12°С. Для Лісостепу це зазвичай кінець квітня – початок травня. Ранні посіви (8-10°С) можуть бути вигідними за наявності вологи, тому що рослини швидше цвітуть і повніше використовують ґрунтову вологу. Проте рання сівба вимагає морозостійкості гібриду та якісної передпосівної обробки насіння (протруювання фунгіцидами, мікроелементами, стимуляторами).

Глибина загортання насіння залежить від типу ґрунту: на чорноземах загортають 5-7 см, на важких суглинках 4-5 см, на легших піщаних – до 6-8 см

(за пересихання верхнього шару збільшують на 1-2 см). Така глибина забезпечує рівномірні дружні сходи та доступ до накопиченої вологи.

Норма висіву закладається з урахуванням очікуваної польової схожості та бажаної густоти стояння рослин на момент збирання. У Лісостепу рекомендована густота в момент збирання для різних гібридів складає приблизно 75-85 тис./га (ранньостиглі), 65-80 тис./га (середньоранні) та 55-70 тис./га (середньостиглі). Щоб компенсувати невисоку схожість та відходи рослин, норму висіву зазвичай збільшують на 20% від оптимальної густоти. Наприклад, якщо планова густота – 80 тис. рослин/га, то засівають 95-100 тис. насінин/га. На полях після кращих попередників висів ведуть із верхньої межі норми, а після гірших попередників – з нижньої. При використанні технологій без гербіцидів (багато міжрядних обробітків) норму інколи збільшують додатково на 4-6% за кожне планове боронування [10].

Кукурудза належить до культур, що споживають багато поживних речовин. За даними досліджень, для утворення 1 т збіжжя (та відповідної кількості соломи) рослині потрібно близько 24-30 кг д.р. азоту, 10-12 кг фосфору і 25-30 кг калію [11]. Тому формують збалансовану систему удобрення з урахуванням родючості ґрунту. Згідно з рекомендаціями, для Лісостепу орієнтовні дози мінеральних добрив становлять N 80-140, P 80-120, K 70-120 кг/га д.р. [12]. Частину фосфору і калію (60-80 кг/га $P_2O_5$ і $K_2O$) вносять восени під оранку, іншу (10-20 кг/га) – в рядки при сівбі. Азотні добрива зазвичай дають двічі: під передпосівну культивацію (50-60 кг/га) та в фазу 4-6 листків підживлюють решту норми (до загальної 120 кг/га). Для зменшення стресу деякі фермери застосовують позакореневі підживлення сечовиною (5 кг/га) з мікроелементами (Zn, B, Mo).

Органічне підживлення (гній, компости) також дуже цінне. Підкормка гноєм (20-40 т/га залежно від типу ґрунту) значно поліпшує структуру та водоздатність ґрунту. Також практикують посів сидеральних культур (горох, овес, люпин, гірчиця тощо) восени чи навесні на зелене добриво – їх закладають у ґрунт перед посівом кукурудзи для збагачення органікою та азотом. При

високій кислотності pH до сівби обов'язково виконують вапнування, адже оптимальне pH для кукурудзи – 5,8-7,0.

Комплексний захист від шкідників, хвороб і бур'янів включає агротехнічні, біологічні та хімічні заходи. Перш за все забезпечують фітосанітарну чистоту полів. Після збирання попередника обов'язково подрібнюють і зорають рослинні рештки, що знижує чисельність ґрунтових шкідників (дротяники, личинки хрущів) і патогенів (фузаріїв, склеротинії) [13]. Регламент удобрення і правильний попередник також зміцнюють рослини та перешкоджають хворобам.

На посівах кукурудзи поширені однорічні злакові та дводольні бур'яни. Інтенсивне вирощування передбачає використання ґрунтових гербіцидів перед сівбою і післясходових препаратів у фазу 3-5 листків. Механічний догляд за посівами включає боронування та міжрядні обробітки:

- до сходів кукурудзи (за 4-5 днів після сівби) виконують поверхневе боронування легкими боронами (3-4 см) для підрізання проростків бур'янів;

- після появи сходів проводять 1-2 боронування (фази 2-3 та 4-5 листків) легкими боронами поперек рядків;

- міжрядні обробітки культиваторами (6-8 см глибини) у фазу 6-8 листків завершують очистку посівів від бур'янів у рядах.

Важливо поєднувати механічні та хімічні методи. За безсистемного застосування лише гербіцидів може залишатися багато бур'янів, стійких до препаратів, тому на практиці після гербіцидного захисту деякі механічні обробітки все ж виконують.

Основні шкідники – стебловий кукурудзяний метелик і кукурудзяний жук, личинки ґрунтових жуків (дротяники), а також совки. Для захисту насіння застосовують інсектицидні протруйники, які створюють бар'єр у ґрунті й захищають сходи. При необхідності проводять обприскування посівів у фазу 6-8 листків інсектицидами (особливо при високій чисельності совок чи жука). Сівозміна і глибоке зароблення решток є профілактичними заходами проти шкідників. Наприклад, ретельне подрібнення рослинних решток та їх заорювання зменшує поширеність стеблового метелика в наступний сезон.

Найпоширеніші хвороби – фузаріоз (особливо на пошкоджених шкідниками качанах), гельмінтоспоріоз (буро-зелені плями на листі), пухирчаста та летюча сажки, бактеріози. За рясних дощів можливе пліснявіння качанів. Профілактичні заходи: вибір стійких гібридів, обробка насіння фунгіцидами (проти фузаріозу, сажок), дотримання сівозміни і своєчасне знищення рослинних решток. При ураженні посівів проводять фунгіцидні обприскування до початку цвітіння. Хімічний захист хвороб поєднують з агротехнічними методами.

Догляд за посівами кукурудзи створює умови для дружних сходів та розвитку рослин. «Чиста» від бур'янів кукурудза дає прибавку врожаю 3-5 ц/га [10]. При боротьбі з бур'янами, виходячи з сукупності обставин, застосовують комбінований підхід: якщо використані післясходові гербіциди, можна скоротити кількість культивацій, але в загальному змішують механіку і хімію для кращого результату.

На посушливих ділянках Лісостепу, де часто випадає менше 450-600 мм опадів за сезон, за можливості застосовують зрошення. Кукурудза є дуже вимогливою до вологи (450-600 мм за сезон) [8], особливо в фази формування волоті та наливу зерна. Тому в посушливі роки доцільно поливати культуру – наприклад, краплинне або дощування під час інтенсивного росту та наливу. Якщо ж зрошення недоступне, слід максимально зберегти ґрунтову вологу – через збереження пожнивних решток, оптимальну густоту стояння рослин і своєчасні міжрядні обробітки.

Кукурудзу на зерно збирають комбайнами при вологості зерна 20-35%. До збирання рекомендують приступати, коли біологічна стиглість зерна досягнута (35-40% вологості). Збирання без обмолоту (в початках) починають при вологості зерна до 40%, з обмолоченням – при 30%. Найкращий якісний обмолот відбувається при вологості зерна 20-22%. Після збирання зерно потребує сушіння. Допустима вологість для тривалого зберігання – до 14% [14]. Зерно висушують і доводять до цієї базової вологості (часто поетапно, якщо початкова вологість вища за 22%). Зберігають чисте зерно кукурудзи в силосах, рукавах чи зерносховищах із постійною вентиляцією. Під час зберігання важливо уникати підвищеної вологості й перегріву, а також контролювати шкідників.

## 1.4. Вплив добрив на продуктивність і якісні показники зерна кукурудзи

Зона Лісостепу забезпечує близько 12-15% посівних площ кукурудзи. Водночас кліматичні умови Лісостепу (теплий помірний клімат, опади 550-650 мм) та потужні чорноземи створюють сприятливі умови для вирощування кукурудзи, але потребують інтенсивного удобрення. За достатнього забезпечення вологою ці ґрунти мають високі природні запаси калію й фосфору, але азот, як правило, обмежений. Метою огляду є систематизація результатів польових досліджень впливу норм і типів добрив на врожайність і якість зерна кукурудзи саме в умовах Лісостепу України [16].

Кукурудза належить до енергетично-інтенсивних культур з високими вимогами до елементів живлення. Основні макроелементи – азот (N), фосфор (P) і калій (K) – відіграють вирішальну роль у формуванні вегетативної маси та зерна. За даними агрономічних розрахунків, на формування 1 т зерна кукурудзи рослина поглинає приблизно 20-25 кг N, 10-12 кг $P_2O_5$ і 15-20 кг $K_2O$. Максимальна потреба в поживних речовинах припадає на фазу викидання волоті і подальші 3-4 тижні після цвітіння. За цей період рослини поглинають близько 70-80 % від загальної кількості поживних елементів за сезон [21].

Для формування врожаю зерна на рівні 10 т/га рекомендують внесення азоту – 150-200, фосфору – 60-90, калію – 100-150 кг/га [15]. У дослідних посівах на чорноземах Лісостепу типові норми мінеральних добрив складають близько $N_{60-90}P_{60-90}K_{60}$ (на старті) [16], але підвищені обсяги азоту (150-200 кг/га) і калію (100-150 кг/га) застосовуються під інтенсивні технології. Органічні добрива (гній, компост) зазвичай вносять у нормі 20-30 т/га [15], що дає додатковий приріст врожаю.

Кукурудза має велику потребу в усіх основних елементах живлення. Азот є ключовим елементом, що лімітує продуктивність культури. Він входить до складу хлорофілу, білків і амінокислот, визначаючи інтенсивність росту рослин. Фосфор важливий для коренеутворення та енергетичного обміну, особливо на початкових фазах росту. Калій відповідає за водний та осмотичний баланс, стійкість до стресів, а також впливає на вміст крохмалю в зерні. Усі ці елементи тісно взаємопов’язані: наприклад, у тривалому досліді Асанішвілі та співавтори

виявили, що довготривале зростання кукурудзи створює дефіцит саме азоту, тоді як забезпечення фосфором та калієм було оптимальним при внесенні високих доз (понад $N_{60}P_{45}K_{60}$). Кореляційний аналіз підтвердив визначальну роль азоту і калію у формуванні врожайності кукурудзи. Загалом, оптимальне балансоване живлення (з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті) є основою для досягнення високих врожаїв і якості зерна. Так, рекомендовані норми NPK (в кг/га) під 10 т/га урожайність становлять приблизно $N_{150-200}$, $P_{60-90}$, $K_{100-150}$, але на фоні вищої забезпеченості ґрунту ці норми можуть бути знижені при одночасному внесенні органічних добрив [17].

Дослідження показують, що внесення мінеральних добрив зазвичай значно підвищує врожайність кукурудзи в порівнянні з контролем без удобрення. Згідно з дослідженнями в Західному Лісостепу України (2016-2017 рр.), застосування стандартної норми $N_{90}P_{60}K_{60}$ збільшувало врожайність зерна кукурудзи на 28-36 % (або на 1,9-2,2 т/га) порівняно з контролем (без добрив). Збільшення норми до $N_{120}P_{90}K_{90}$ додатково підвищувало врожай приблизно на 30-38 % (на 1,8-2,5 т/га). Кожне підвищення фону живлення давало значний приріст урожаю [24].

Найпотужніший ефект на урожай має азот. Наприклад, у випробуваннях Правобережного Лісостепу при нормі $N_{135}P_{135}K_{135}$ врожай середньостиглого гібрида ДКС 3511 склав 11,8 т/га (проти 7,4 т/га без добрив). Збільшення дози азоту з 45 до 135 кг/га (за сталої забезпеченості фосфор, калій) підвищувало середній урожай з 9,3 до 11,8 т/га, що відповідає приросту +2,5 т/га [18]. Асанішвілі та співавтори відзначали, що при внесенні підвищених норм азоту (180-240 кг/га) урожайність також досягала 11,2-12,1 т/га. Таким чином, азот у Лісостепу зазвичай є лімітуючим елементом живлення, і його достатнє внесення (45-150 кг/га) необхідне для реалізації генетичного потенціалу гібридів кукурудзи [15].

Фосфорні добрива стимулюють ріст кореневої системи, особливо на початкових фазах, і мають менший прямий ефект на зростання порівняно з азотом. Однак їх використання сприяє кращому засвоєнню азоту та підвищує вихід зерна. У згаданому досліді норми фосфору 135-200 кг/га дали разом із азотом ефективний приріст урожаю [18]. В інших польових дослідах

застосування фосфорних добрив укомплекованих NPK нормами показувало додаткове підвищення урожайності на 0,8-2,2 т/га порівняно з контролем [19]. При цьому мінеральне фосфорне живлення збільшує утворення кращої маси 1000 зерен та покращує якість зерна (за рахунок підвищення вмісту екстрактивних речовин).

Калій підвищує стійкість рослин до посухи та хвороб, покращує водний баланс і підвищує вміст крохмалю в зерні. За даними Асанішвілі та співавторів, саме калій у поєднанні з азотом виявився одним із головних чинників формування врожайності. Внесення калію у нормах 60-150 кг/га (разом з азотом і фосфором) у комплексі давало стабілізацію врожаю навіть за різних агрометеорологічних умов. Зокрема, рекомендована норма калію 100-150 кг/га забезпечує оптимальне заповнення зерен крохмалем, що важливо для крохмалистості зерна та виходу продукції [17].

Результати польових дослідів підкреслюють, що найбільше реагують гібриди на поєднане внесення NPK. Прикладом є дані таблиці 2 (середні за 2021-2022 рр.): без добрив урожай складає 7,4 т/га, за $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 9,3 т/га, $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 10,9 т/га, $N_{135}P_{135}K_{135}$ – 11,8 т/га. Аналогічно, внесення $N_{135}P_{135}K_{135}$ забезпечило максимальною врожайність серед досліджуваних варіантів – 11,8 т/га. Це свідчить про лінійний приріст урожаю з підвищенням норми азоту (за достатньої бази фосфору і калію) і підтверджує високу ефективність мінеральних добрив у Лісостепу [18].

Органічні добрива (гній, компост, сидеральні культури) відіграють важливу роль у підтриманні родючості ґрунту і підвищенні урожайності кукурудзи, особливо в умовах Лісостепу з його чорноземними ґрунтами. Зазвичай під кукурудзу вносять гній у кількості 20-40 т/га (на родючих чорноземах Лісостепу – близько 20-30 т/га) [25].

Гній підвищує вміст органічної речовини та мікробіологічну активність ґрунту, сприяючи кращому живленню рослин і збільшенню врожайності. Доведено, що поєднання гною з мінеральними добривами підвищує ефективність удобрень у цілому. Підвищується ріст і продуктивність культур, зростають й якісні характеристики продукції.

Органічні добрива (гній, компост) зазвичай вносять восени під зяблевий обробіток. Їх вплив на врожайність кукурудзи теж відчутний, але поступається по рентабельності мінеральним. Польові дослідження показують, що за застосування напівперепрілого гною великої рогатої худоби в дозах 9,0-18,0 т/га (одноразове внесення восени) урожай зерна кукурудзи зростав у середньому до 9,2-11,4 т/га (контроль – 7,4 т/га). Таким чином, дози гною 9, 13,5 і 18 т/га забезпечували приріст урожаю +25-53% порівняно з контролем. Зокрема, варіант з 18 т/га гною дав урожай 11,4 т/га, що практично дорівнювало варіанту з $N_{135}P_{135}K_{135}$ [18, 20].

Інше дослідження повідомляє, що внесення 20 т/га гною на чорноземах Лісостепу забезпечує приріст врожайності зерна кукурудзи лише +0,4-0,9 т/га. Цифри менші, бо у досліді органіка справді поступається мінеральним добривам. Проте головна перевага органіки – поступове поліпшення структури ґрунту та накопичення гумусу [15].

Узагальнено, органічні добрива підвищують врожайність кукурудзи в Лісостепу в середньому на 20-50%. Проте великий їхнє застосування економічно доцільне лише у структурах тваринництва чи при виробництві біопалива.

Комбіноване внесення органічних та мінеральних добрив дозволяє оптимізувати кількість внесеного азоту й підтримувати родючість ґрунту. наприклад, поєднання 13,5 т/га гною + $N_{67,5}P_{101,2}K_{54}$ дало урожай 11,8 т/га, що ідентично показнику чистого мінерального варіанту $N_{135}P_{135}K_{135}$ при вищій нормі азоту. Аналогічно, 9 т гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ забезпечили 11,0 т/га, лише на 0,8 т менше, ніж чистий $N_{90}P_{90}K_{90}$ (11,8 т/га) [18]. Це вказує, що при наявності органіки можна зменшити норму мінерального азоту практично на 25-33% без втрати врожайності. Додаткові дослідження вказують, що спільне застосування гною й мінеральних добрив формує синергетичний ефект (так звана органо-мінеральна система). Наприклад, при дворічному вирощуванні кукурудзи в перший рік вносили 50 т/га органіки + повну мінеральну норму – це давало рекордний урожай, після чого на другий рік обмежувались лише $N_{150}$ або навіть вносимо лише азот $N_{100}$ [15]. У сучасних дослідах комбіноване удобрення

підвищує врожайність кукурудзи на 3-4 т/га порівняно з контролем і на 0,5-1,5 т/га порівняно з чистим мінеральним фоном.

Таблиця 2

Вплив удобрення на врожайність кукурудзи, т/га

| Варіант досліду | Рік | | Середнє | Приріст | | Частка добрив у формуванні приросту врожаю, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2021 | 2022 | | + | % | |
| Без добрив | 8,9 | 5,9 | 7,4 | – | – | – |
| $N_{45}P_{45}K_{45}$ | 11,3 | 7,2 | 9,3 | 1,9 | 25 | 20 |
| $N_{90}P_{90}K_{90}$ | 13,6 | 8,2 | 10,9 | 3,5 | 47 | 32 |
| $N_{135}P_{135}K_{135}$ | 14,7 | 8,9 | 11,8 | 4,4 | 59 | 37 |
| Гній 9 т/га | 11,3 | 7,2 | 9,2 | 1,8 | 25 | 20 |
| Гній 13,5 т/га | 13,0 | 8,0 | 10,5 | 3,1 | 42 | 30 |
| Гній 18 т/га | 14,1 | 8,6 | 11,4 | 4,0 | 54 | 35 |
| Гній 4,5 т + $N_{22,5}P_{33,7}K_{18}$ | 11,6 | 7,3 | 9,4 | 2,0 | 28 | 22 |
| Гній 9 т + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ | 13,5 | 8,5 | 11,0 | 3,6 | 49 | 33 |
| Гній 13,5 т + $N_{67,5}P_{101,2}K_{54}$ | 14,4 | 9,2 | 11,8 | 4,4 | 60 | 37 |
| $НІР_{05}$ | 0,7 | 0,6 | – | – | – | – |

Кукурудза також потребує суттєво більшу кількість мікроелементів, ніж багато інших зернових: особливо важливі цинк та марганець. Так, за дослідженнями, кукурудза може спожити до 350-400 г/га цинку, до 80 г/га марганцю; помірну потребу мають бор і мідь. В умовах дефіциту цих елементів доцільно проводити позакореневі підживлення, особливо в ранні фази росту. Загалом баланс живлення повинен відповідати реальним нормам урожайності та родючості ґрунту. Наприклад, в одному з дослідів у Лісостепу інтенсивна схема удобрення передбачала внесення під кукурудзу $N_{60}P_{70}K_{60}$ у базовій нормі з додатковим передсівним $N_{20}$ [22].

Для забезпечення запланованого рівня врожайності дозу мінеральних добрив зазвичай розраховують з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту. На чорноземах Лісостепу орієнтовні норми мінеральних добрив під кукурудзу складають приблизно $N_{90}P_{90}K_{60}$ [23]. При цьому азотні добрива рекомендується

вносити поетапно: частину під основний обробіток або передпосівно, частину – у фазі 5-7 листків (підживлення). Фосфорно-калійні добрива краще вносити восени під оранку. Уникають також дефіциту сірки, яка разом з азотом сприяє синтезу білка, та кальцію і магнію, що впливають на загальний обмін речовин у рослині. Тому кукурудза потребує збалансованого живлення з урахуванням як макро-, так і мікроелементів, причому орієнтиром є відповідність внесених елементів запланованому врожаю та забезпеченості ґрунту.

Крім кількості зерна, мінеральне удобрення впливає й на його якість. Зокрема, застосування азотних і повних NPK-добрив сприяє збільшенню вмісту сирого протеїну в зерні. Наприклад, у дослідах Єрмакової та співавторів за вирощування без добрив вміст протеїну складав 7,7-8,5 %. Застосування стандартних норм мінеральних добрив підвищувало вміст білка в зерні на 0,85-1,07 % порівняно з контролем. Фоліарні підживлення стимуляторами росту («Вітазим») підвищували вміст білка ще більше – до 8,6-8,8 % [21].

Водночас зміни вмісту крохмалю в зерні при внесенні мінеральних добрив зазвичай невеликі. У наведеному досліді різниць у вмісті крохмалю серед варіантів з різним удобренням фактично не виявлено. Натомість жирність (масова частка олії в зерні) дещо знижувалася під впливом інтенсивного удобрення: у контролі вона становила 3,99 %, а за внесення добрив опускалася в середньому до 3,6-3,7 %. Іншими словами, баланс між білковою та жирною складовою дещо змістився на користь білка за інтенсивного азотного живлення.

Нарешті, мінеральні добрива часто збільшують масу 1000 зерен. Так, на досліді в Західному Лісостепу додавання $N_{90}P_{60}K_{60}$ підвищило масу 1000 насінин на 4,1-10,7 % (або на 10,5-25,5 г), а $N_{120}P_{90}K_{90}$ – на 13,4-30,2 % (або на 33,0-73,0 г) порівняно з контролем. Це означає, що від інтенсивного мінерального живлення зерно набирає більше поживних речовин і стає важчим.

Фосфорне і калійне живлення сприяє кращому визріванню, тоді як високі дози азоту ($N_{120-150}$) можуть підвищити вологість зерна на 3-5% у порівнянні з контролем. Це спостерігалось як у ранніх, так і в середньоранніх гібридів: при нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ зерно було вологіше на 3,0-4,4%, а при $N_{150}P_{90}K_{90}$ – на 5,1-5,2% [19].

Загалом, оптимальне удобрення підвищує сумарну біомасу і коригує співвідношення білка/крохмалю в зерні на користь білка. Одержання високоякісного зерна (з достатнім протеїном і крохмалем) потребує селекційного добору гібриду та збалансованого удобрення з урахуванням гідротермічного режиму року.

Польові дослідження в Україні однозначно демонструють високу чутливість кукурудзи до удобрення в умовах Лісостепу. Мінеральні добрива (особливо азотні) значно підвищують урожайність. Підвищення норми азоту від 45 до 135 кг/га (за сталої норми фосфору і калію) спричинило збільшення урожаю з 9,3 до 11,8 т/га, а максимальні дозування азоту 180-240 кг/га дали 11,2-12,1 т/га. Фосфор та калій сприяють стабільності та якості продуктивності: за їх достатнього вмісту в ґрунті урожай краще переносить коливання погоди, а вміст крохмалю в зерні залишається високим [17, 18].

Органічні добрива забезпечують помірне підвищення врожаю: зростання на +0,4–4,0 т/га (залежно від норми), а також підтримують довгострокове родючість ґрунту [15, 20]. Комбіноване удобрення (органіка + мінералка) дозволяє отримувати високі врожаї з меншими витратами азоту. Наприклад, 13,5 т гною + $N_{67,5}P_{101,2}K_{54}$ дали той самий урожай 11,8 т/га, що й $N_{135}P_{135}K_{135}$, але з економією частини азоту [18].

Удобрення також позитивно впливає на якість зерна. Підвищення норм NPK збільшує вміст протеїну та жиру, тоді як крохмалю – в межах норми чи з незначним зниженням. Так, при $N_{150}P_{90}K_{90}$ білок зростав майже на 1%, а вміст крохмалю – на 1-1,5% [19]. Фенологія гібрида і погодні умови корегують ці ефекти, але загалом найвища урожайність і краща якість зерна досягаються за оптимального (збалансованого) живлення з урахуванням всіх факторів вирощування.

# РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1. Характеристика виробничої діяльності та ґрунтово-кліматичних умов господарства

KWS – одна з провідних світових селекційних компаній, що входить до п'ятірки лідерів з виробництва насіння та працює в понад 70 країнах світу [26].

Компанія здійснює селекцію, виробництво й продаж насіння кукурудзи, цукрових буряків, зернових культур, ріпаку, соняшнику та овочів – з фокусом на впровадженні сучасних технологій і дотриманні міжнародних стандартів якості.

Поворотним моментом для діяльності KWS в Україні став 2016 рік: 24 листопада 2016 року в Кам'янці-Подільському було урочисто відкрито сучасний завод із доробки та кондиціювання насіння, який прийняв перші партії української кукурудзи та згодом став регулярним пунктом доробки насіння кукурудзи й соняшнику. Потужність комплексу становить близько 6 тисяч тонн на рік – проєкт реалізовано за короткі строки й з інвестиціями на рівні декількох мільйонів євро[27].

Як зазначає генеральний директор ТОВ «КВС-УКРАЇНА» Олександр Федоров, філософія компанії – «в регіоні для регіону»: KWS робить ставку на вирощування насіння саме в тих регіонах, де його буде реалізовано, аби забезпечувати максимальну якість продукції для українських аграріїв [28].

Серед партнерів ТОВ «КВС-Україна» в регіоні – ТОВ «Максфарм», яке вирощує гібридне насіння кукурудзи на площах поблизу Кам'янця-Подільського. Крім насінництва кукурудзи та соняшнику, у господарстві також вирощують товарну кукурудзу, сою, ріпак і зернові. За даними агрофірми, існує договір щодо вирощування насіннєвих культур із KWS, розрахований до 2032 року [29].

Після початку повномасштабної війни ТОВ «Максфарм» додав до своєї спеціалізації овочівництво (цибуля, кавуни, морква) та інвестував у зрошувальні технології – на 900 га працюють поливальні машини Valley, ще 70 га охоплено крапельним зрошенням, яке сприяє стабільності і продуктивності вирощування.

Надсучасне обладнання заводу KWS у Кам’янці-Подільському відповідає європейським стандартам і дозволяє не лише підтримувати високу якість доробки й кондиціювання насіння, а й дбати про екологію та безпеку праці на виробництві, що є важливим елементом довгострокового розвитку компанії в Україні.

Кам’янеччина має помірно-континентальний клімат з теплим літом і відносно м’якою зимою. Середня річна температура повітря становить близько +7…+8°C, причому найтепліший місяць – липень (+18…+19°C), а найхолодніший – січень (–5…–6 °C). Річна сума атмосферних опадів коливається в межах 510-580 мм, що забезпечує достатнє зволоження території [30]. Близько 70% опадів випадає у теплий період року, переважно у вигляді дощів, нерідко зливових. Сніговий покрив утворюється в середині зими і тримається 2,5-3 місяці, але його висота незначна (10-15 см). Вегетаційний період (період без заморозків) триває в середньому 170 днів – з другої половини квітня до початку жовтня. Середня дата останніх весняних заморозків у південній частині Хмельниччини припадає на 19-22 квітня, а перших осінніх – на першу декаду жовтня [31]. Завдяки південному розташуванню району весна тут настає на 1-2 тижні раніше, а літо триває довше, ніж у північних районах області. Такі кліматичні умови створюють сприятливі термічні та вологозабезпечені ресурси для сільського господарства регіону. Водночас окремі кліматичні ризики – зокрема, різкі потепління взимку та поворотні похолодання навесні – можуть шкодити озимим культурам і саджанцям, що враховується при виборі сортів і строків сівби.

Кам’янець-Подільський район розташований у південно-західній частині лісостепової зони України, на Подільській височині. Ця територія належить до підзони вологого помірно-теплого Лісостепу (так зване «тепле Поділля») з достатнім зволоженням і м’якими кліматичними умовами. Річна кількість опадів тут перевищує 450-560 мм, коефіцієнт зволоження складає 1,4-2,0 і вище, що відрізняє південно-західний Лісостеп підвищеною вологістю порівняно з центральними і східними районами лісостепової зони. Сума активних температур (вище +10°C) у південних районах області є значною – орієнтовно

2600-2800°С за сезон [32], а тривалість періоду зі сталими середньодобовими температурами понад +5°С становить 210 днів – з кінця березня до кінця жовтня. Таким чином, агрокліматичні ресурси району характеризуються як сприятливі. Тривалий безморозний період, достатнє тепло та волога дозволяють вирощувати широкий спектр сільськогосподарських культур, у тому числі теплолюбних. Район входить до західно-української лісостепової агрокліматичної підзони, для якої притаманні підвищений рельєф, висока зволоженість та переважання сірих лісових і опідзолених ґрунтів на лесових породах.

Основними ґрунтами Кам'янець-Подільського району є високородючі чорноземи та лісові опідзолені ґрунти, сформовані на лесових відкладах Подільської височини. Переважають чорноземи типові малогумусні (лісостепового типу) – вони займають більшу частину плато та рівнинних ділянок, відзначаються глибоким гумусовим горизонтом (50-60 см) і вмістом гумусу близько 3-4%, темно-сірим кольором і зернисто-комкуватою структурою. Ці ґрунти сформовані на лесовидних суглинках і відзначаються високою природною родючістю завдяки значному вмісту поживних речовин. Разом з ними трапляються опідзолені ґрунти – сірі та ясно-сірі лісові (особливо під лісами на схилах балок і плато) [33]. Лісові опідзолені ґрунти мають світліший профіль, менш насичені гумусом (1,5-3%) та дещо кислу реакцію середовища. Вони сформувалися за участю лісової рослинності, тому верхній горизонт у них збіднений на основи, структура менш виражена; такі ґрунти потребують окультурення – вапнування для нейтралізації кислотності та внесення добрив для підвищення родючості. У комплексі з чорноземами на вододілах часто залягають темно-сірі опідзолені ґрунти, які є перехідними за властивостями: вони менш кислотні, мають глибокий гумусовий шар (до 60 см, гумусу близько 3%) і добру структуру. Такі ґрунти дуже продуктивні і активно використовуються в ріллі. На нижніх частинах схилів місцями поширені чорноземи опідзолені та лучно-чорноземні ґрунти з ознаками оглеєння, а в долинах річок – лучні та лучно-болотні ґрунти, перезволожені через близьке залягання ґрунтових вод. Загалом ґрунтовий покрив району достатньо зволожений і родючий, що створює відмінні умови для землеробства. Водночас

на лесових схилах існує ризик водної ерозії, тому там важливо запобігати розмиву ґрунтів (через терасування, залуження схилів, лісосмуги тощо).

Південно-західний Лісостеп України, до якого належить Кам'янець-Подільський район, здавна відомий як один з найпродуктивніших аграрних регіонів. Ґрунтово-кліматичні умови тут сприятливі для вирощування широкого спектру культур: найбільш поширені озимі зернові – пшениця (головна хлібна культура) та жито. Значні площі займають ярі зернові (ячмінь, кукурудза), технічні культури – цукрові буряки, соняшник, ріпак, а також картопля, кормові коренеплоди та багаторічні трави. Регіон придатний і для інтенсивного овочівництва та садівництва (в тому числі вирощування плодових культур), завдяки тривалому теплу і достатній вологості. Середня врожайність основних культур тут традиційно вища за середню по країні, зокрема озима пшениця і цукровий буряк дають високі стабільні врожаї на плодючих чорноземах Поділля. Проте агротехніка в цьому районі враховує і виклики місцевих умов. Для підтримання родючості ґрунтів доцільне дотримання науково обґрунтованих сівозмін з чергуванням культур – зокрема, включення бобових і багаторічних трав, які збагачують ґрунт азотом і поліпшують структуру. На опідзолених ґрунтах обов'язковими заходами є вапнування (для нейтралізації кислотності) та підвищені дози органічних і мінеральних добрив. Висока культура землеробства передбачає також своєчасний обробіток ґрунту для накопичення і збереження вологи (особливо важливо ранньовесняне закриття вологи) та захист ґрунтів від ерозії на схилових землях. У зв'язку з частими відлигами взимку, які можуть пошкоджувати озимину, вживаються заходи для підвищення зимостійкості посівів – вирощування районованих морозостійких сортів, оптимальні строки сівби восени, накопичення снігу на полях. Пізні весняні приморозки (інколи до середини травня) вимагають захисту для садів та городини – застосування димових завіс, укриттів або підбір стійких сортів. Загалом для Кам'янеччини характерне інтенсивне землеробство із застосуванням сучасних агротехнологій, яке максимально використовує переваги клімату і ґрунтів району для одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур [30].

## 2.2. Методика проведення досліджень

Відповідно до мети запланованих досліджень, виконання передбачених програмою завдань проводили у короткостроковому виробничому досліді, де в 2025 році вивчали різні варіанти мінерального удобрення кукурудзи на зерно в межах Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Схема досліду передбачала три варіанти удобрення гібридів кукурудзи: контрольний – без внесення добрив, а також фони $N_{90}P_{60}K_{60}$ і $N_{120}P_{90}K_{90}$.

| | | |
|---|---|---|
| КВС 2370<br>(ФАО 280)<br>Контроль (без добрив) | КВС ЛАУРО<br>(ФАО 300)<br>Контроль (без добрив) | КВС ОЛТЕНІО<br>(ФАО 330)<br>Контроль (без добрив) |
| КВС 2370<br>(ФАО 280)<br>$N_{90}P_{60}K_{60}$ | КВС ЛАУРО<br>(ФАО 300)<br>$N_{90}P_{60}K_{60}$ | КВС ОЛТЕНІО<br>(ФАО 330)<br>$N_{90}P_{60}K_{60}$ |
| КВС 2370<br>(ФАО 280)<br>$N_{120}P_{90}K_{90}$ | КВС ЛАУРО<br>(ФАО 300)<br>$N_{120}P_{90}K_{90}$ | КВС ОЛТЕНІО<br>(ФАО 330)<br>$N_{120}P_{90}K_{90}$ |

Рис. 1. Схема досліду з вивчення впливу різного удобрення кукурудзи

Закладання та виконання польових досліджень, відбір рослинних зразків, а також заплановані спостереження й вимірювання здійснювали відповідно до загальноприйнятих рекомендацій, методичних вказівок і стандартних методик.

Технологію вирощування гібридів кукурудзи застосовували загальноприйняту, адаптовану до ґрунтово-кліматичних умов зони. Площа посівної ділянки становила 40 м², облікової – 25 м². Дослід закладали у триразовій повторності. Експеримент проводили методом розщеплених ділянок: ділянки першого порядку відповідали гібридам, другого – дозам добрив.

Попередником у дослідах була озима пшениця, яка була розміщена після ріпаку озимого. Після збирання попередника поле двічі дискували на глибину 10-12 см, а в жовтні проводили оранку на глибину 27-30 см.

Фосфорні і калійні добрива вносили восени під основний обробіток ґрунту, азотні, ж – навесні, відповідно до схеми досліду. Удобрення передбачало внесення мінеральних добрив таких груп: азотних, у вигляді аміачної селітри, фосфорних – простий гранульований суперфосфат та калійних – калійна сіль і хлористий калій. Мінеральні добрива вносили розкидним способом.

Навесні, у міру фізичної стиглості ґрунту, здійснювали боронування важкими боронами, що забезпечувало вирівнювання поверхні поля та закриття вологи. Перед сівбою проводили дві культивації: першу на глибину 10-12 см, другу – 6-8 см. Під час другої культивації вносились азотні добрива.

Для контролю бур'янів у посівах кукурудзи застосовували досходовий гербіцид Дуал Голд у нормі 1-1,6 л/га та післясходовий Майстер – 150 г/га. За потреби проводили ручні прополювання.

Кукурудзу висівали сівалкою СУПН-8 на глибину 4-5 см, широкорядним способом із шириною міжрядь 70 см за норми висіву 75 тис./га. Після сівби проводили коткування ґрунту. Щоб отримати оптимальну кінцеву густоту рослин, під час сівби закладали страхову надбавку на польову схожість – 10%.

На початку генеративної фази – у період викидання волоті, на всіх варіантах досліду дронами вносили інсектицид Кораген у нормі 0,2 л/га.

Врожай кукурудзи збирали у фазі повної стиглості зерна поділяночно.

Під час досліджень на посівах проводили такі спостереження й аналізи:

- на всіх варіантах досліду виконували біометричні вимірювання та фенологічні спостереження;

- у фазі повної стиглості визначали структуру врожаю;

- урожайність зерна встановлювали в усіх варіантах і повтореннях;

-отримані дані опрацьовували методом дисперсійного аналізу;

- економічну ефективність способів удобрення оцінювали за прямими витратами, розрахованими на основі технологічних карт.

## 2.3. Характеристика вирощуваних гібридів

Предметом досліджень були гібриди кукурудзи селекції KWS: гібрид класичного типу КВС 2370 (ФАО 280) та два нових представники лінійки ClimaControl3 – гібриди, спеціально створені для умов посухи, з високою адаптивністю до кліматичного стресу, а саме КВС ЛАУРО (ФАО 300) та КВС ОЛТЕНІО (ФАО 330).

КВС 2370 (ФАО 280) – середньоранній гібрид кукурудзи. Потенціал урожайності до 17 т/га зерна за оптимальних умов вирощування. Має високу адаптивність до різних умов, особливо добре проявляє себе в умовах Лісостепу та Полісся України. Може успішно вирощуватися також у Степу завдяки високій стійкості до посухи. Висока початкова енергія росту (швидкий стартовий ріст) та добра холодостійкість, дозволяє ранні строки сівби. Рослини ремонтантного типу з міцним стеблом, дуже стійкі до вилягання. Гібрид вирізняється високою посухостійкістю і стійкістю до основних хвороб кукурудзи (гельмінтоспоріоз, пухирчаста сажка тощо), забезпечуючи стабільний урожай за стресових умов. Зерно зубовидного типу; качан циліндричної форми, добре озернений (14-16 рядів зерен по 37-39 зерен у ряду). Рекомендована густота стояння за достатнього зволоження 80-90 тис. рослин/га, за середнього – 60-65 тис./га, за недостатнього зволоження – 45-55 тис./га. Із особливостей можна виділити дуже швидку вологовіддачу зерна завдяки зубовидному типу та відкриванню обгорток качана після досягнення стиглості. Гібрид універсальний щодо технологій показує високу продуктивність як за інтенсивного ведення (високий агрофон), так і в екстенсивних умовах господарювання.

КВС ЛАУРО (ФАО 300) – середньостиглий гібрид, належить до лінійки ClimaControl3 (гібриди з підвищеною посухостійкістю). Потенціал урожайності близько 16 т/га зерна за сприятливих умов вирощування. Гібрид стабільно урожайний у всіх зонах вирощування кукурудзи, зокрема в Лісостепу України (дуже пластичний до умов середовища). Висока посухостійкість робить його придатним і для південніших, більш посушливих регіонів. Основні агрономічна характеристика – пластичність із відмінною толерантністю до посухи. Має дуже високу стійкість до вилягання (9 балів), зберігаючи міцність стебла навіть при

інтенсивній технології. Продемонстровано високу стійкість до основних хвороб кукурудзи (пухирчаста сажка, стеблова гниль, гельмінтоспоріоз тощо), що забезпечує надійність в різних кліматичних умовах. Характеризується дуже швидкою віддачею вологи зерном при достиганні, що значно полегшує своєчасне збирання врожаю. Зерно зубовидне; качан циліндричний, має 16-18 рядів зерен (приблизно по 36-39 зерен у ряду). Рекомендована густота стояння за достатнього зволоження – 70-80 тис. рослин/га; за середнього – 55-65 тис./га; в посушливих умовах – 45-50 тис./га. Гібрид володіє вираженим ефектом «stay-green» (ремонтантний тип рослин із напіверектоїдним положенням листків) при одночасно швидкому висиханні качанів. Найкращі результати демонструє за середньоінтенсивної або помірно екстенсивної технології вирощування, що підкреслює його універсальність та стабільність за різних рівнів агрофону.

КВС ОЛТЕНІО (ФАО 330) середньостиглий гібрид, представник посухостійкої серії ClimaControl3. Потенціал урожайності до 18 т/га зерна за сприятливих умов. Винятково стабільний за різних умов вирощування, придатний до культивації в усіх основних зонах кукурудзосіяння України. Завдяки високій посухостійкості та пластичності забезпечує стабільну продуктивність як у Лісостепу, так і в більш посушливих степових регіонах. Основні агрономічні характеристики: Ремонтантний гібрид із еректоїдним типом листків, стійкий і продуктивний за будь-яких умов вирощування. Має високу посухостійкість і зберігає врожайність навіть за значного дефіциту вологи. Характеризується гарною віддачею вологи зерном та дуже швидким висиханням качанів при достиганні, що дозволяє мінімізувати витрати на досушування. Рослини формують міцне стебло, гібрид загалом толерантний до вилягання і основних хвороб, що важливо для забезпечення стабільного врожаю за стресових умов. Тип зерна та форма качана зерно зубовидне, качан циліндричної форми, має 16 рядів зерен (по 37-40 зерен у ряду). Рекомендована густота стояння за достатнього зволоження 70-80 тис. рослин/га; за середнього – 55-65 тис./га; в посушливих умовах – 45-55 тис./га. З особливостей можна відзначити оптимальне поєднання швидкого висихання зерна та стабільної урожайності робить цей гібрид надійним вибором незалежно від рівня агротехнологій.

# РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБҐРУНТУВАННЯ

## 3.1. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту

Збільшення доз мінеральних добрив, як правило, веде до пропорційного підвищення рівня доступних поживних речовин у ґрунті. На сірих лісових ґрунтах Лісостепу оптимальними для кукурудзи повні мінеральні добрива, що містять азот, фосфор і калій у збалансованих співвідношеннях. Дослідження показали, що під впливом помірної норми добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) вміст нітратного азоту у верхньому шарі ґрунту зростав приблизно наполовину, а при вищих нормах ($N_{120}P_{90}K_{90}$ і більше) – майже вдвічі порівняно з необробленим ґрунтом.

Таблиця 3

Вміст елементів живлення в орному шарі ґрунту (0-30 см) у процесі росту і розвитку кукурудзи залежно від норм удобрення (середнє за ділянками)

| Варіанти удобрення | Елементи живлення, мг/кг ґрунту | | |
|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Фаза сходів | | | |
| Без добрив (контроль) | 18,6 | 11,8 | 15,6 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 27,9 | 13,3 | 16,3 |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 32,4 | 15,4 | 17,9 |
| Фаза викидання волоті | | | |
| Без добрив (контроль) | 17,3 | 10,7 | 14,1 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 23,3 | 12,8 | 15,4 |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 29,6 | 13,9 | 16,3 |
| Перед збиранням | | | |
| Без добрив (контроль) | 13,1 | 9,6 | 14,0 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 17,6 | 11,0 | 15,3 |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 21,9 | 12,5 | 16,2 |

Рухомий фосфор і обмінний калій реагують на дози добрив менш різко, але теж збільшуються: приріст вмісту $P_2O_5$ може складати близько +10-20% при середніх дозах і до +30% при тривалому внесенні підвищених норм, тоді як для $K_2O$ ці показники становлять приблизно +5-15%. Важливо, що збалансоване удобрення дає кращий ефект для накопичення поживних елементів, ніж одностороннє внесення окремих добрив. Так, азотні добрива без фосфору і калію

з часом вичерпують запаси фосфору і калію в ґрунті, тоді як повне NPK-удобрення підтримує всі елементи на належному рівні. За даними польових дослідів, максимальний вміст нітратів та рухомого фосфору спостерігався при поєднанні основного внесення фосфорних і калійних добрив з передпосівним внесенням азотних. Такий розподіл доз забезпечив краще живлення сходів кукурудзи та вищі показники забезпеченості ґрунту доступними формами елементів на ранніх етапах росту. Упродовж вегетації вміст фосфору і калію у ґрунті зазвичай змінюється менше, ніж азоту, проте до кінця сезону спостерігається певне зниження і цих показників внаслідок поглинання їх рослинами кукурудзи.

Підвищення рівня забезпеченості ґрунту азотом, фосфором і калієм через внесення мінеральних добрив має прямий агрономічний ефект – зростає врожайність і покращується живлення кукурудзи. Культура кукурудзи дуже вимоглива до родючості ґрунту. Без додаткового удобрення сірих лісових ґрунтів такі втрати поживних речовин швидко призводять до виснаження, тому систематичне внесення добрив є необхідною умовою стабільного виробництва кукурудзи. Виробниче дослідження підтверджує, що застосування повного мінерального добрива (NPK) істотно підвищує урожайність гібридів кукурудзи. Зокрема, норма $N_{90}P_{60}K_{60}$ забезпечила приріст зерна на 2,6 т/га (на 31,5% більше ніж у контролю без добрив), а підвищене удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$ – вже на 3,9 т/га (приріст 45,4%). Ці дані відображають, що поліпшення поживного режиму ґрунту прямо впливає на продуктивність кукурудзи. Забезпечений елементами живлення ґрунт формує більш розвинені рослини, збільшується площа листкової поверхні, закладається більша кількість зерен в качані та їх маса. Особливо відчутний ефект дає азотне живлення, яке є фактором росту вегетативної маси і накопичення білка в зерні. Фосфорне удобрення сприяє розвитку кореневої системи та прискорює достигання качанів, а калійне – підсилює синтез вуглеводів і підвищує стійкість рослин до стресів. Таким чином, раціональне застосування мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах Лісостепу є ключовим заходом для підтримання оптимального поживного режиму ґрунту та реалізації високого потенціалу врожайності кукурудзи.

### 3.2. Висота рослин кукурудзи залежно від фону живлення

Результати польових досліджень у Лісостепу України показують, що рівень мінерального живлення істотно впливає на висоту рослин кукурудзи на час збирання. Найменша висота спостерігається в усіх гібридів на контролі (без добрив). Внесення середньої норми добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) підвищує стеблостій – висота рослин в середньому зростає на 12,2 см, що становить 4,88% відносно контролю. За підвищеного живлення ($N_{120}P_{90}K_{90}$) приріст ще відчутніший – рослини вищі на 18,9 см (тобто на 7,56% більше проти варіанту без добрив). Така позитивна динаміка зберігається для всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. На всіх фонах удобрення найвищі рослини відмічено у гібрида КВС 2370 – у середньому їх висота становила 267,2 см. Дещо нижчими були рослини гібрида КВС ЛАУРО (259,7 см), а найменший показник зафіксовано в гібрида КВС ОЛТЕНІО – 254,1 см.

Таблиця 4

Висота рослин кукурудзи залежно від удобрення

| Гібрид | Варіанти удобрення | Висота рослин, см | Приріст до контролю | |
|---|---|---|---|---|
| | | | см | % |
| КВС 2370 (ФАО 280) | Без добрив (контроль) | 256,3 | – | – |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 269,6 | 13,3 | 5,19 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 276,4 | 20,1 | 7,84 |
| КВС ЛАУРО (ФАО 300) | Без добрив (контроль) | 249,3 | – | – |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 260,5 | 11,2 | 4,49 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 269,2 | 19,9 | 7,98 |
| КВС ОЛТЕНІО (ФАО 330) | Без добрив (контроль) | 244,5 | – | – |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 256,6 | 12,1 | 4,95 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 261,3 | 16,8 | 6,87 |

Біологічно, висота рослин кукурудзи є важливим індикатором, що відображає інтенсивність росту та здатність культури реалізувати свій потенціал за даних умов вирощування. Покращене забезпечення NPK добривами стимулює вегетативний ріст: вищі рослини формують більшу листостеблову масу і

листкову поверхню, що підвищує загальну фотосинтетичну продуктивність агроценозу. Встановлено, зокрема, тісний прямий кореляційний зв'язок між рівнем азотного удобрення та висотою кукурудзи, що підкреслює провідну роль азоту в ростових процесах. Отже, оптимальне мінеральне живлення сприяє формуванню більш потужних, високорослих рослин, здатних накопичувати більшу біомасу та асиміляти більше фотосинтетичних продуктів, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на продуктивності посівів кукурудзи.

Удобрення посівів помітно позначилося і на висоті прикріплення нижнього сформованого (із зерном) качана. На контрольному варіанті без внесення добрив цей показник у гібридів у середньому становив 100,9 см. За повного мінерального удобрення в нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$ відстань прикріплення першого качана зросла до 107,6 см, тобто на 6,7 см або 6,64%. Подальше підвищення дози добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ забезпечило збільшення висоти прикріплення нижнього качана в середньому до 113,0 см, що на 12,1 см (11,99%) більше порівняно з контролем. На цьому фоні мінімальну висоту прикріплення першого качана зафіксовано у гібрида КВС 2370 – 109,4 см, тоді як найбільше значення мав КВС ОЛТЕНІО – 115,8 см.

Таблиця 5

Висота прикріплення першого качана залежно від удобрення

| Варіанти удобрення | Висота прикріплення першого качана, см | | | |
|---|---|---|---|---|
| | КВС 2370 | КВС ЛАУРО | КВС ОЛТЕНІО | Середня |
| Без добрив (контроль) | 97,6 | 101,0 | 104,1 | 100,9 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 103,9 | 107,5 | 111,2 | 107,6 |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 109,4 | 113,8 | 115,8 | 113,0 |

### 3.3. Динаміка накопичення надземної маси

Накопичення біомаси кукурудзи є фазозалежним. На початкових етапах (сходи – 6 листків) темп приросту низький, а найшвидший приріст спостерігається в період росту листостеблової маси (перед викиданням волоті) і під час формування зерен. Збільшення норми мінерального живлення сприяє більшому нарощенню вегетативної маси. Найбільше зростання досягається за варіанту $N_{120}P_{90}K_{90}$, хоча ефективність кожного додаткового кілограма азоту поступово зменшується (як показано помірним приростом близько 3-6 % у фазі молочної стиглості між контролем і $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Таблиця 6

Накопичення надземної маси кукурудзи на одиницю площі за фазами розвитку та варіантами удобрення (розрахункові дані за експериментами), т/га

| Фаза розвитку | Сходи | 6 листків | 10-12 листків | Викидання волоті | Молочна стиглість | Повна стиглість |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Без добрив (контроль) | 0,05 | 6,0 | 15,9 | 36,5 | 43,2 | 42,0 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,06 | 6,1 | 16,1 | 38,8 | 44,8 | 43,5 |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 0,07 | 6,2 | 16,3 | 39,2 | 46,6 | 45,0 |

Встановлено, що покращення умов живлення (NPK) на 27-30 % підвищує накопичення сировинної маси порівняно з контролем. Найбільшою є ефективність удобрення на стадії наростання вегетативної маси (до цвітіння). Достатнє забезпечення азотом і фосфором у фазах 5-10 листків гарантує високий темп росту і закладання продуктивних качанів. За результатами дослідження оптимальним визнано внесення $N_{120}P_{90}K_{90}$ для качанів середньостиглих гібридів у Лісостепу, що забезпечує високу масу вегетативної маси та продуктивність зерна. Отже, фази росту та рівень удобрення лінійно впливають на приріст надземної маси. Для максимального накопичення біомаси і врожаю зерна найефективнішими є вищі норми ($N_{120}P_{90}K_{90}$) у поєднанні з оптимальними агротехнічними заходами.

## 3.4. Розмір листкової поверхні, продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал

Підвищити врожайність зерна кукурудзи можна лише за умови збільшення накопичення органічної речовини, яка формується в процесі фотосинтезу. Отже, вирішальним є створення оптимальних умов для фотосинтетичної діяльності – тобто забезпечення ефективного функціонування листкової асиміляційної поверхні. Для нормального перебігу фотосинтезу рослини мають сформувати достатньо велику площу листя. Дослідження вітчизняних науковців засвідчують, що вплив на врожайність зерна продуктивної листкової площі, яка активно синтезує органічні речовини, істотно відрізняється від впливу загальної листкової біомаси, де інтенсивність фотосинтезу є низькою. Варто підкреслити, що надмірне збільшення листкової поверхні, наприклад унаслідок застосування високих доз азотних добрив, може негативно позначатися на врожайності, оскільки фотосинтетична активність таких посівів знижується. Натомість за оптимальної густоти стояння рослин і збалансованого мінерального живлення (передусім – коригування норм азоту на основі програмування врожаю, урахування його вмісту в ґрунті, результатів листкової діагностики тощо) досягається найвища продуктивність фотосинтезу. У таких умовах коефіцієнт ефективності використання ФАР зростає до 2-3%, що дає змогу отримати максимальний урожай за одночасного зменшення ресурсних витрат на одиницю продукції.

Загальновідомо, що найбільше нагромадження сухої речовини у рослин кукурудзи забезпечується фотосинтезом у листках. Отже, серед ключових чинників, які визначають рівень урожайності гібридів, важливе місце посідають площа листкової поверхні та ефективність фотосинтетичної діяльності, зокрема показники чистої продуктивності фотосинтезу і фотосинтетичного потенціалу посіву. Найповніше використання сонячної енергії досягається тоді, коли рослини формують оптимальну листкову поверхню й раціонально реалізують її асиміляційні можливості.

За підсумками досліджень простежено динаміку змін площі листкової поверхні та показників її продуктивності. Опрацювання наведених даних

свідчить, що формування листкової поверхні суттєво залежало від рівня мінерального живлення. Найвищий показник площі листя зафіксовано у гібрида КВС ОЛТЕНІО — 41,2 тис. м$^2$/га на фоні удобрення $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Таблиця 7

Площа листкової поверхні гібридів кукурудзи залежно від фону мінерального живлення, тис. м$^2$/га (середня за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | | |
|---|---|---|---|
| | Без добрив (контроль) | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{90}$ |
| КВС 2370 | 27,2 | 35,2 | 38,5 |
| КВС ЛАУРО | 24,2 | 29,5 | 33,0 |
| КВС ОЛТЕНІО | 31,2 | 38,1 | 41,2 |

Досліджувані гібриди кукурудзи позитивно відгукнулися на внесення добрив і за фону $N_{120}P_{90}K_{90}$ сформували найбільшу площу листкової поверхні.

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи формується під впливом агротехнічних прийомів, що застосовуються у технології її вирощування та визначають рівень урожаю. Щоб оцінити результативність фотосинтетичної діяльності посівів, розраховували показник чистої продуктивності фотосинтезу.

Отримані результати показують, що в середньому за роки досліджень чиста продуктивність фотосинтезу варіювала залежно від гібриду: у КВС ЛАУРО вона змінювалася в межах 5,4–12,3 г/м$^2$ за добу, у КВС 2370 — 6,5–11,5 г/м$^2$ за добу, а у КВС ОЛТЕНІО — 6,9–12,6 г/м$^2$ за добу.

Підвищення норм удобрення сприяло зростанню чистої продуктивності фотосинтезу в посівах кукурудзи. Найвищого рівня ЧПФ — 10,3 г/м$^2$ за добу — досягнуто за внесення добрив у дозі $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи зростав протягом усього вегетаційного періоду й найбільших значень досягав у гібридів за підвищення норм внесення мінеральних добрив.

Аналіз отриманих експериментальних результатів засвідчив, що між фотосинтетичним потенціалом у фазі фізіологічної стиглості та рівнем урожайності зерна спостерігається тісний взаємозв’язок.

### 3.5. Вплив добрив на елементи продуктивності рослин та врожай зерна кукурудзи

Польові дослідження, виконані в Україні та за її межами, засвідчують, що врожайність зерна кукурудзи є одним із ключових економіко-господарських критеріїв, який відображає ефективність реалізації генетичного потенціалу конкретного гібриду. Інтенсивність продукційного процесу під час вирощування культури може суттєво змінюватися під впливом різноманітних чинників довкілля у допосівний період і протягом вегетації. Передусім це зумовлюється кількістю атмосферних опадів, температурним режимом і вологістю повітря, забезпеченістю ґрунту поживними речовинами, їх розподілом у профілі та сезонною динамікою на різних етапах росту й розвитку кукурудзи.

Отже, як у науковому, так і в практичному аспектах важливо проводити дослідження, спрямовані на встановлення для гібридів кукурудзи різних груп ФАО конкретних параметрів агротехнології та на розроблення оптимальної системи мінерального живлення рослин.

Збиральна вологість зерна є одним із ключових показників ефективності зерновиробництва, зокрема вирощування кукурудзи, а також раціонального використання енергії під час досушування качанів. У посівах кукурудзи цей параметр істотно варіює залежно від агротехнічних прийомів і природних чинників, передусім погодних умов, що можуть значно відрізнятися за роками.

Варто підкреслити, що отримання високих і якісних урожаїв зерна кукурудзи визначається провідними елементами структури продуктивності, серед яких важливе місце займають маса 1000 зерен, а також довжина й діаметр качана. Саме ці характеристики значною мірою формують не лише рівень урожайності, а й якісні показники зерна.

Під час виконання досліду вплив досліджуваних факторів і варіантів на рівень збиральної вологості зерна відображав ті закономірності, які було зафіксовано у 2025 році. Водночас у інші роки проведення досліджень ці тенденції можуть змінюватися.

У середньому за гібридами відмічали незначні коливання збиральної вологості зерна: від 16,6% у КВС 2370 до 17,0-17,2% у КВС ЛАУРО та КВС

ОЛТЕНІО відповідно. Отже, різниця між досліджуваними гібридами була мінімальною й становила лише 0,6-0,8%.

Застосування різних доз мінеральних добрив зумовило підвищення збиральної вологості зерна порівняно з контролем (без добрив): з 15,8% до 17,3-17,7%, тобто на 1,5-1,9%.

Таблиця 8

Збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи залежно від фону мінерального живлення, % (середня за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | | |
|---|---|---|---|
| | Без добрив (контроль) | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{90}$ |
| КВС 2370 | 15,6 | 16,9 | 17,3 |
| КВС ЛАУРО | 15,8 | 17,4 | 17,8 |
| КВС ОЛТЕНІО | 16,0 | 17,6 | 18,1 |

Отримані дані показали, що найнижчий вихід зерна з качанів був у варіанті з гібридом КВС ЛАУРО – 81,4%. Водночас у гібридів КВС 2370 та КВС ОЛТЕНІО цей показник зріс до 82,5 і 83,0% відповідно, що на 1,1-1,6% більше порівняно з КВС ЛАУРО.

Підвищення виходу зерна в середньому на 4,6% було досягнуто завдяки внесенню мінеральних добрив, при цьому найвищий показник забезпечила максимальна норма удобрення – $N_{120}P_{90}K_{90}$.

У середньому за роки досліджень дія вивчених факторів на вихід зерна проявлялася неоднаково й найбільшою мірою визначалася рівнем мінерального живлення. Найвищий вихід зерна отримано за вирощування гібриду КВС ОЛТЕНІО – 83,0%, що перевищувало показники інших досліджуваних гібридів на 0,5-1,6%.

Застосування мінеральних добрив забезпечувало підвищення виходу зерна в середньому на 3,2-4,6% порівняно з контролем. Найвищий середній вихід зерна з качанів – 84,3% – отримано за внесення максимальної в досліді дози азотно-фосфорних добрив.

Таблиця 9

Вихід зерна з качанів кукурудзи залежно фону мінерального живлення, %
(середній за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | | |
|---|---|---|---|
| | Без добрив (контроль) | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{90}$ |
| КВС 2370 | 80,0 | 83,2 | 84,4 |
| КВС ЛАУРО | 78,7 | 82,1 | 83,5 |
| КВС ОЛТЕНІО | 80,5 | 83,5 | 84,9 |

Нашими дослідженнями встановлено, що істотний вплив на формування зернової продуктивності кукурудзи має маса 1000 зерен. Її значення варіюють у широких межах і залежать як від особливостей гібриду, так і від застосованих агротехнічних прийомів та погодних умов упродовж вегетації.

Узагальнені результати досліджень засвідчили, що маса 1000 зерен залежно від гібриду варіювала в межах 6,7-7,6%. Найвищий показник – 330 г – сформував гібрид КВС ОЛТЕНІО.

Внесення мінеральних добрив у різних нормах мало чітко виражений позитивний вплив на масу 1000 зерен. Зокрема, у порівнянні з контрольним варіантом цей показник підвищувався на 20-25 г, а найбільший ефект отримано за норми $N_{120}P_{90}K_{90}$. Приріст маси 1000 зерен становив 7,5% відносно контролю.

За підсумками дослідів у середньому за гібридним складом найменшу масу 1000 зерен зафіксовано у варіанті з гібридом КВС ЛАУРО – 311 г. Натомість при вирощуванні гібридів КВС 2370 та КВС ОЛТЕНІО цей показник зростав до 326-330 г, що на 4,8-6,1% перевищувало рівень КВС ЛАУРО.

За внесення азотно-фосфорно-калійних добрив у різних нормах відмічали підвищення маси 1000 зерен на 17-25 г порівняно з контролем, що відповідало приросту 5,7-8,0%.

У середньому за період досліджень маса 1000 зерен кукурудзи варіювала під впливом вивчених факторів і відображала тенденції, зафіксовані у 2025 році, хоча дія цих чинників була неоднаковою за силою. Виявлено суттєвий вплив гібридного складу на цей показник. Найвищу масу 1000 зерен сформували

гібриди КВС 2370 та КВС ОЛТЕНІО – 326-330 г, що на 4,8-6,1% перевищувало рівень гібрида КВС ЛАУРО.

Залежно від норми внесення мінеральних добрив маса 1000 зерен кукурудзи зростала: від 299 г на контролі до 340 г за застосування азотних, фосфорних і калійних добрив у різних нормах на 1 га. У результаті приріст цього показника становив 2,8-7,1%.

Таблиця 10

Маса 1000 зерен кукурудзи залежно від норми удобрення, г
(середня за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | | |
|---|---|---|---|
| | Без добрив (контроль) | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{90}$ |
| КВС 2370 | 311 | 330 | 336 |
| КВС ЛАУРО | 299 | 316 | 319 |
| КВС ОЛТЕНІО | 316 | 334 | 340 |

Застосування азотних і фосфорних добрив сприяло поліпшенню біометричних характеристик качанів. У контрольному варіанті без удобрення середні значення довжини та діаметра качана становили відповідно 23,4 і 3,8 см. За внесення мінеральних добрив ці показники зростали на 4,6-10,5% і 10,2-28,1% відповідно.

Опрацювання отриманих результатів показало, що максимальну довжину качана – 28,1 см – зафіксовано у гібрида КВС ОЛТЕНІО за внесення добрив у дозі $N_{120}P_{90}K_{90}$. Натомість найменший показник довжини качана (22,2 см) відзначено на контрольному варіанті у гібрида КВС ЛАУРО. Найбільший діаметр качана також сформував гібрид КВС ОЛТЕНІО – 5,2 см на фоні мінерального живлення $N_{120}P_{90}K_{90}$.

Отримані в ході досліджень дані підтверджують, що на формування зернової продуктивності кукурудзи суттєво впливають як особливості гібридного складу, так і рівень мінерального живлення.

Погодні умови протягом вегетації істотно позначалися на рівні врожайності зерна досліджуваних гібридів. Установлено, що ростові процеси

кукурудзи різних груп стиглості суттєво змінювалися під впливом гідротермічних умов упродовж вегетаційного періоду та залежали від досліджуваних факторів.

Дефіцит активних температур у поєднанні з надмірними опадами загалом негативно вплинули на зернову продуктивність гібридів. На мою думку, за більш сприятливих погодних умов 2023 року врожайність усіх біотипів була б вищою, ніж у досліджуваному 2025 році. У всіх групах стиглості гібридів кукурудзи простежувалася чітка залежність урожайності зерна від рівня удобрення.

Найвищу врожайність зерна – 13,3 т/га – забезпечив гібрид КВС ОЛТЕНІО. Для всіх досліджуваних гібридів найсприятливіші умови вирощування склалися на фоні мінерального живлення $N_{120}P_{90}K_{90}$, за якого в середньому отримано зернову продуктивність 12,4 т/га.

Таблиця 11

Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від удобрення, т/га
(при вологості 14%, середня за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | | |
|---|---|---|---|
| | Без добрив (контроль) | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | $N_{120}P_{90}K_{90}$ |
| КВС 2370 | 8,9 | 11,2 | 12,6 |
| КВС ЛАУРО | 7,6 | 10,5 | 11,4 |
| КВС ОЛТЕНІО | 9,2 | 12,0 | 13,3 |
| $НІР_{05}$ | 0,43 | | |

У середньому максимальну врожайність зерна – 11,5 т/га – сформували посіви гібриду КВС ОЛТЕНІО, що на 5,7-17,3% перевищувало показники інших досліджуваних гібридів.

Застосування мінеральних добрив забезпечило підвищення врожайності зерна в середньому на 3 т/га порівняно з контролем. Найвищий середній рівень урожайності – 3,8 т/га – отримано за внесення добрив у нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$.

### 3.6. Якісні показники зерна кукурудзи

Поряд із нарощуванням урожайності кукурудзи не менш важливим є підвищення якості зерна. Водночас слід зважати на напрями його використання та чинні вимоги до якості, визначені ДСТУ й іншими нормативними документами. Зерно кукурудзи містить білки, вуглеводи, жири, вітаміни та мінеральні речовини. Провідну частку в його складі становлять вуглеводи – їх вміст може сягати до 80%. Основними серед них є крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза та пентозани. За харчового й кормового використання зерна крохмаль виступає головним джерелом енергії для людини та тварин.

Якщо при виробництві біоетанолу основну увагу зосереджують на вмісті крохмалю в зерні, то для харчового використання визначальними є показники протеїну та жиру в кінцевій продукції. Варто також зазначити, що ціна зерна на світових ринках насамперед залежить від рівня його білковості.

Саме тому за кордоном значну увагу приділяють дослідженням, спрямованим на підвищення вмісту білка в зерні. Це досягається шляхом добору гібридів із високим потенціалом урожайності та якості, а також завдяки комплексному вдосконаленню агротехнологічних прийомів.

Для формування високобілкового зерна кукурудзи найсприятливішими є умови інтенсивного сонячного освітлення та помірний (незначний) дефіцит доступної вологи. Натомість надлишок опадів у період наливу й формування зерна погіршує його якісні показники.

У наших експериментах, окрім рівня врожайності зерна гібридів кукурудзи, додатково визначали показники якості отриманої продукції. З’ясовано, що якісні параметри зерна змінювалися залежно від фону удобрення та були зумовлені біологічними особливостями досліджуваних гібридів.

Параметри якості зерна кукурудзи по-різному реагували на дію досліджуваних факторів. За вмістом білка вирізнявся гібрид КВС ОЛТЕНІО. У його зерні в середньому містилося 8,6% білка, що на 1,0-4,0% перевищувало показники інших гібридів.

Підвищення норм удобрення, навпаки, сприяло зростанню вмісту білка в зерні кукурудзи. За показником крохмалистості лідирував гібрид КВС ЛАУРО

– 71,8%, тоді як у решти досліджуваних гібридів вміст крохмалю коливався в межах 69,3-71,6%.

Таблиця 12

Вплив удобрення на показники якості зерна, % (середнє за повтореннями)

| Гібрид | Варіанти удобрення | Вміст білка | Вміст крохмалю | Вміст жиру |
|---|---|---|---|---|
| КВС 2370 (ФАО 280) | Без добрив (контроль) | 8,2 | 71,6 | 5,2 |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 8,4 | 70,7 | 4,4 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 8,8 | 70,8 | 4,4 |
| КВС ЛАУРО (ФАО 300) | Без добрив (контроль) | 8,0 | 72,4 | 5,2 |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 8,2 | 71,6 | 4,5 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 8,4 | 71,5 | 4,5 |
| КВС ОЛТЕНІО (ФАО 330) | Без добрив (контроль) | 8,4 | 70,6 | 5,1 |
| | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 8,6 | 69,3 | 4,1 |
| | $N_{120}P_{90}K_{90}$ | 8,9 | 69,7 | 4,4 |

Вміст жиру істотно не відрізнявся між гібридами кукурудзи і перебував у межах 4,1-5,2%.

# РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах економічної нестабільності питання підвищення стійкості аграрного виробництва в Україні тісно пов’язані з необхідністю прогнозування виробничих процесів в агропромисловому комплексі. У цьому контексті особливої ваги набувають економічний аналіз і моделювання технологічних процесів, що спираються на статистично підтверджені закономірності та залежність рослинницької продукції від виробничих чинників. Моделювання формування врожайності культур, адаптоване до конкретних природно-кліматичних умов, дає змогу обґрунтовувати доцільність агротехнічних рішень у землеробстві з урахуванням фактичних або найбільш імовірних у майбутньому умов довкілля.

У багатьох країнах світу моделювання дедалі більше відіграє важливу роль у прогнозуванні, управлінні та економіко-енергетичній оцінці складових процесу формування врожайності сільськогосподарських культур, що зрештою спрямовано на досягнення максимальної продуктивності рослинництва. Необхідність розроблення й удосконалення математичних моделей зумовлена постійним ускладненням системних завдань у всіх сферах сільського господарства та зростанням вимог до точності й обґрунтованості управлінських рішень. У підсумку це підсилює значення математичного моделювання як ключового інструменту сучасних інформаційних технологій.

Необхідність урахування впливу на продуктивність рослин великої кількості змінних у часі чинників – біологічних, ґрунтових, метеорологічних, агротехнічних, економічних тощо – зумовлює потребу в системному підході до управління формуванням урожаю. Такий підхід має ґрунтуватися на економічному аналізі й моделюванні та передбачати створення математичних моделей, які забезпечують раціональне використання ресурсів, урахування специфіки кожного господарства й протидію несприятливим впливам довкілля (змінам клімату, дефіциту опадів, високим температурам, суховіям). Лише комплексний аналіз дає змогу визначити оптимальне поєднання елементів інтенсивної технології вирощування кукурудзи.

Проблему підвищення економічної результативності сільськогосподарського виробництва досліджували багато науковців. Водночас низка питань у цьому напрямі й досі залишається невирішеною, адже необґрунтоване зростання виробничих витрат, зокрема на використання агрохімікатів, призводить до зниження загальної ефективності господарювання.

Економічні показники в наукових дослідженнях і практиці виробництва почали використовувати ще давно, і з часом цей підхід поширився майже на всі сфери знань. Однак методологія таких досліджень тривалий період розвивалася ізольовано від інших наук, через що не було сформовано єдиної, узгодженої системи понять і термінології.

За вирощування кукурудзи, як і інших сільськогосподарських культур, вагомого значення набуває оцінювання економічної ефективності. Особливо актуальними економічні показники є в умовах постійного подорожчання електроенергії, добрив, паливно-мастильних матеріалів тощо. Економічна оцінка технології вирощування кукурудзи дає змогу обрати найраціональніші варіанти агротехнологічного процесу. Комплексний аналіз елементів технології виробництва зерна кукурудзи сприяє зростанню продуктивності рослинництва, посилює трансформацію й перерозподіл матеріальних ресурсів в агроекосистемах, а також дозволяє розробляти оптимізовані технології на основі наукового обґрунтування, ефективного використання ресурсного потенціалу України та мінімізації екологічного навантаження на довкілля.

Під час оцінювання економічної ефективності враховували такі показники: урожайність; обсяг виробленої продукції в натуральному та вартісному вираженні; виробничі витрати на одиницю площі (трудові й матеріальні ресурси) та собівартість продукції; величину чистого доходу; рівень рентабельності й окупність витрат.

Можна підсумувати, що за сукупністю економічних показників найрезультативнішим було вирощування гібриду КВС ОЛТЕНІО за фону мінерального живлення $N_{120}P_{90}K_{90}$. У середньому за цей варіант забезпечив умовно-чистий прибуток 83 384 грн/га та рівень рентабельності 168,1%.

Таблиця 13

Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи на фоні мінеральних добрив

| Показники | | Гібриди | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | КВС 2370 (ФАО 280) | | | КВС ЛАУРО (ФАО 300) | | | КВС ОЛТЕНІО (ФАО 330) | | |
| | | Без добрив (контроль) | $N_{90}$ $P_{60}$ $K_{60}$ | $N_{120}$ $P_{90}$ $K_{90}$ | Без добрив (контроль) | $N_{90}$ $P_{60}$ $K_{60}$ | $N_{120}$ $P_{90}$ $K_{90}$ | Без добрив (контроль) | $N_{90}$ $P_{60}$ $K_{60}$ | $N_{120}$ $P_{90}$ $K_{90}$ |
| Урожайність, т/га | | 8,9 | 11,2 | 12,6 | 7,6 | 10,5 | 11,4 | 9,2 | 12,0 | 13,3 |
| Приріст урожаю до контролю | т/га | – | 2,3 | 3,7 | – | 2,9 | 3,8 | – | 2,8 | 4,1 |
| | % | – | 25,8 | 41,6 | – | 38,2 | 50,0 | – | 30,4 | 44,6 |
| Ціна 1 т зерна кукурудзи, грн | | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| Вартість валової продукції, грн | | 89000 | 112000 | 126000 | 76000 | 105000 | 114000 | 92000 | 120000 | 133000 |
| Виробничі витрати на 1 га, грн | | 38936 | 45854 | 49616 | 38936 | 45854 | 49616 | 38936 | 45854 | 49616 |
| Виробничі витрати на 1 т, грн | | 4375 | 4094 | 3937 | 5123 | 4367 | 4352 | 4232 | 3821 | 3731 |
| Умовно чистий прибуток, грн | | 50064 | 66146 | 76384 | 37064 | 59146 | 64384 | 53064 | 74146 | 83384 |
| Витрати праці на 1 га, люд.-год | | 18 | 21 | 22 | 18 | 21 | 22 | 18 | 21 | 22 |
| Витрати праці на 1 т, люд.-год | | 2,02 | 1,88 | 1,74 | 2,36 | 2,00 | 1,93 | 1,96 | 1,75 | 1,65 |
| Рівень рентабельності, % | | 128,6 | 144,3 | 153,9 | 95,2 | 129,0 | 129,8 | 136,3 | 161,7 | 168,1 |

# ВИСНОВКИ

Проведене дослідження показало істотний вплив системи живлення на ріст і продуктивність кукурудзи. Підвищення норм мінеральних добрив призводило до інтенсивнішого нарощування вегетативної маси. Оптимальне забезпечення NPK стимулювало формування потужніших рослин з більшою листковою поверхнею, що підвищувало фотосинтетичну продуктивність посіву. Встановлено пряму кореляцію між дозою азоту і висотою рослин: на всіх фонах удобрення найвищими були рослини гібрида КВС 2370 (середня висота 267,2 см). Підвищене живлення дозволило істотно збільшити накопичення надземної біомаси. Наприклад, покращення умов живлення (NPK) на 27-30% сприяло вищому накопиченню сировинної маси порівняно з контролем.

В агрофенологічному плані досліджувані фактори позитивно впливали на показники продуктивності. Усі гібриди відзначались чіткою залежністю врожайності від рівня удобрення: найсприятливіші умови сформувались на фоні $N_{120}P_{90}K_{90}$, при якому середня урожайність становила 12,4 т/га. Максимальну врожайність (13,3 т/га) отримано на гібриді КВС ОЛТЕНІО. У середньому внесення мінеральних добрив забезпечило приріст врожайності близько 3,0 т/га порівняно з контролем. Найбільше підвищення (+3,8 т/га) досягнуто при нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$. Отже, застосування збалансованого удобрення суттєво збільшує використання генетичного потенціалу гібридів і забезпечує вищу продуктивність агроценозу.

Генетичний фактор також сформував відмінності в продуктивності. Найбільшу врожайність зерна показав гібрид КВС ОЛТЕНІО: у середньому 11,5 т/га, що на 5,7-17,3% перевищувало показники інших гібридів. Крім того, аналіз показав, що значущим елементом формування врожаю є маса 1000 зерен. Саме вона найбільше корелювала з кількістю зерен на рослині: в наших дослідженнях маса 1000 насінин була вищою у гібридів КВС 2370 і КВС ОЛТЕНІО (326-330 г), що на 4,8-6,1% перевищувало показник КВС ЛАУРО. Таким чином, оптимальне живлення, яке збільшувало масу зерен, прямо впливало на

збільшення урожайності. Це підтверджує зроблене узагальнення, що маса 1000 зерен має істотний вплив на продуктивність кукурудзи.

З погляду якості зерна виявлено також помітні ефекти. Гібрид КВС ОЛТЕНІО вирізнявся найвищим вмістом сирого протеїну в зерні (в середньому 8,6%), що на 1,0-4,0% вище за інші гібриди. Зростання норм удобрення супроводжувалося підвищенням білковості: зокрема, варіанти з NPK давали більший вміст білка порівняно з контролем. Щодо крохмалистості, найбільше її було у КВС ЛАУРО (71,8% зерна), що корелює із збереженням високого вмісту крохмалю за інтенсивного режиму живлення. Отже, підвищення інтенсивності удобрення не лише збільшувало врожай, але й покращувало якість зерна за рахунок підвищення його білкової складової.

Підсумовуючи, слід констатувати: підвищене мінеральне живлення забезпечує більш інтенсивний ріст рослин, збільшує біомасу та залучення асимілянтів у генеративні органи (наслідком чого є вища врожайність), а також відчутно змінює якісні характеристики зерна на користь білка. Результати досліду свідчать, що для максимального розкриття потенціалу гібридів кукурудзи у Лісостепу Україні необхідна система збалансованого удобрення і адаптовані агротехнічні прийоми, що й було підтверджено отриманими даними.

# ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання стабільно високих урожаїв гібридів кукурудзи рекомендовано застосовувати повне мінеральне удобрення за нормою $N_{120}P_{90}K_{90}$.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Yang N., Wang Y., Liu X. та ін. Two teosintes made modern maize // Science. – 2023. – Vol. 382, № 6674.

2. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. – Львів : Українські технології, 2010. – 1088 с.

3. Гусарова А. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017-2024 рр. [Електронний ресурс]. – SuperAgronom. – Режим доступу: https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojaynist-zernovoyi-za-2017-2024-rr (дата звернення: 04.11.2025).

4. Державна служба статистики України. Сільське господарство України: статистичний збірник. – Київ: Держстат України, 2023. – 164 с.

5. Українська зернова асоціація. Підсумки сезону 2024/2025: експорт зернових та олійних – 46,7 млн т. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uga.ua/news/pidsumky-sezonu-2024-2025-eksport-zernovyh-ta-olijnyh-46-7-mln-t/ (дата звернення: 04.11.2025).

6. Юнікорнс. Сорти кукурудзи: огляд, призначення, приклади сортів і важливі характеристики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unicorns.com.ua/sorty-kukurudzy-oglyad-pryznachennya/ (дата звернення: 04.11.2025).

7. Сингента Україна. Морфологічні ознаки кукурудзи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/morfologichni-oznaki-kukurudzi (дата звернення: 04.11.2025).

8. СуперАгроном. Вирощування кукурудзи: повна технологія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya (дата звернення: 04.11.2025).

9. EcoImpact-PLE. Агрокліматичні умови вирощування кукурудзи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecoimpact-ple.com/documents/1494.html (дата звернення: 04.11.2025).

10. EcoImpact-PLE. Технологія вирощування кукурудзи залежно від ґрунтово-кліматичних умов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecoimpact-ple.com/documents/2227.html (дата звернення: 04.11.2025).

11. Агроексперт-Трейд. Скільки потрібно добрива для посіву кукурудзи в 2025? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agroexp.com.ua/uk/skolko-potrebuetsya-udobreniya-dlya-poseva-kukuruzy (дата звернення: 04.11.2025).

12. Агро-Бізнес Сьогодні. Такі важливі елементи живлення рослин. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12409-taki-vazhlyvi-elementy-zhyvlennia-roslyn.html (дата звернення: 04.11.2025).

13. АгроМедіа (журнал «Агроном»). Які шкідники та хвороби розвиваються у посівах кукурудзи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/yaki-shkidnyky-ta-hvoroby-rozvyvayutsya-u-posivah-kukurudzy/ (дата звернення: 04.11.2025).

14. Kurkul.com. Сушка та зберігання кукурудзи в сезоні 2023 – як не втратити урожай. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kurkul.com/spetsproekty/1506-sushka-ta-zberigannya-kukurudzi-v-sezoni-2023--yak-ne-vtratiti-urojay (дата звернення: 04.11.2025).

15. Агро-Бізнес Сьогодні. Живлення та удобрення кукурудзи: норми мінеральних добрив, органічних, ТО їх змін, та як їх змінюють залежно від культури. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/547-zhyvlennia-ta-udobrennia-kukurudzy.html (дата звернення: 04.11.2025).

16. Волощук, О. П., Волощук, І. С., Глива, В. В., Пащак, М. О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лісостепу // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2019. – Вип. 65, № 3. – С. 22-35. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://phzt-journal.isgkr.com.ua/65/3.pdf (дата звернення: 04.11.2025).

17. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу // Подільський вісник: сільське господарство,

техніка, економіка. – 2018. – Вип. 82/69. – С. 9-15. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/download/82/69 (дата звернення: 04.11.2025).

18. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Новак А. В. Вплив метеорологічних умов та удобрення на урожайність кукурудзи у Правобережному Лісостепу // Збірник наукових праць Уманського національного університету. – 2023. – Вип. 102, частина 1. – С. 26-34. – DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-26-34.

19. Глива В. В., Гадзало А. Я., Герешко Г. С., Случак О. М., Пащак М. О. Якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норм внесення мінеральних добрив // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2022. – Вип. 71 (1), № 4. – С. 66–73. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://phzt-journal.isgkr.com.ua/71-1/4.pdf (дата звернення: 04.11.2025).

20. Черно. О.Д., Несвята А.В. Продуктивність кукурудзи за органічної системи удобрення // Collection of Scientific Papers «SCIENTIA». – 2023. – № (10 березня). – С. 85-86. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/790 (дата звернення: 04.11.2025).

21. Формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від удобрення в Лівобережному Лісостепу / Л. М. Єрмакова, Ю. В. Свистунов // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2016. – № 4. – С. 60-62. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2016_4_13 (дата звернення: 04.11.2025).

22. Дерев'янко, О. С., Тонха, О. Л. Оцінка гумусного стану і біологічної активності чорнозему реградованого за застосування різних систем удобрення // Сучасні технології та ефективне землекористування: тези доповідей 72-ї Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції, 8-10 квітня 2019 р. – К., 2019. – С. 28-29. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u391/tezy_2.pdf (дата звернення: 04.11.2025).

23. МАЇС. Для чого і як вносити добрива при вирощуванні гібридів кукурудзи [Електронний ресурс]. – Mais Seeds. – Режим доступу: https://mais-seeds.com/udobreniya-gibridov-kukuruzy (дата звернення: 04.11.2025).

24. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2018. – Вип. 64. – С. 111-122. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://phzt-journal.isgkr.com.ua/64/10.pdf (дата звернення: 04.11.2025).

25. Пропозиція. Удобрення культур у сівозмінах Лісостепу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://propozitsiya.com/articles/ahrokhimiya-dobryva/udobrennya-kultur-u-sivozminakh-lisostepu (дата звернення: 04.11.2025).

26. Latifundist.com. КВС-Україна: інформація про компанію. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://latifundist.com/kompanii/527-kvs-ukraina (дата звернення: 11.11.2025).

27. Kurkul.com. У Кам'янці-Подільському відкрили сучасний насіннєвий завод «КВС-УКРАЇНА». [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://kurkul.com/photo/kompanii/261-u-kamyanets-podilskomu-vidkrili-suchasniy-nasinnyeviy-zavod-kvs-ukrayina (дата звернення: 11.11.2025).

28. KWS SAAT SE & Co. KGaA. KWS в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.kws.com/ua/uk/pro-nas/kompaniya/kws-v-ukrayini/ (дата звернення: 11.11.2025).

29. ТОВ «МАКСФАРМ». Про компанію. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.maxfarm.com.ua/about/ (дата звернення: 11.11.2025).

30. Історія міст і сіл Української РСР. Клімат і рельєф Хмельницької області. Історія заселення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrssr.com.ua/khmeln/klimat-i-relyef-hmeln (дата звернення: 11.11.2025).

31. Безморозний період / В. М. Бабиченко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2003. – Режим доступу: https://esu.com.ua/article-41530 (дата звернення: 11.11.2025).

32. Полонська міська територіальна громада (офіційний сайт). Природа Хмельницької області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pol-otg.gov.ua/priroda-hmelnickoi-oblasti-14-58-53-17-12-2019 (дата звернення: 11.11.2025).

33. Грачев А. Агроґрунтове районування України [Електронний ресурс]. — Географічні карти України (портал «Природа України»). — Режим доступу: https://geomap.land.kiev.ua/zoning-2.html (дата звернення: 11.11.2025).

# ДОДАТКИ