

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ПОГОДЖЕНО
Декан агробіологічного
рослинництва
факультету

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**

“ ___ ” _____ 2025р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

“ ___ ” _____ 2025р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМИ ВИСІВУ
НАСІННЯ НА ЧОРНОЗЕМАХ ТИПОВИХ»**

Спеціальність

201 «Агрономія»

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми
доктор с.-г. наук, професор

Світлана КАЛЕНСЬКА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи,
кандидат с.-г. наук, ст. викладач

Володимир МОКРІЄНКО

Виконала

Анастасія ЛАВРЕНЮК

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри рослинництва
доктор с.-г. наук, професор _____ Світлана КАЛЕНСЬКА
“ _____ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

ЛАВРЕНЮК АНАСТАСІЯ ЛЕОНІДІВНА

Спеціальність	201 «Агрономія»
Освітня програма	«Агрономія»
Орієнтація освітньої програми	освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Продуктивність кукурудзи залежно від норми висіву насіння на чорноземах типових» затверджена наказом ректора НУБіП України від «12» грудня 2024 р. № 2220 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.10.2023.

Вихідні дані до виконання магістерської роботи: попередник кукурудзи на зерно – соняшник. Ґрунт – чорнозем типовий. Ґрунти характеризуються середнім забезпеченням елементами мінерального живлення. Бонітет ґрунтів – 74 бали, що свідчить про високу природну родючість.

Середньобогаторічна кількість опадів за вегетацію кукурудзи – 390 мм. Оподи випадають нерівномірно. Ґрунтові води залягають на глибині 1,5-1,8 м. За вегетацію по капілярах з ґрунтових вод у кореневмісний шар ґрунту надходить 90-110 мм доступної вологи рослинам.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності кукурудзи.

2. Предмет досліджень – елементи технології вирощування, зокрема нові гібриди та формування оптимальної зональної передзбиральної густоти стояння рослин.

3. Аналіз ґрунтових та погодно-кліматичних умов, відповідність фактичної врожайності зерна кукурудзи кліматично-забезпеченій за ресурсами тепла і вологи, опрацювання методики проведення досліджень та агротехніки в досліді.

4. Спостереження, обліки, аналізи та узагальнення експериментальних результатів польових досліджень.

5. Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2024 р.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

Володимир МОКРІЄНКО

Завдання прийняв до виконання

Анастасія ЛАВРЕНЮК

РЕФЕРАТ

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що отримання сталих і високих урожаїв кукурудзи вимагає комплексного підходу до вивчення агрокліматичних умов її вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних зонах. Рациональне використання агрокліматичних ресурсів та оптимізація розміщення посівів стають особливо важливими у зв'язку зі змінами клімату, які призводять до нестійких погодних умов, коливань вологості та температури, а отже, можуть істотно впливати на продуктивність культур.

Метою даного дослідження є оцінка впливу кліматичних змін на агрокліматичні ресурси та формування продуктивності кукурудзи через оптимізацію структури посівів, включаючи підбір гібридів та регулювання густоти стояння рослин. Дослідження передбачали проведення комплексних польових експериментів із удосконалення елементів зональної технології вирощування кукурудзи. Особлива увага приділялась підбору адаптивних і пластичних гібридів різної інтенсивності та оптимізації просторового розміщення рослин шляхом регулювання норми висіву насіння.

Для виконання дослідження застосовувалися сучасні методики дослідної справи, що забезпечує високу науково-методичну цінність роботи та дає змогу отримати достовірні дані щодо впливу густоти посіву і типу гібриду на формування врожайності. Отримані експериментальні результати мають як теоретичне, так і практичне значення: вони можуть бути використані для подальшої розробки та вдосконалення технологічних схем вирощування кукурудзи, оптимізації підбору гібридів та норм висіву, а також для підвищення економічної ефективності та стабільності виробництва в умовах змін клімату.

КУКУРУДЗА, ЗЕРНО, РІСТ І РОЗВИТОК, БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ, ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ, УРОЖАЙНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	9
1.1. Біологічні особливості кукурудзи	9
1.2. Параметри вибору гібридів	14
1.3. Сучасний стан моделювання продуктивності кукурудзи	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА, УМОВИ ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1 Кліматичний опис та метеорологічні умови під час проведення досліджень	23
2.2. Ґрунтові умови проведення досліджень	23
2.3. Агротехніка та методика проведення досліджень	27
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	30
3.1. Ріст і розвиток рослин культури	30
3.2. Лінійний ріст рослин залежно від норми висіву насіння	32
3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи	35
3.4. Елементи структури врожайності кукурудзи залежно від густоти стояння рослин	38
3.5. Економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи	42
ВИСНОВКИ	46
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49

ВСТУП

Кукурудза є найважливішою кормовою культурою. За її рахунок тваринництво забезпечується концентрованими кормами, силосом і зеленою масою. У країнах світу для продовольчих потреб використовується приблизно 20 % зерна кукурудзи, для технічних 15-20 %, на корм худобі 60-65 % [1-3].

Найбільш цінний корм - зерно кукурудзи, яке містить 9 - 12 % білка, 65-70 % вуглеводів, 4-8 % олії, 1,5 % мінеральних речовин. У вигляді кормового борошна, висівок воно добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин, тому є незамінним компонентом комбікормів. Використовують зерно на корм також силосуванням качанів у фазі молочно-воскової стиглості, яке за поживністю мало поступається зерну повної стиглості. Із подрібненого зерна вологістю близько 25 % разом з подрібненими стрижнями качанів виготовляють зерно-стрижневу кормову масу, а тільки з подрібненого зерна з такою самою вологістю - такий новий вид корму, як корнаж.

Кукурудза на зерно за середньої врожайності 60 ц/га разом з побічною продукцією (стеблами, листками) забезпечує вихід з 1 га понад 6,5 тис. кг корм. од. і до 400 кг перетравного протеїну (що дорівнює 75 тис. МДж обмінної енергії). Це значно більше порівняно з іншими зерновими культурами [4].

Проте кукурудза містить недостатню кількість перетравного протеїну – від 60 - 65 г у силосі до 75-78 г у зерні на 1 корм. од. при нормі 110-120 г. Щоб збалансувати раціон за протеїном, тваринам згодують кукурудзу у суміші з бобовими кормовими культурами, в яких на 1 корм. од. припадає 130-250 г перетравного протеїну з достатньою кількістю незамінних амінокислот [5].

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв кукурудзи, необхідне детальне вивчення агрокліматичних умов її вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умов з метою їх

раціонального використання і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси стосовно умов формування продуктивності кукурудзи через оптимізацію структури посівів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити мінливість урожайності кукурудзи;
- дослідити вплив досліджуваних факторів на лінійні процеси;
- визначити вплив можливих змін клімату та норми висіву насіння на фотосинтетичну продуктивність та урожайність кукурудзи;
- визначити індивідуальну продуктивність рослин кукурудзи в залежності від варіантів досліду;
- провести економічну оцінку ефективності виробництва зерна кукурудзи в залежності від густоти посіву.

Об'єкт дослідження – агрокліматичні умови формування урожайності кукурудзи в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження – оцінка впливу норми висіву насіння на продуктивність нових гібридів кукурудзи.

Методи дослідження – методи математичного моделювання продукційного процесу рослин, статистичні та ймовірнісні методи.

Практичне значення роботи. Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування кукурудзи та оптимізації структури посіву нових гібридів кукурудзи P7948, LG 30315 і ДКС 4014.

РОЗДІЛ 1.

АСПЕКТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

1.1. Біологічні особливості кукурудзи

Період, коли кукурудза може активно розвиватися та накопичувати органічну речовину, обмежений датою стійкого переходу середньодобової температури повітря через 10°C. Важливою особливістю теплового режиму кукурудзи є його тривалість у поєднанні із доброю вологозабезпеченістю [6].

Насіння кукурудзи починає проростати при температурі близько 8°C. Однак при такій температурі проростання йде дуже повільно, проростки загнивають і посіви зріджуються. Дослідженнями встановлено, що при запасах продуктивної вологи більше 15 мм у шарі ґрунту 0 – 10 см і температурі 11 – 12°C сходи кукурудзи з'являються через 20 – 25 днів, а при 18 – 22°C – через 6 – 8 днів [7].

Кукурудза добре переносить високі температури (+25...+30°C) до початку цвітіння. Проте в період викидання волотей і появи стовпчиків качанів температури понад 30–35°C суттєво порушують нормальний перебіг цвітіння та процес запліднення. Це пов'язано з тим, що зрілий пилкок кукурудзи, на відміну від багатьох інших рослин, не здатний синтезувати білки, які захищають його від високих температур, тому поєднання високих температур та низької відносної вологості повітря значно знижує ефективність запліднення [8].

Негативний вплив теплового стресу на запліднення найбільш помітний протягом перших 24 годин після випускання пилку, причому чим нижча відносна вологість, тим сильніше проявляється його шкідлива дія. Температури, що перевищують 40°C, практично повністю руйнують пилкок і унеможливають запліднення [7].

Максимальна температура, за якої припиняється ріст кукурудзи, становить +45-47°C. Сума біологічно активних температур, необхідних для

дозрівання скоростиглих гібридів, становить 1800-2000°C, середньоранніх і середньостиглих – 2300-2600°C, пізньостиглих – 3000-3200°C [9].

Заморозки навесні не шкодять кукурудзі, якщо не ушкоджується точка росту. Осінні ж заморозки до рівня нижче мінус 4°C спричиняють відмирання рослин і зниження поживності корму. Високу потребу кукурудзи в теплі треба враховувати при визначенні строків сівби й збирання. Коливання врожайності кукурудзи по роках вирощування у північних регіонах більше залежать від суми температур, ніж від вологи [7].

Кукурудза відносно посухостійка культура, яка для утворення 1 кг сухої речовини витрачає від 174 до 406 кг води. Потреба рослин у волозі змінюється протягом усього вегетаційного періоду. До появи волотей кукурудза переносить нестачу вологи досить добре, проте якщо посуха триває за 10 днів до викидання волотей і протягом 20 днів після цього, врожайність значно знижується. Основною перевагою культури є сильно розвинена коренева система, яка дозволяє ефективно поглинати вологу з ґрунту [9].

Особливо інтенсивно коренева система формується в період найбільшої потреби в волозі та проникає в глибокі шари ґрунту. Крім того, кукурудза здатна поглинати воду частково і через листки. Незважаючи на великий вміст вологи в борошністій частині зерна (32–40% від сухої маси), навесні ґрунт зазвичай забезпечує достатню вологість для набрякання та проростання насіння. У разі сухості верхнього шару ґрунту насіння висівають трохи глибше, щоб забезпечити його нормальне проростання [7].

Нестача води на будь-якій стадії розвитку рослини кукурудзи може призвести до зменшення врожайності. Після утворення на рослинах 8 - 9 листків і особливо з появою волоті потреби кукурудзи у волозі різко зростають. Найбільша потреба кукурудзи у волозі спостерігається в період інтенсивного росту і накопичення сухої речовини, який триває близько 30 днів, починаючи за 10-14 днів до викидання волоті й до настання молочної стиглості зерна (рис.1.1). Нестача вологи в цей критичний період, що часто

супроводжується ще й повітряною посухою, призводить до в'янення рослин, висихання листків, зниження активності фотосинтезу й життєздатності пилку. У результаті знижується запліднення, що, у свою чергу, призводить до череззерниці й зменшення врожайності [6-9].

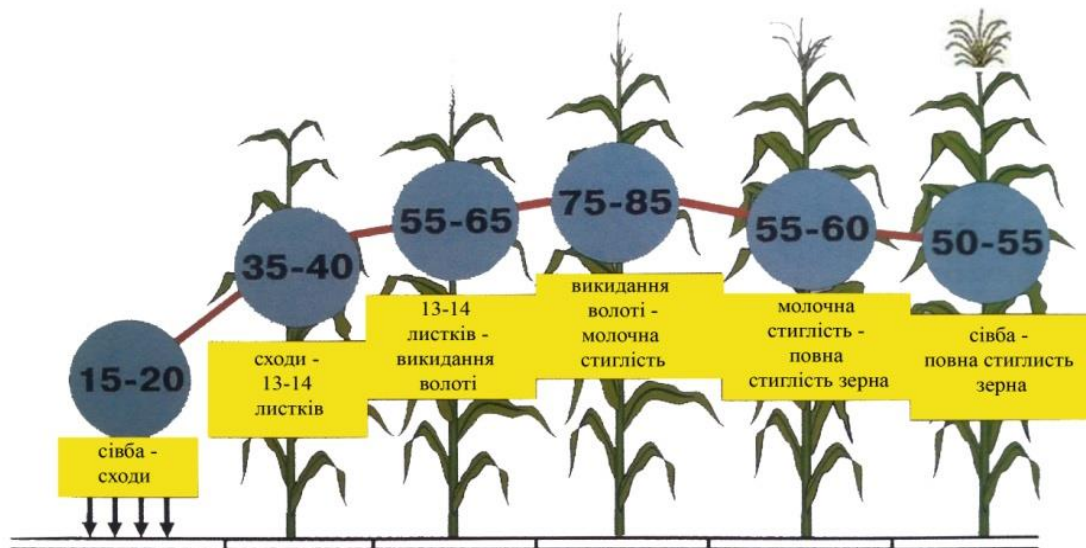


Рис. 1.1 – Сумарне водоспоживання кукурудзи протягом вегетації, м³/га [9]

Нестача у фазі молочної стиглості є причиною передчасного наливу зерна, формування мілкого зерна у верхній частині качана і, як наслідок – до зниження урожаю [10].

У надмірно зволоженому ґрунті проростання насіння кукурудзи значно сповільнюється через обмежений доступ повітря, що часто призводить до його загнивання. Слабкий розвиток кореневої системи ускладнює засвоєння рослинами поживних речовин, особливо фосфору, порушує білковий обмін, спричиняючи пожовтіння листя та зниження врожайності. Оптимальна вологість ґрунту для кукурудзи становить 70–80 % НВ, що забезпечується випаданням улітку до 300 мм опадів [11].

Надлишок вологи, включаючи близьке залягання ґрунтових вод, також негативно впливає на розвиток рослин. У таких умовах порушується проростання насіння, слабшає коренева система, знижується ефективність засвоєння поживних речовин, а листя жовкне, що веде до зменшення врожайності. Особливо шкідливий надлишок опадів у період досягання та

збирання врожаю, оскільки качани піддаються ураженню грибними хворобами, що погіршує якість зерна [4].

Хоча кукурудза характеризується ефективним використанням води, вона більш чутлива до вологого стресу порівняно з іншими культурами. Це обумовлено особливістю морфології квіток: чоловічі та жіночі суцвіття розташовані окремо, але розвиваються синхронно. Якщо вологий стрес спостерігається у критичні фази розвитку суцвіть, це негативно впливає на запліднення, що призводить до порушення всіх наступних фізіологічних процесів і зниження врожайності [11].

Навіть серед рослин, що засвоюють велику кількість світлової енергії, кукурудзі належить одне з перших місць. Цьому сприяє потужний розвиток асиміляційного листового апарату, що нерідко перевищує площу посіву в 3 – 5 разів, а в умовах поливного землеробства навіть більше [4, 6, 9].

Висока продуктивність кукурудзи обумовлена фізіологією фотосинтезу, великою площею листя, а також високою щільністю провідних пучків в них. Кукурудза належить до групи культур (в основному тропічного походження), які здійснюють асиміляцію вуглекислоти в процесі фотосинтезу за ефективною з енергетичної точки зору C4 схемою. Це дає їй ряд істотних переваг у формуванні врожаю [11].

За даними дослідників, кукурудза характеризується підвищеним коефіцієнтом корисної дії фотосинтетичної активної радіації (ККД ФАР), який становить 0,4–1,1 %, тоді як у пшениці цей показник коливається в межах 0,2–0,5 %. Приріст біомаси у кукурудзи досягає 50–54 г/м² на добу, у той час як у рослин групи C3 цей показник становить 34–39 г/м². Високий коефіцієнт поглинання сонячної енергії пояснюється також значно більшою вмістом хлорофілу у листках кукурудзи порівняно з іншими культурами. Це забезпечує швидке накопичення біомаси та формування високого врожаю за короткі строки. Для ефективного фотосинтезу кукурудза потребує оптимальної освітленості на рівні 27–32 люкс при тривалості світлового дня близько 12–14 годин [4, 10].

Кукурудза – рослина короткого дня, найшвидше вона переходить у генеративну фазу розвитку при тривалості світлового дня в 8-9 годин. При тривалості світлового дня понад 12-14 годин вегетативна фаза й весь вегетаційний період подовжуються. Тому гібриди для північних регіонів вирощування кукурудзи повинні бути генетично пристосованими до умов довгого дня. Один і той же гібрид утворює у північних районах більшу кількість міжвузлів і листків, ніж у південних [7].

Існує оптимальне співвідношення між розвитком листової поверхні рослин, світловим режимом і продуктивністю посівів кукурудзи. Численні дослідження показують, що за сприятливих умов водопостачання та ґрунтового живлення оптимальна площа листя становить 30–35 тис. м²/га [12].

При такому співвідношенні забезпечується найефективніше використання світла та високий рівень продуктивності рослин. Подальше збільшення листової поверхні або загущеність посівів погіршує світловий режим нижніх і середніх листків, що зменшує їхню фотосинтетичну активність та, як наслідок, врожайність. За даними багаторічних досліджень [13], оптимальна густина стояння рослин для гібридів зернового напрямку в зоні Лісостепу залежить від групи стиглості: ранньостиглі – 60–65 тис./га, середньоранні – 55–60 тис./га, середньостиглі – 45–50 тис./га, середньопізні – 30–35 тис./га. Щодо зеленої маси, оптимальна густина становить: ранньостиглі – 120 тис./га, середньоранні – 110–120 тис./га, середньостиглі – 90–100 тис./га, середньопізні – 90 тис./га [14].

Світловий режим є не лише джерелом енергії для фотосинтезу, а й важливим чинником розвитку кукурудзи. Від рівня освітленості залежить інтенсивність росту, формування листового апарату та продуктивність, що має значення для селекційної роботи та підбору гібридів, найбільш адаптованих до конкретних умов середовища.

Вимоги кукурудзи до ґрунтів тісно пов'язані з кліматичними умовами. За обмеженої вологості суглинкові ґрунти більш придатні для вирощування,

ніж піщані, через їхню більшу вологоємність. У північних регіонах з недостатнім теплом та підвищеною вологістю краще підходять добре окультурені легкі суглинки, супіски й піски, які швидше прогріваються навесні.

Кукурудза може рости на будь-яких ґрунтах із рН 5,6–7,2. При підвищеній кислотності врожайність знижується, а при рН <5,0 можливе падіння врожайності до 30 % [5,7]. Менш придатними є важкі, ущільнені, засолені, перезволожені ґрунти та ґрунти з високою кислотністю. Для отримання стабільних високих урожаїв необхідне систематичне покращення таких ґрунтів [7].

Кукурудза є культурою тривалого вегетаційного періоду та високо вимогливою до мінерального живлення. Вона здатна ефективно засвоювати поживні речовини протягом усього циклу розвитку. На формування 1 т зерна з відповідною кількістю листостеблової маси рослина споживає 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору та 25–30 кг калію. Для отримання врожаю на рівні 4,5–5,0 т/га кукурудза виносить із ґрунту 110–150 кг азоту, 45–60 кг фосфору та 115–150 кг калію [4].

1.2. Параметри вибору гібридів

За врожайністю гібридне насіння кукурудзи значно перевищують насіння сортів. Найбільшу прибавку врожаю дає гібридне насіння першого покоління. За способом отримання гібриди можуть бути міжсортіві (від схрещування двох різних сортів), сортолінійні (від схрещування сорту із самозапильною лінією) та міжлінійні (від схрещування самозапильних ліній).

Міжлінійні гібриди бувають прості (від схрещування двох самозапильних ліній), подвійні (від схрещування двох простих міжлінійних гібридів), трилінійні (від схрещування простого міжлінійного гібрида з лінією) та п'ятилінійні (від схрещування трилінійного та простого міжлінійного гібридів).

При виборі гібриду кукурудзи першочергово необхідно враховувати особливості природно-кліматичної зони, оскільки умови значно відрізняються навіть у межах одного господарства. Поля можуть мати різні типи та родючість ґрунтів, попередників, методи обробітку, а також різну вологозабезпеченість. Тому правильний підбір гібридів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов та напрямку використання (зерно чи силос) є ключовим фактором для отримання високих врожаїв і відповідних економічних результатів. Оцінка кліматичних умов вирощування також визначає вибір гібридів за групою стиглості [6].

Згідно з класифікацією ФАО, увесь світовий асортимент гібридів кукурудзи поділяється на дев'ять основних груп, де за основу систематики взято бали від 100 до 900. Одна одиниця у балах ФАО відповідає різниці між гібридами в 0,1 % сухої речовини в качанах, а різниця в 10 балів ФАО приблизно відповідає 1–2 дням різниці у дозріванні або 1–2 % у вмісті сухої речовини в качанах при однакових термінах збирання [9,13].

За тривалістю вегетаційного періоду гібриди та сорти кукурудзи класифікують на ранньостиглі (90–100 днів), середньоранні (105–115 днів), середньостиглі (115–120 днів), середньопізні (120–130 днів) та пізньостиглі (135–140 днів) [4,7,13]. Така систематика дозволяє точніше підбирати гібриди під конкретні кліматичні умови та строки використання продукції.

Для досягнення стійкого виробництва і надійного визрівання зерна, а також для скорочення витрат енергії та палива на збирання врожаю необхідно дотримуватись орієнтованого співвідношення різних біотипів кукурудзи в агрокліматичних зонах:

- у лісостеповій: ранньостиглих – 25-35 %; середньоранніх – 55-65 %; середньостиглих – 5-15 %;

- у степовій південній: ранньостиглих – 5-10 %; середньоранніх – 25-35 %; середньостиглих – 55-65 %;

- у степовій східній: ранньостиглих – 10-20 %; середньоранніх – 30-40%; середньостиглих – 45-55 % [6].



Рис.1.2 – Підбір гібридів за ФАО до ґрунтово-кліматичних умов [9]

Правильно підібравши відповідні та придатні для конкретної місцевості гібриди, створивши сприятливі умови для їх вирощування, можна забезпечити повний прояв їх економічно цінних властивостей (закріплених генетично). Гібриди кукурудзи за генетичним потенціалом та вимогами до умов вирощування розподіляють на гібриди [4,8]:

- інтенсивного типу (для одержання максимальних врожаїв на високих агрофонах);
- помірно-інтенсивного типу (для отримання стабільних врожаїв на полях з нестабільним агрофоном);
- адаптивні (для одержання гарантованого врожаю в умовах нестабільних погодних умов на бідних за поживним складом ґрунтах).

Потенціал урожайності гібриду – головний параметр, за яким обирають кукурудзу. Якщо потенціал урожайності гібрида дуже високий, але низька вологовіддача, то необхідно розраховувати на значні витрати на післязбиральну доробку зерна. Тому швидка вологовіддача є однією з тих ознак, на які слід звертати увагу. Адже швидка вологовіддача дає змогу

зібрати урожай у заздалегідь сплановані терміни, а також суттєво заощадити на досушуванні зерна [7].

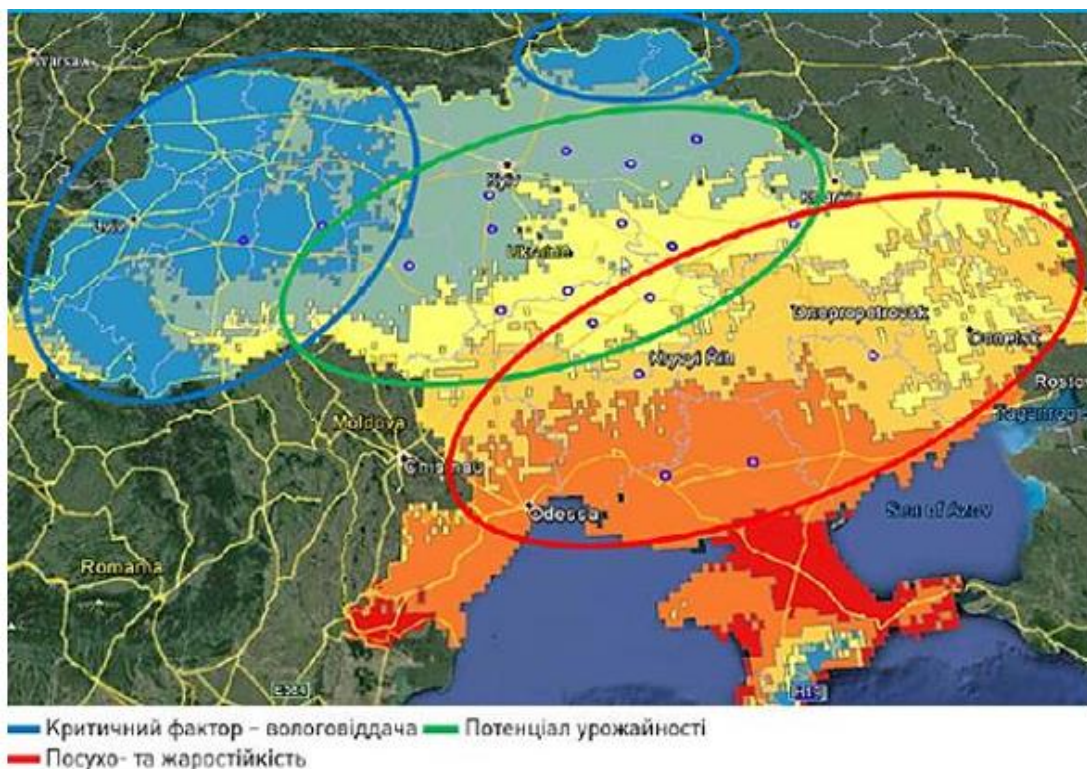


Рис. 1.3 – Районування кукурудзяного поясу за ризиками [7]

У сучасних умовах, коли раніше достатньо зволожені зони поступово трансформуються в регіони з обмеженою кількістю вологи, посухостійкість стає ключовою агрономічною ознакою. У районах, де річна кількість опадів становить близько 330–360 мм, доцільно віддавати перевагу посухостійким гібридам кукурудзи. За останні роки волога залишається основним лімітуючим фактором вирощування кукурудзи, тому необхідно обирати такі гібриди, які забезпечують стабільну продуктивність навіть за умов недостатнього зволоження [2,4,11].

Холодостійкість також є важливою характеристикою гібридів, оскільки вона дозволяє проводити сівбу на ранніх стадіях при температурі ґрунту $+7-8^{\circ}\text{C}$ на глибині загортання насіння. Завдяки цьому можна зміщувати строки збирання на більш ранні терміни та зменшувати негативний вплив страхових гербіцидів, особливо при їхньому застосуванні після похолодання [9].

Протягом усього вегетаційного періоду, а також під час зберігання, кукурудза може уражуватися більш ніж 100 видами патогенів – грибів, бактерій, деяких вірусів та мікоплазм. Багато з цих захворювань перебувають у ґрунті в прихованій формі, що ускладнює їх своєчасне виявлення і профілактику, навіть при дотриманні сівозміни та агротехнічних заходів.

Окрім цього, стійкість до вилягання є критичною для ефективного збирання врожаю. Гібриди, які мають високу стійкість, забезпечують легше та швидше збирання з мінімальними втратами, а також дозволяють розтягнути період збирання в часі за наявності несприятливих погодних умов [11-13].

1.3. Сучасний стан моделювання продуктивності кукурудзи

Ріст, розвиток рослин та формування врожаю - це складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність та спрямованість яких визначається генотипом та факторами зовнішнього середовища, з яких вирішальний вплив має клімат. Саме від особливостей клімату району вирощування залежить кількість та якість урожаїв.

На сучасному етапі розвитку аграрної науки особливу актуальність набуває застосування методів математичного моделювання для оцінки впливу змін клімату на продукційний процес сільськогосподарських культур. Використання математичних моделей дозволяє комплексно врахувати причинно-наслідкові зв'язки між погодними умовами та продуктивністю рослин, що особливо важливо у контексті прогнозування наслідків кліматичних змін [12-15].

Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи оцінювався з урахуванням сучасних агротехнічних заходів та наявних сортів і гібридів, з припущенням, що їх характеристики суттєво не змінюватимуться. Для аналізу агрокліматичних умов враховувалися такі показники температурного режиму під час вегетаційного періоду кукурудзи:

дати сівби та основних фаз розвитку, середні температури повітря за міжфазні періоди, а також суми активних температур за весь період вегетації.

Щодо вологості, аналіз проводився на основі сум опадів за міжфазні періоди, загальної суми опадів за вегетаційний період у міліметрах та у відсотках від кліматичної норми, а також сумарного випаровування, випаровуваності та вологозабезпеченості за весь період вегетації.

Для оцінки фотосинтетичної продуктивності посівів використовувалися показники розміру фотосинтезуючої поверхні, фотосинтетичного потенціалу, кількісні прирости рослинної біомаси, а також суха маса цілих рослин і їх окремих органів. Кількісні значення цих показників представлені як за базових, так і за сценарних умов (рис. 1.4), що дозволяє оцінити потенціал продуктивності кукурудзи у різних кліматичних ситуаціях.

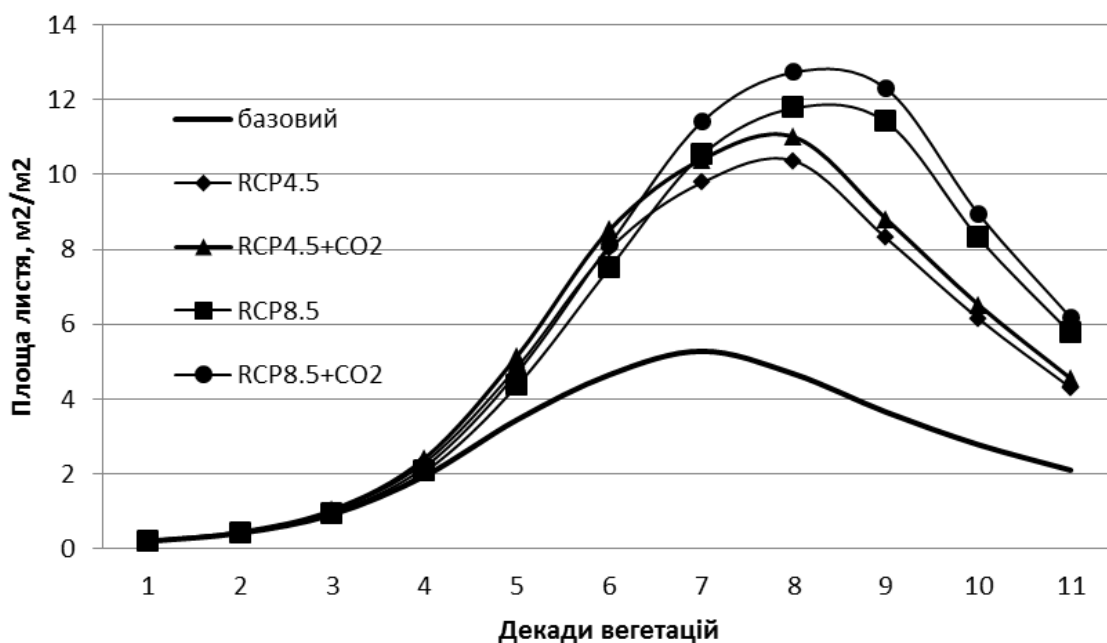


Рисунок 1.4 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву кукурудзи за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5

На рисунку 1.4 представлена динаміка накопичення відносної площі листя кукурудзи в умовах зміни клімату за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 для

умов Вінницької області. Можна бачити, що ріст відносної площі листя посіву кукурудзи найбільш інтенсивно проходить у шосту - сьому декади вегетації, а у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення.

Основні показники фотосинтетичної продуктивності посівів за базовими та сценарними умовами суттєво відрізняються (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи та сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5

Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів, $\text{м}^2/\text{м}^2$ за вегетаційний період	Загальна суха біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай зерна, ц/га
	площа листкової поверхні, $\text{м}^2/\text{м}^2$	приріст загальної сухої біомаси, $\text{г}/\text{м}^2$ за день			
1986–2005 рр,	5,3	31,1	300	1435	71
<i>RCP4,5</i>	10,4	48,1	557	2153	84
<i>RCP4,5</i> + CO ₂	11,0	51,1	588	2283	89
Різниця*	5.1-5.7	17-20	257-288	718-848	13-18
Різниця у %*	96-108	55-64	86-96	50-59	18-25
<i>RCP8,5</i>	11,8	52,5	632	2347	97
<i>RCP8,5</i> + CO ₂	12,7	56,3	682	2528	105
Різниця*	6.5-7.4	21.4-25.2	332-382	912-1093	26-34
Різниця у %*	123-140	69-81	111-127	64-76	37-48

За прогнозами зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 очікується збільшення максимальної відносної площі листя кукурудзи до $10,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$, тоді як у базовий період цей показник становив $5,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При одночасному підвищенні концентрації CO₂ максимальна відносна площа

листя зросте до $11,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Аналіз даних таблиці 1.3 свідчить, що за цих умов відносна площа листя в декаду підвищиться до $5,1\text{--}5,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$, що відповідає $96\text{--}108 \%$ від базового рівня.

За більш екстремальним сценарієм RCP8.5 максимальна відносна площа листя зросте ще суттєвіше – до $11,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а при збільшенні CO_2 – до $12,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ порівняно з $5,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ у базовий період. Відповідно, декадна відносна площа листя підвищиться до $6,5\text{--}7,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$, що становить $123\text{--}140 \%$ від початкового рівня.

Ці результати свідчать про суттєве підвищення потенціалу фотосинтетичної поверхні кукурудзи за рахунок зміни кліматичних умов та підвищення концентрації CO_2 , що може позитивно вплинути на формування врожайності, особливо в умовах інтенсивного землеробства.

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси зерна, а також кінцевого урожаю зерна при стандартній вологості (рис. 1.5).

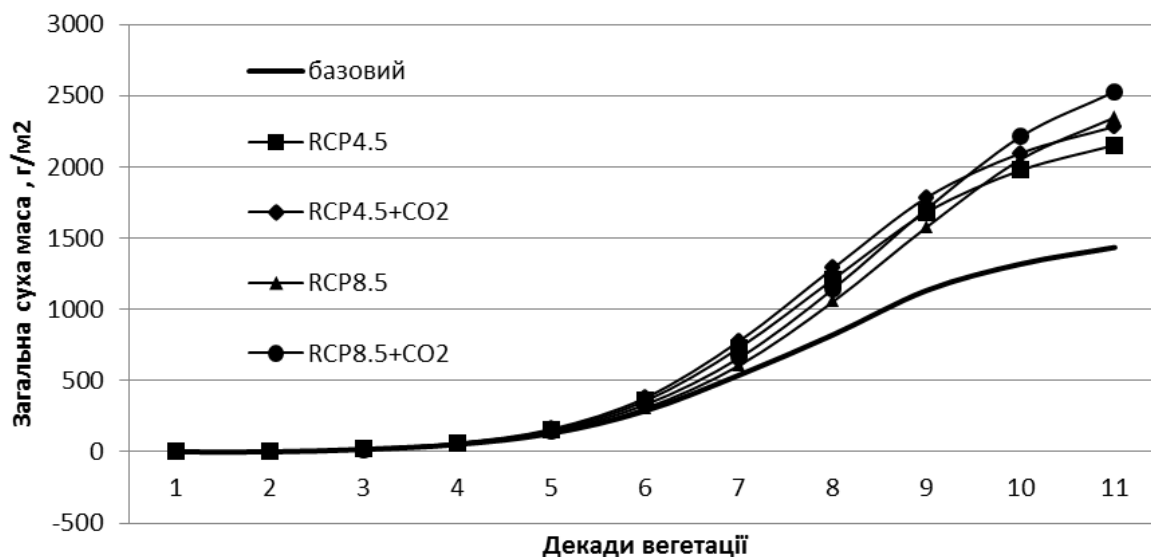


Рисунок 1.5 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву кукурудзи за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5

Накопичення загальної сухої біомаси до дев'ятої декади вегетації проходить досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси спостерігаються в 10 – 11 декадах вегетації.

За рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP4.5 приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 31.1 до 48.1 г/м² за день. З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це значення буде ще більшим - до 51,1 г/м² за день. Тобто зростання становить відповідно 17 та 20 г/м², або 55-64%. За прогнозами зміни кліматичних умов за сценарієм RCP8.5 приріст сухої загальної біомаси кукурудзи в період максимального росту підвищиться з 31,1 до 52,5 г/м² на добу. З врахуванням підвищеного вмісту CO₂ в атмосфері цей показник зросте ще більше – до 56,3 г/м² на добу. Таким чином, абсолютне збільшення складе 21,4–25,2 г/м², що відповідає приросту 69–81 %.

За базових кліматичних умов загальна суха біомаса посіву кукурудзи на кінець вегетаційного періоду становить 1435 г/м². З врахуванням змін кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 вона зростає до 2153 г/м², а при підвищеному рівні CO₂ – до 2283 г/м², що відповідає збільшенню на 718–848 г/м² або 50–59 %. За сценарієм RCP8.5 суха загальна біомаса досягає 2347 г/м², а при врахуванні підвищеного CO₂ – 2528 г/м², тобто зростання становить 912–1093 г/м² або 64–76 %.

Ці зміни безпосередньо впливають на врожайність зерна. За сценарієм RCP8.5 у період 2021–2050 рр. очікується збільшення урожаю зерна кукурудзи з 71 до 97 ц/га, тобто на 26 ц/га (37 %). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері додатково збільшить урожай до 105 ц/га, що на 37 ц/га або 48 % більше порівняно з базовим рівнем.

Ці результати підкреслюють суттєвий позитивний вплив зміни клімату та підвищення рівня CO₂ на продуктивність кукурудзи, що особливо важливо для планування агротехнологій та оптимізації структури посівів у майбутньому.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА, УМОВИ ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Кліматичний опис та метеорологічні умови під час проведення досліджень

Клімат у цій місцевості характеризується помірно-континентальним, де літо жарке і сухе, а зима – м'яка, з нестійкими морозами та відлигами. Континентальність проявляється в різких та частих коливаннях річних і місячних температур повітря, опадів та інших агрометеорологічних показників. Тривалість вегетаційного періоду для сільськогосподарських культур становить в середньому до 230 днів, а безморозний період – до 190 днів.

Зими в даному регіоні зазвичай м'які, з рідкісними морозами та періодичними відлигами, хоча інколи спостерігаються і суворіші зимові умови. Середня температура найхолоднішого місяця – січня – становить приблизно від -6 до -8°C . Сніговий покрив зазвичай невеликий, досягає 10–20 см, а середня глибина промерзання ґрунту складає близько 35 см. Часті сильні зимові вітри здувають сніг з відкритих степових ділянок, що призводить до зменшення поверхневого вологозабезпечення ґрунту.

Весна починається досить рано, супроводжуючись швидким підвищенням температури повітря, зниженням відносної вологості та збільшенням кількості сонячних днів. Це сприяє ранньому старту вегетаційного періоду сільськогосподарських культур і формуванню базового вологозапасу за рахунок талих вод.

Літо в регіоні характеризується жарким і сухим кліматом. Середня температура найтеплішого місяця – липня – коливається в межах $+23$ – 25°C , хоча іноді високі температури можуть встановлюватися вже з червня і тривати до кінця серпня. Внаслідок швидкого випаровування вологи утворюється її дефіцит у верхніх та глибших шарах ґрунту. Основні резерви

грунтової вологи формуються переважно за рахунок осінніх опадів і води від весняного сніготанення. Однак навіть ці джерела не завжди забезпечують достатнє вологозабезпечення, що створює додаткові обмеження для нормального росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Осінь настає при переході середньодобових температур повітря через 10°C. Особливістю осіннього періоду є сталий теплий період з сонячною погодою.

Вегетаційний період 2023 року був відмічений швидким розвитком весняних процесів. Температура повітря вночі переважно була в межах 2-8°C тепла, іноді на початку квітня місяця були навіть приморозки місцями 1-6°C. Вдень температура коливалася від 12 до 23°C. За квітень випало 190,8 мм опадів (86% від норми), і середня температура повітря виявилася вищою за норму на 1,5°C, становлячи 11,5°C.

Весняний період відзначився достатньою кількістю опадів. Це мало позитивний вплив на рослини кукурудзи, оскільки вологою було достатньо. Тривалість сонячного сяйва за весняний період була вища за норму і склала 694,4 години, порівняно з нормою в 589,9 годин. Середня відносна вологість повітря також була трохи нижчою за норму, становлячи 69,3%, при нормі 71%.

Перехід середньодобової температури повітря через 10°C відбувся 25 квітня. Сума ефективних температур повітря, які перевищують 10°C, до кінця травня склала 443,9°C. Сівбу кукурудзи вдалося провести 05 травня, з відставанням від норми на десять днів. 20 травня вже було відзначено початок фази сходів рослин.

Аналіз метеорологічних даних та порівняння їх із середньобагаторічними даними показав, що кліматичні умови в регіоні сприяють формуванню високих і сталих урожаїв кукурудзи. Проте, через недостатню кількість опадів та велике надходження тепла, потенційні можливості не завжди можуть бути реалізовані повністю.

2.2. Ґрунтові умови проведення досліджень

Чорноземи характеризуються наявністю двох основних горизонтів – верхнього (горизонт А) та підзолистого (горизонт В). Верхній горизонт має темне забарвлення завдяки високому вмісту гумусу, який може досягати 5–6% і більше, що робить ці ґрунти надзвичайно родючими. Родючість чорноземів оцінюється у відсотках вмісту органічних речовин та поживних елементів.

Основні елементи живлення в чорноземах представлені наступним чином:

- Азот (N): зазвичай коливається від 0,112% до 0,164%, що забезпечує достатнє живлення рослин на початкових етапах росту.
- Фосфор (P): вміст складає 0,068–0,090%, що сприяє формуванню сильних корневих систем і розвитку вегетативної маси.
- Калій (K): в межах 2,10–2,33%, необхідний для підвищення стійкості рослин до стресових умов та забезпечення високої продуктивності.

Чорноземи мають добре розвинену гранульовану структуру, яка полегшує проникнення повітря і води, сприяє активному росту кореневої системи та оптимальному використанню поживних речовин. Рівень вологозабезпеченості таких ґрунтів варіюється залежно від погодних умов та конкретного розташування поля, однак завдяки своїй структурі чорноземи зазвичай утримують достатні резерви вологи, що робить їх сприятливими для вирощування як зернових, так і кормових культур.

Фізичні властивості чорнозему типового середньосуглинкового ґрунту на лесі є прийнятними для вирощування сільськогосподарських рослин (табл. 2.1).

Аналіз водно-фізичних властивостей ґрунту за даними таблиці 2.1 показує, що чорнозем у шарі 0–30 см має щільність 1,24 г/см³, польова вологоємність 42,1% та вологість стійкого в'янення 9,1%. Це свідчить про достатню пористість і водопроникність верхнього шару, що забезпечує гарне проростання насіння та розвиток кореневої системи кукурудзи.

Таблиця 2.1 - Водно-фізичні властивості ґрунту, 2025

Шар ґрунту, см	Показники		
	щільність складення, г/см ³	польова вологоємність, %	вологість стійкого в'янення, % сухого ґрунту
0-30	1,24	42,1	9,1
0-50	1,3	40,4	10
0-100	1,37	40,1	9,4

У шарі 0–50 см щільність ґрунту підвищується до 1,3 г/см³, а польова вологоємність трохи знижується до 40,4%, при цьому вологість стійкого в'янення становить 10%. Це говорить про достатнє вологозабезпечення для коренів середньої глибини, що важливо для стійкості кукурудзи до короткочасних посух.

У глибокому шарі 0–100 см щільність ще більша – 1,37 г/см³, польова вологоємність трохи знижується до 40,1%, а вологість стійкого в'янення – 9,4%. Така структура ґрунту дозволяє накопичувати значні запаси води у період засухи та забезпечує підтримку росту кукурудзи у фазі інтенсивного розвитку біомаси і формування качанів.

В цілому, водно-фізичні показники ґрунту відповідають вимогам кукурудзи: верхній шар достатньо пухкий для проростання насіння, середній і глибокий шари утримують вологу для забезпечення оптимальної продуктивності рослин протягом вегетаційного періоду.

Отже, аналіз ґрунтових умов засвідчив, що достатній вміст органіки (вміст гумусу 3,5%) та вище середнього рівня забезпеченість елементами живлення здатні забезпечувати формування високої врожайності кукурудзи. Погодно-кліматичні умови свідчать про можливий лімітований вплив, зокрема нерівномірний розподіл опадів та дефіцит ґрунтової вологи, на рівень реалізації генетичного потенціалу нових гібридів та ефективність використання природних ресурсів.

2.3. Агротехніка та методика проведення досліджень

Для проведення двофакторного досліду з кукурудзою був використаний метод розщеплених ділянок. Дослід проводився в триразовій повторності. Площа для посіву кукурудзи на кожній ділянці становила 70 м², а площа, яка підлягала обліку, складала 50 м². Польові дослідження проводилися відповідно до методик дослідної справи [21-25].

Схема досліду:

Фактор А – гібриди кукурудзи:

1. Р7948 (ФАО 210);
2. ЛГ30315 (ФАО 280)
3. ДКС4014 (ФАО 320).

Фактор В – норма висіву насіння, тис. шт./га:

- 1.60 тис/га.
- 2.70 тис/га.
- 3.80 тис/га.

Польові дослідження супроводжувалися такими спостереження, обліками та аналізами:

– густоту стояння рослин визначали на фіксованих ділянках за отримання повних сходів та у фазу повної стиглості зерна кукурудзи [21-25]. Для забезпечення відповідної схемі експерименту щільність посіву рослин кукурудзи проводили за різними стандартами, розрахованими за формулою:

$$N = 0,1 \times K \times A \times L \times P \times H \times P \pm 10\%,$$

де N – норма висіву, кг/га;

K – необхідна кількість рослин на 1 га, тис. шт;

A – маса 1000 насінин, г;

L – лабораторна схожість насіння,%;

P – польова схожість насіння,%;

H – чистота насіння,%;

P – схожість насіння (коефіцієнт).

– фенологічні спостереження кукурудзи проводили за фенологічними

фазами росту і розвитку рослин відповідно до методики дослідної справи в агрономії [21-25]. Початком фази вважалося настання її у 10% рослин, а повної фази – у 75%. Під час фенологічних спостережень було визначення наступних фаз росту та розвитку культури: сходи, 3-5 листків, 9-10 листків, викидання волоті, початок молочно-воскової та повна стиглість зерна;

– висоту рослин вимірювали за настання кожної фази росту та розвитку [21-25];

– визначення площі листкової поверхні за фенологічними фазами обліковували методом біометричних показників [21-25]. Площу листкової поверхні визначали лінійним методом. Розрахунок проводився за формулою:

$$S = 0,67 \times L \times b,$$

де S – площа поверхні листа, $см^2$;

L – довжина листа, $см$;

B – найбільша ширина листка, $см$;

0,67 – коефіцієнт для перерахунку.

– міжфазний фотосинтетичний потенціал кукурудзи (ФП) розраховували за формулою [23]:

$$\text{ФП} = L1 + L2 \times 1000 \times T,$$

де ФП – фотосинтетичний потенціал, $м^2/га$ на добу;

L1, L2 – площа асиміляційної поверхні в певні фази розвитку, $тис. м^2/га$;

T – тривалість міжфазного періоду, $днів$.

– відбір рослин для аналізу структури урожаю проводили за Методикою державного сорто випробування польових культур [23];

– економічну оцінку визначали розрахунковим методом за технологічною картою вирощування кукурудзи, враховуючи ефективність досліджуваних елементів технології вирощування;

– математичну обробку результатів проводили з використанням методів дисперсійного і статистичної оцінки середніх показників, у відповідності до методики [24].

Попередником у досліді була озима пшениця. Основний обробіток ґрунту включав дискування на глибину 10-12 см, а у разі активного проростання бур'янів проводили оранку на глибину 25-27 см. Мінеральні добрива вносили відповідно до розрахункової норми методом балансу – N90P60K60. Ранньовесняне закриття вологи виконували за фізичної стиглості ґрунту під кутом до основного обробітку. У міру відростання бур'янів здійснювали культивацію на глибину 4-6 см, а передпосівну культивацію – на глибину заробки насіння.

Сівбу кукурудзи проводили при температурі ґрунту 8–10°C широкорядним способом з міжряддям 70 см. Норма висіву насіння визначалася залежно від варіантів досліді, з урахуванням групи стиглості та продуктивності гібридів.

Для захисту посівів застосовували інтегровану систему захисту рослин. Під передпосівну культивацію вносили ґрунтовий гербіцид Прімекстра, який забезпечує контроль однорічних дводольних та злакових бур'янів. У фазу 5–7 листків застосовували післясходовий гербіцид Елюміс для придушення подальшого росту бур'янів. У разі появи шкідників і розвитку хвороб проводили захисні обробки інсектицидами та фунгіцидами згідно з регламентом і на основі фітосанітарного моніторингу.

Збирання врожаю проводили при вологості зерна 22–25%, що забезпечувало оптимальні умови для зберігання та подальшого використання зерна.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Ріст і розвиток рослин культури

Вивчення та аналіз впливу елементів технології вирощування на перебіг ростових процесів сільськогосподарських рослин дає змогу встановити оптимальні параметри агротехніки для забезпечення раціонального використання та перерозподілу факторів виробництва (елементів живлення, вологи, світла та тепла) в агрофітоценозі з метою отримання бажаної продуктивності. З метою вивчення особливостей динаміки росту та розвитку рослин кукурудзи в досліді проводили фенологічні спостереження та вимірювання висоти рослин.

Тривалість вегетаційного періоду кукурудзи є важливою морфологічною та біологічною ознакою, яка визначається насамперед генетичними характеристиками конкретного гібрида [13]. Водночас швидкість росту та розвитку рослин значною мірою залежить від зовнішніх факторів, зокрема температурного режиму. Для переходу кукурудзи з однієї фенофази в іншу необхідна певна кількість ефективних температур. Так, для досягнення повної стиглості рослинам необхідно накопичити від 700 до 1100°C ефективної температури [6, 15, 18]. Крім того, на швидкість онтогенетичного розвитку кукурудзи певною мірою впливає і технологія вирощування, включаючи методи обробітку ґрунту, режим живлення та захист від шкідників.

Важливим фактором, який також може коригувати строки настання фаз росту та розвитку кукурудзи, є густота стояння рослин. Дослідження показують, що густе посівне розміщення може впливати на тривалість міжфазних періодів у гібридів різних груп стиглості. Так, деякі науковці [7, 15] відзначають, що загушення посівів призводить до подовження вегетаційного періоду на 3–5 днів. Водночас інші дослідження [6, 26] свідчать, що площа живлення окремої рослини не має суттєвого впливу на

строки настання фенологічних фаз, що свідчить про складну взаємодію генетичних і зовнішніх факторів у розвитку кукурудзи.

Таким чином, тривалість вегетаційного періоду кукурудзи формується під впливом як внутрішньої (генетичної), так і зовнішньої (кліматичної та агротехнічної) складових. Розуміння цих взаємозв'язків дозволяє більш точно прогнозувати строки досягання гібридів та оптимізувати технології їх вирощування для досягнення високої продуктивності.

У міру загушення посівів період від сходів до цвітіння волоті у середньостиглих гібридів збільшується, а від цвітіння до повної стиглості зерна, навпаки, скорочується. У скоростиглих гібридів ці терміни не залежали від густоти рослин кукурудзи [16].

Таблиця 3.1

Тривалість міжфазних періодів гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, днів, 2025

Гібриди	Густота стояння рослин, тис/га	Тривалість періодів, днів				
		сівба – сходи	сходи – цвітіння волоті	цвітіння волоті – молочна стиглість	молочна – повна стиглість	сходи – повна стиглість
Р7948 (ФАО 210)	60	9	65	16	25	106
	70	9	65	16	25	106
	80	9	65	16	25	106
ЛГ30315 (ФАО 280)	60	9	67	17	26	110
	70	9	67	17	27	111
	80	9	67	17	27	111
ДКС4014 (ФАО 320)	60	9	70	19	27	116
	70	9	70	19	28	117
	80	9	72	21	28	121

Наші дослідження показали, що починаючи з утворення 11–13 листка (фаза виходу в трубку) спостерігається подовження тривалості міжфазних періодів. Це явище пов'язане з посиленням конкуренції між рослинами в посіві за світло, що тісно взаємопов'язане з температурним режимом, і саме цей взаємозв'язок спричиняє збільшення тривалості розвитку рослин.

Наприклад, у гібриду Р7948 тривалість міжфазного періоду «сходи–цвітіння волотей» становила 65 днів, у ЛГ 30315 – 67 днів, а у ДКС 4014 – 70–72 дні. Різниця в тривалості цього періоду обумовлена переважно генетичними особливостями гібридів. Лише у випадку ДКС4014 збільшення норми висіву з 60 до 80 тис./га призвело до подовження періоду на 2 дні. Аналогічна закономірність спостерігалася і під час генеративного періоду розвитку кукурудзи, коли густина стояння рослин могла певним чином коригувати тривалість окремих фаз розвитку.

Дослідження також показали, що збільшення густоти посіву з 60 до 80 тис./га у середньоранніх гібридів Р7948 і ЛГ 30315 практично не впливало на тривалість вегетаційного періоду. Натомість у гібриду ДКС4014 спостерігалася збільшення тривалості вегетації з 116 до 121 дня. На нашу думку, це явище пов'язано з різною архітектонікою листкового апарату досліджуваних гібридів: у Р7948 та ЛГ 30315 рослини мали еректофільне розташування листків, тоді як у ДКС4014 – напіверектоїдне, що впливає на світлову конкуренцію та фотосинтетичну активність.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що тривалість міжфазних періодів та загальна вегетація кукурудзи визначаються комплексною взаємодією генетичних особливостей гібридів та агротехнічних факторів, зокрема густоти посіву та характеру листкової архітектоніки.

3.2. Лінійний ріст рослин залежно від норми висіву насіння

Одним із основних агротехнічних заходів, що створюють передумови для отримання високих урожаїв кукурудзи, є чітко визначена густина рослин у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Цей фактор суттєво впливає на

строки проходження основних фенологічних фаз, темпи росту і розвитку, формування продуктивності кукурудзи [27].

Однією з ключових характеристик розвитку рослин, яка в значній мірі залежить від рівня зволоження ґрунту, доступності мінерального живлення та густоти стояння, є їх висота. На процеси росту гібридів кукурудзи істотний вплив має також освітленість окремих ярусів рослин у посіві, що безпосередньо визначається їх щільністю. В умовах обмеженого зволоження, під час посушливих років або навіть у більш вологих регіонах, збільшення густоти посіву зазвичай призводить до зменшення висоти рослин, що пояснюється конкуренцією за воду та світло. Водночас у разі достатнього забезпечення ґрунту вологою підвищення норми висіву ранньостиглих гібридів не спричиняло значних змін у лінійному рості кукурудзи, демонструючи, що при оптимальному водопостачанні рослини здатні ефективно рости навіть за високої густоти стояння [28].

У період досягнення рослинами максимальної висоти у вологий рік вона зростала від зріджених до загущених посівів, а в посушливий – знижувалася, що пояснюється посиленням конкуренції між рослинами за основні фактори життєдіяльності і особливо за вологу. За біологічними властивостями середньопізні гібриди формували більшу висоту, ніж ранні [29].

Серед факторів, що значною мірою визначають врожайність і якість збирання кукурудзи, особливе значення має висота прикріплення качанів. Вплив густоти посіву та біотипу конкретного гібрида на цей показник трактують по-різному. Так, у ряді досліджень, проведених із різними гібридами, було встановлено, що загущення посівів часто сприяє збільшенню відстані між поверхнею ґрунту та місцем прикріплення качана на рослині. Це явище можна пояснити посиленою конкуренцією між рослинами за світло та поживні речовини, внаслідок чого стебла витягуються, піднімаючи качани вище від ґрунту [30].

Нашими дослідженнями встановлено, що при встановленні особливостей лінійного росту виявлено морфологічні особливості гібридів та вплив кількісного розміщення рослин (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Біометричні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння, 2025

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Висота стебла, см		Висота прикріплення качанів, см	Діаметр стебла, мм
		в фазу 9-10 листків	в фазу цвітіння волотей		
Р7948 (ФАО 210)	60	89,9	188,8	84,2	28,7
	70	89,0	195,0	83,5	28,4
	80	88,3	212,1	82,2	28,2
ЛГ30315 (ФАО 280)	60	88,5	217,9	97,5	30,1
	70	87,7	223,5	97,2	29,8
	80	85,3	231,2	96,8	27,9
ДКС4014 (ФАО 320)	60	87,2	212,0	92,1	31,6
	70	87,2	217,6	93,1	30,8
	80	86,0	225,3	92,1	29,7

Дослідженнями встановлено, що до початку утворення 9-10 кукурудза відначалася повільним ростом, після чого добовий приріст складав залежно від гібридів від 8 до 12 см щодоби. До фази 9-10 листків вплив норми висіву насіння на біометричні показники не відмічено.

Найвищими рослини кукурудзи були у фазу цвітіння волотей, досягаючи висоти 188,8–231,2 см. Після цього періоду спостерігалось зменшення висоти рослин, що пояснюється перенаправленням поживних речовин у бік формування зерна. Збільшення норми висіву з 60 до 80 тис. рослин на гектар призвело до зміни архітекtonіки гібридів, що зумовлено погіршенням світлового режиму всередині посіву та проявом так званого явища «загального витягування рослин» у загущених посівах. Найвищими

рослини у досліді були гібриду ЛГ30315, які досягли 231,2 см при нормі висіву 80 тис./га.

Наші дослідження показали, що висота кріплення качанів перебуває в прямій залежності від загальної висоти рослини. У гібридів Р7948 та ДКС4014 початок формувався на висоті відповідно 84 та 93 см, тоді як у ЛГ30315 – на 97 см. Різниця у висоті кріплення качанів зумовлена не лише рівнем росту рослини, а й її генетичними та морфологічними особливостями, зокрема розвитком вторинної ярусної кореневої системи. Було встановлено, що гібриди, які формують 6–8 ярусів вторинної кореневої системи, зазвичай закладають початок на одну пару листків вище порівняно з менш розгалуженими гібридами.

Важливо зазначити, що збільшення густоти посіву понад оптимальну може призвести до стеблового вилягання рослин. Тому визначення площі живлення слід проводити з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону та морфологічних особливостей гібридів, щоб забезпечити максимальну врожайність і стійкість посіву.

3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи

Сортова технологія вирощування інтенсивних гібридів кукурудзи спрямована на максимальну мобілізацію їхніх біологічних потенціалів шляхом створення оптимальної структури посівів, забезпечення сприятливих умов для росту та розвитку рослин і, як наслідок, формування високого врожаю.

За даними дослідників, у період активної вегетації рослини кукурудзи використовують лише 0,5–1% від загальної кількості фотосинтетично активної радіації (ФАР), яка потрапляє на посіви, або 1–2% від поглиненої радіації. Проте, завдяки сучасним досягненням науки та впровадженню нових гібридів, системному внесенню мінеральних добрив для реалізації запланованих урожаїв, а також застосуванню ефективних засобів захисту

рослин у промислових умовах, реальний рівень використання фотосинтезуючої активної радіації може досягати 3,5–4%.

Ефективність використання ФАР значною мірою залежить від розміру асиміляційної поверхні рослин, яка формується під впливом густоти посіву, інтенсивності росту та розвитку рослин, а також рівня забезпеченості їх поживними речовинами та водою. Відповідне поєднання цих факторів дозволяє оптимізувати фотосинтетичну активність і, як наслідок, підвищити продуктивність гібридів кукурудзи [5,14,18,26].

Розміри асиміляційного апарату рослин, тривалість його функціонування та продуктивність фотосинтезу є визначальними у формуванні врожаю кукурудзи. Існує пряма залежність між площею листків і накопиченням сухої речовини на одиниці посівної площі.

Важливою морфобіологічною ознакою гібридів є загальна кількість листків на рослині, яка практично не змінюється. Проте кількість життєздатних листків зазнає значних змін під впливом факторів середовища, які визначаються агротехнічними заходами і насамперед густотою рослин. За даними вчених [4,12. 27], протягом вегетаційного періоду ріст і всихання листків у гібридів кукурудзи відбувається з різною швидкістю.

У таблиці 3.3 наведено результати фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи. Наші дослідження показали, що гібриди кукурудзи формують найбільшу площу листової поверхні у фазу цвітіння волотей. До моменту молочно-воскової стиглості загальна площа листків зменшилася на 18–22%, що пояснюється підсиханням та частковим відмиранням листків нижнього та середнього ярусів.

У фазу цвітіння максимальну площу асиміляційного апарату спостерігали у гібриду ЛГ30315, яка становила 49,4 тис. м²/га при нормі висіву 80 тис. рослин на гектар, тоді як мінімальні показники були зафіксовані у гібриду Р7948 – 45,9 тис. м²/га. Наші дослідження також виявили, що площа листків окремої рослини при нормі висіву 60 тис. рослин/га була більшою, ніж при 80 тис./га. Це пояснюється посиленням

конкуренції за мінеральні елементи, воду та світло в більш щільних посівах, що призводить до обмеження розвитку листової поверхні на одну рослину.

Таким чином, густина посіву та морфологічні особливості гібридів істотно впливають на формування асиміляційної поверхні, що, у свою чергу, визначає ефективність фотосинтезу та потенціал урожайності кукурудзи.

Таблиця 3.3

**Фотосинтетичні показники рослин кукурудзи залежно від густоти
стояння рослин, 2025**

Гібриди	Густина стояння рослин, тис/га	Площа листків, тис м ² /га		ЧПФ, г/м ² за добу	ФП, млн. м ² днів/га
		9-10 листків	цвітіння волотей		
Р7948 (ФАО 210)	60	14,3	38,6	5,6	1,12
	70	15,8	43,4	7,8	1,35
	80	16,5	45,9	8,7	1,63
ЛГ30315 (ФАО 280)	60	15,3	40,9	6,5	1,17
	70	17,8	47,2	8,6	1,87
	80	18,7	49,4	8,2	1,58
ДКС4014 (ФАО 320)	60	14,7	39,1	5,8	1,34
	70	16,7	45,6	9,0	2,01
	80	18,2	47,7	8,2	1,75

Показник, який характеризує ефективність накопичення сухої речовини, є чиста продуктивність фотосинтезу. Дослідженнями встановлено, що найбільш ефективно фотосинтез проходив на посівах гібриду ДКС4014 при нормі висіву 70 тис/га – 9,0 г/м² за добу. Аналогічна закономірність відмічена у ЛГ30315 – 8,6 г/м² за добу. У середньораннього гібриду Р7948 найбільш інтенсивно поглинання СО₂ відбувалося на варіанті з нормою висіву 80 тис/га, що пов'язано з еректофільним розміщенням листового апарату.

Фотосинтетичний потенціал посівів (ФПП) – показник, який вказує на сумарну асиміляційну поверхню, яка бере участь у фотосинтезі у певний

період вегетації рослини [14]. Величина фотосинтетичного потенціалу характеризує потужність розвитку асиміляційного апарату та здатність посівів ефективно засвоювати фотосинтетично активну радіацію [19].

Найбільший фотосинтетичний потенціал формувався у гібриду ДКС4014 – 2,01 млн. м² днів/га при нормі висіву 70 тис/га, у гібриду ЛГ30315 при нормі висіву 70 тис/га – 1,87 млн. м² днів/га. У гібриду Р7948 найвищий показник ФП формувався при нормі висіву 80 тис/га.

Отже, фотосинтетична діяльність гібридів кукурудзи обумовлювалася генетичними особливостями та морфологічними ознаками, а також нормою висіву насіння.

3.4. Елементи структури врожайності кукурудзи залежно від густоти стояння рослин

Важливим етапом наукової роботи є аналіз структури посівів. Його вивчення та аналіз дають змогу встановити взаємозв'язок елементів технології вирощування з особливостями росту і розвитку рослин, специфікою використання ними природних і антропогенних факторів, перебігом виробничого процесу та формуванням кількісних показників урожайності, ступінь розкриття потенційних можливостей гібриду культури за різних умов вирощування.

При вивченні структурних параметрів врожайності сільськогосподарських культур слід перш за все враховувати вплив генотипу рослини. Саме генетичні характеристики визначають основні потенційні показники врожайності, і технологічні прийоми вирощування не можуть кардинально змінити властивості, закладені у виді чи сорті.

Зміни структури врожаю під впливом агротехнології відбуваються переважно через різний рівень реалізації генетичного потенціалу конкретного гібрида. Іншими словами, технологічні фактори, такі як норма висіву, удобрення, зрошення або обробіток ґрунту, не створюють нових характеристик, а лише сприяють максимальному або частковому розкриттю

потенціалу, закладеного селекціонерами. Тому ефективне поєднання агротехнологічних прийомів і вибору високопродуктивного гібрида є ключем до досягнення стабільно високого врожаю.

Одним із ключових показників структури врожаю кукурудзи є вихід зерна з качанів. Високий вихід якісного зерна безпосередньо підвищує економічну ефективність вирощування культури. Крім того, цей показник може слугувати опосередкованим маркером інтенсивності агротехніки: більша озернистість качана свідчить про те, що технологія вирощування сприяє максимально ефективному розкриттю біологічного потенціалу культури та здатна забезпечити рослину необхідними умовами для росту і розвитку.

Важливо також враховувати фізичні розміри товарного качана, оскільки вони визначають не лише врожайність, а й товарну привабливість продукції. Дослідження показали, що параметри розмірів качанів значною мірою залежать від застосованих агротехнологічних факторів, таких як густота посіву, рівень удобрення та зрошення, що підкреслює важливість комплексного підходу до технології вирощування.

Ще одним важливим показником продуктивності кукурудзи є кількість утворених товарних качанів на одній рослині. Для більшості сучасних гібридів цей показник коливається в межах 1–2 качанів за умов дотримання раціональної агротехніки, що дозволяє досягати високої врожайності без негативного впливу на якість зерна.

Таким чином, комплексне оцінювання врожайності кукурудзи включає як кількісні показники (вихід зерна, кількість качанів), так і якісні характеристики (розміри та озернистість качанів), що відображає ефективність обраної агротехнології та потенціал конкретного гібрида.

На основі проведених польових досліджень встановлено, що рівень урожайності гібридів кукурудзи зумовлений площею живлення, погодними умовами та групою стиглості гібридів. Найвища урожайність формувалася у

випадку досягнення компенсаційної межі між урожайністю та їх кількістю на площі для конкретного гібрида (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин, 2025

Гібрид	Норма висіву насіння, тис./га	Елементи структури врожаю кукурудзи			
		кількість качанів на 100 рослинах	кількість зерен з качана, шт	маса 1000 зерен, г	маса зерна з рослини, г
P7948 (ФАО 210)	60	132	540	231	124,7
	70	124	524	219	114,8
	80	110	512	210	107,5
ЛГ30315 (ФАО 280)	60	126	544	248	134,9
	70	112	518	235	121,7
	80	102	496	217	107,6
ДКС4014 (ФАО 320)	60	121	524	261	136,8
	70	108	498	250	124,5
	80	100	432	222	95,9

Дослідженнями встановлено, що із збільшенням норми висіву насіння елементи структури врожаю знижувалися, що пов'язано із зменшенням площі живлення рослин, і як наслідок, посиленням конкуренції за основні фактори життєдіяльності. Найбільшу масу 1000 зерен у дослід досліджувани гібриди формували при нормі висіву 60 тис/га – 231-261 г. Найбільша маса 1000 зерен відмічена у гібриду ДКС 4014 – 261 г, що і вплинуло на масу зерна з рослини – 136,8 г. У гібридів кукурудзи ЛГ30315 і P7948 цей елемент структури врожаю становив – 134,9 і 124,7 г.

Також слід відмітити морфологічні відмінності гібридів у формуванні кількості початків на рослин. Більш схильним до утворення більшої кількості початків мав середньоранній гібрид Р7948 – від 110 до 132 шт на 100 рослинах.

Таким чином, збільшення густоти стояння з 60 до 80 тис/га зумовило зменшення показників елементів структури врожаю, що пов'язано з посиленням конкуренції між рослинами в посіві за фактори життєдіяльності, зокрема за вологу, світло та елементи мінерального живлення.

Кінцевим показником ефективності агротехнологічних заходів в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є урожайність зерна (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норми висіву насіння, т/га, 2025

Гібриди	Норма висіву насіння, тис./га	Елементи структури врожаю		Урожайність, т/га
		передзбиральна густина, ти/га	маса зерна з рослини, г	
Р7948 (ФАО 210)	60	57	124,7	7,1
	70	66	114,8	7,6
	80	73	107,5	7,8
ЛГ30315 (ФАО 280)	60	56	134,9	7,6
	70	67	121,7	8,2
	80	74	107,6	8,0
ДКС4014 (ФАО 320)	60	58	136,8	7,9
	70	66	124,5	8,2
	80	72	95,9	6,9

Дані таблиці свідчать, що урожайність гібридів кукурудзи залежить від норми висіву насіння, а також від показників структури врожаю, зокрема передзбиральної густоти та маси зерна з однієї рослини.

Для гібриду Р7948 (ФАО 210) спостерігається зростання передзбиральної густоти з 57 до 73 тис./га при збільшенні норми висіву з 60 до 80 тис./га. Водночас маса зерна з однієї рослини зменшувалася від 124,7 г до 107,5 г. Урожайність, однак, зросла від 7,1 т/га при 60 тис./га до 7,8 т/га при 80 тис./га, що свідчить про позитивний ефект більшої густоти посіву, незважаючи на зменшення маси окремого зерна.

Для гібриду ЛГ30315 (ФАО 280) аналогічно збільшення норми висіву призвело до зростання передзбиральної густоти з 56 до 74 тис./га та зменшення маси зерна з рослини від 134,9 г до 107,6 г. Урожайність гібрида зросла з 7,6 т/га при 60 тис./га до максимальних 8,2 т/га при 70 тис./га, а при 80 тис./га трохи знизилася до 8,0 т/га, що свідчить про наявність оптимальної густоти посіву для досягнення максимального врожаю.

Гібрид ДКС4014 (ФАО 320) продемонстрував дещо іншу тенденцію: збільшення норми висіву з 60 до 70 тис./га сприяло зростанню урожайності від 7,9 до 8,2 т/га. Однак подальше збільшення густоти до 80 тис./га призвело до зниження урожайності до 6,9 т/га, що пов'язано із значним зменшенням маси зерна з рослини (з 136,8 г до 95,9 г). Це свідчить про високу чутливість цього гібрида до загущення посівів і підкреслює важливість підбору оптимальної норми висіву для конкретного гібрида.

Отже, загальна тенденція показує, що збільшення норми висіву підвищує передзбиральну густоту рослин, проте маса зерна з однієї рослини, як правило, зменшується. Для досягнення максимальної урожайності важливо враховувати генетичні особливості гібрида та підбирати оптимальну густоту посіву, оскільки надмірне загущення може негативно впливати на масу зерна та знижувати продуктивність окремих гібридів.

3.5. Економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва важливим завданням аграрної науки є розробка і впровадження таких технологій вирощування сільськогосподарських культур, які здатні

забезпечувати високий вихід якісної рослинницької продукції за мінімальних витрат і максимального рівня рентабельності виробництва. Сучасна інтенсивна агротехнологія обов'язково повинна мати високі показники економічної ефективності для конкурентоспроможності в умовах ринкової економіки, оскільки саме вони визначатимуть її цікавість і цінність для сільськогосподарських виробників.

Економічний ефект визначається як корисний результат економічної діяльності, який вимірюється різницею між грошовими доходами та витратами на її здійснення. Економічна ефективність передбачає досягнення максимально можливих результатів при мінімальних витратах живої та уречевленої праці. Одним із найбільш поширених показників економічної ефективності є рівень рентабельності.

Досягнення високого економічного ефекту у вирощуванні кукурудзи залежить, зокрема, від використання сучасних високопродуктивних гібридів та формування оптимальної передзбиральної густоти посіву. Важливо враховувати, що реалізація генетичного потенціалу гібридів значною мірою визначається умовами вегетаційного періоду, зокрема наявністю обмежуючих метеорологічних факторів, таких як нестача вологи або екстремальні температури.

Наразі питання впливу цих факторів на продуктивність кукурудзи досліджено недостатньо, що ускладнює виробникам підбір гібридів для конкретних кліматичних умов. Відсутність зонального районування гібридів ускладнює забезпечення максимальної реалізації їх генетичного потенціалу, а отже, і досягнення високої економічної ефективності вирощування. Це підкреслює необхідність комплексного підходу, який включає як вибір адаптованих гібридів, так і застосування оптимальних агротехнологічних заходів для конкретного регіону.

Дані таблиці свідчать, що густина стояння рослин істотно впливає на урожайність, собівартість продукції, умовно чистий прибуток і рівень рентабельності при вирощуванні різних гібридів кукурудзи на зерно.

Для гібриду Р7948 збільшення густоти стояння з 60 до 80 тис./га призвело до зростання урожайності з 7,1 до 7,8 ц/га. Вартість продукції підвищилася з 59 640 до 65 520 грн./га, а виробничі затрати зросли з 33 000 до 35 000 грн./га. Собівартість виросла незначно, а умовно чистий прибуток зріс від 26 640 до 30 520 грн./га. Рівень рентабельності підвищився від 80,7% до 87,2%, що свідчить про ефективність більшої густоти посіву для цього гібрида.

Таблиця 3.7

**Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно
залежно від густоти стояння рослин, 2025**

Густота стояння рослин, тис./га	Уро- жайність, ц/га	Вартість про- дукції грн./га	Вироб- ничі зат- рати, грн./га	Собівар- тість, 1 ц грн./га	Умовно чистий прибуток на 1га, грн.	Рівень рентабель- ності, %
Р7948						
60	7,1	59640	33000	4648	26640	80,7
70	7,6	63840	34500	4539	29340	85,0
80	7,8	65520	35000	4487	30520	87,2
ЛГ30315						
60	7,6	63840	33000	4342	30840	93,5
70	8,2	68880	34500	4207	34380	99,7
80	8	67200	35000	4375	32200	92,0
ДКС 4014						
60	7,9	66360	33000	4177	33360	101,1
70	8,2	68880	34500	4207	34380	99,7
80	6,9	57960	35000	5072	22960	65,6

У гібриду ЛГ30315 максимальний прибуток і рівень рентабельності спостерігаються при густоті 70 тис./га: урожайність досягла 8,2 ц/га, умовно чистий прибуток – 34 380 грн./га, а рентабельність – 99,7%. Збільшення густоти до 80 тис./га не підвищило економічної ефективності: урожайність трохи знизилася до 8,0 ц/га, прибуток – до 32 200 грн./га, а рентабельність – до 92,0%. Це свідчить про існування оптимальної густоти посіву для максимального економічного ефекту.

Гібрид ДКС4014 проявив високу економічну ефективність при густоті 60–70 тис./га. Так, при 60 тис./га умовно чистий прибуток становив 33 360 грн./га, а рівень рентабельності – 101,1%. При 70 тис./га прибуток незначно зріс до 34 380 грн./га, а рентабельність трохи знизилася до 99,7%. Подальше збільшення густоти до 80 тис./га призвело до суттєвого зниження урожайності до 6,9 ц/га, що зменшило прибуток до 22 960 грн./га та рентабельність до 65,6%. Це свідчить про надчутливість цього гібрида до загущення посівів.

ВИСНОВКИ

1. Починаючи з фази виходу в трубку, тривалість міжфазних періодів кукурудзи подовжується через посилення конкуренції за світло, що взаємопов'язано з температурним режимом. У гібридів Р7948 і ЛГ30315 збільшення густоти посіву майже не впливало на вегетаційний період, тоді як у ДКС4014 висока густота подовжувала його через особливості розташування листків і посилення світлової конкуренції. Таким чином, архітектоніка листового апарату визначає чутливість гібридів до густоти посіву.

2. Рослини кукурудзи до фази 9–10 листків росли повільно, після чого добовий приріст становив 8–12 см, а вплив норми висіву на цей період не відзначався. Найвищими рослини були у фазу цвітіння волотей (188,8–231,2 см), після чого висота зменшувалася через перенаправлення поживних речовин у зерно; збільшення густоти посіву зумовлювало «загальне витягування рослин» та зміну архітектоніки. Висота кріплення качанів прямо залежала від загальної висоти рослини і морфологічних особливостей: гібриди з 6–8 ярусами вторинної кореневої системи формували початок на одну пару листків вище порівняно з менш розгалуженими гібридами.

3. У фазу цвітіння волотей максимальна площа асиміляційного апарату спостерігалася у гібриду ЛГ30315 – 49,4 тис. м²/га при густоті 80 тис./га, тоді як мінімальні показники були у Р7948 – 45,9 тис. м²/га. Площа листків однієї рослини зменшувалася зі збільшенням густоти посіву через посилення конкуренції за світло, воду та поживні речовини. Найвищу ефективність фотосинтезу показав гібрид ДКС4014 при густоті 70 тис./га (ЧПФ – 9,0 г/м² за добу), що відобразилося у максимальному фотосинтетичному потенціалі посівів – 2,01 млн м²·днів/га. Таким чином, фотосинтетична активність і потенціал урожайності кукурудзи визначаються генетичними особливостями гібридів, морфологічною структурою листового апарату та густотою стояння рослин.

4. Дослідження показали, що збільшення норми висіву зменшує елементи структури врожаю через скорочення площі живлення та посилення

конкуренції між рослинами. Найбільшу масу 1000 зерен формували при густоті 60 тис./га – 231–261 г, причому рекордну масу 261 г показав гібрид ДКС4014, що забезпечило максимальну масу зерна з рослини (136,8 г). За кількістю початків найбільш продуктивним виявився середньоранній гібрид Р7948, формуючи 110–132 початки на 100 рослин, що свідчить про генетично зумовлені морфологічні особливості гібридів.

5. Збільшення норми висіву підвищує передзбиральну густоту всіх досліджуваних гібридів, але одночасно зменшує масу зерна з однієї рослини. Для гібридів Р7948 і ЛГ30315 урожайність зростає до певної густоти (80 і 70 тис./га відповідно), після чого подальше загущення незначно знижує продуктивність, що вказує на існування оптимальної густоти посіву. Гібрид ДКС4014 виявив високу чутливість до загущення: при 80 тис./га урожайність різко знизилася, підкреслюючи необхідність точного підбору норми висіву для максимального реалізації його потенціалу

6. Економічна ефективність гібридів кукурудзи значною мірою залежить від густоти посіву. Для Р7948 урожайність, прибуток і рентабельність зростали зі збільшенням густоти до 80 тис./га, свідчаючи про ефективність більш щільних посівів. Гібрид ЛГ30315 досягав максимального прибутку та рентабельності при густоті 70 тис./га, після чого економічна ефективність знижувалася, тоді як ДКС4014 показав високу чутливість до загущення: оптимальна густота – 60–70 тис./га, а при 80 тис./га спостерігалось суттєве зниження урожайності та прибутку.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Найефективнішим за агрономічними та економічними показниками виявився гібрид ЛГ30315 при густоті посіву 70 тис. рослин на гектар. При такій густоті досягається максимальна урожайність – 8,2 т/га.

Збільшення густоти до 80 тис./га не підвищує продуктивності та економічної ефективності, а зменшення до 60 тис./га призводить до зниження урожайності та прибутку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трубілов О.В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від способів обробітку ґрунту і мінерального живлення. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2012. Вип. 3. С. 114–117.
2. Говенько Р.В., Антал Т.В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. Аграрні інновації. 2022. Вип. 15. С. 22–29.
3. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В. Основи агрометеорології. Одеса: ТЕС, 214. – 148с.
4. О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко Рослинництво: Підручник. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
5. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство: Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / За ред. В. П. Гудзя. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 464 с.
6. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. - Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. - 363 с.
7. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / Під загальною редакцією Д. Шпаара. – К.: Альфа-стевія ЛТД – 2009. – 396 с.
8. Міщенко О.В., Гангур В.В., Даніленко Є.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. Scientific Progress & Innovations. 2024. Вип. 27(2). С. 16–21.
9. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських культур. - Вінниця, 2013. – 724 с.
10. Якунін О.П., Заверталюк В.Ф. Підвищення врожайності кукурудзи в умовах північного Степу. 2022. Вип. 6(36). С. 26–28.

11. Скакун В.М., Марченко Т.Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. Аграрні інновації. 2022. Вип. 16. С. 135–142.
12. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник / Польовий А.М. – Одеса: ТЕС. - 2012. – 630 с.
13. Циков В.С. Кукуруза: технологія, гібриди, семена. – Днепропетровск: Изд-во Зоря. - 2003. – 296 с.
14. Грабовський М.Б. Продуктивність кукурудзи на силос залежно від густоти стояння рослин / М.Б. Грабовський, Т.О. Грабовська // Агробіологія. – 2015. - № 2. – С. 77-82.
15. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації) / Черенков А.В., Циков В.С., Дзюбецький Б.В., Шевченко М.С. та ін. // Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2012. – 31 с.
16. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / В.Д. Гречкосій, М.Д. Дмитришак, Р.В. Шатров та ін. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 288 с.
17. Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 101. С. 122–128.
18. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. / За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса. Вид. «ТЕС», 2015. – 520 с.
19. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник / С.М. Степаненко. – Одеса: Екологія, 2013. – 204 с.
20. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем. // Вісник ОДЕКУ. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.

21. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 1 кн. Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.
22. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.
23. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник / В.Г. Дідора, О.Ф. Смаглій, Е.Р. Ермантраут [та ін.]. Київ: «Центр навчальної літератури», 2013. 264 с.
24. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз, В.П. Опришко; за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
25. Тимошенко І. І. Основи наукових досліджень в агрономії / І. І. Тимошенко, З. М. Майщук, Г. О. Косилович. – Львів : ЛДАУ, 2004. – 111 с.
26. Каленська С.М., Таран В.Г. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. Plant Varieties Studying and protection. 2018. Vol. 14(4). P. 141–149.
27. Паламарчук В. Д. Вплив чинників технології на формування маси 1000 зернин і продуктивності гібридів кукурудзи // Агроном. - 2019. - № 4. - С. 86-90.
28. Шульц П. Вплив густоти висіву кукурудзи на урожайність /П. Шульц //Агроном. – 2022. – №5. – С. 45-48.
29. Наукові основи насінництва кукурудзи на зрошуваних землях півдня України / Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковіхін, В.Г. Найдьонов, І.В. Михайленко. – Херсон: Айлант, 2007. – 256 с.
30. Лавриненко Ю.О. Екологічна мінливість показників темпів розвитку рослин кукурудзи / Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковіхін,

П.В. Писаренко // Таврійський науковий вісник: Зб. наук.пр. – Херсон, 2005. – Вип. 40. – С. 46-55.

31. Румбах М.Ю. Оптимізація елементів технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2017. Вип. 9.

32. Іванів, М. О.; Сидякіна, О. В.; Гамула, Є. А. «Вплив умов зволоження, біологічних особливостей гібридів і густоти стояння рослин на вміст сирого протеїну в зерні кукурудзи» – Український журнал природничих наук, 2025.

33. Телеватюк, Б. І. «Вплив біологізації системи живлення та густоти рослин на формування продуктивності рослин кукурудзи» – Аграрні інновації, 2024.

34. Цилюрик, О. І., Тищенко, В. О. «Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність зерна кукурудзи в умовах Північного Степу України» – Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво, 2024.

35. Дудка, М. І., Якунін, О. П. (2023). Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в Північному Степу України – Журнал Зернові культури, 2023, том 7, № 1, с. 76–84.

36. Мокрієнко, В. А., Горбань, А. О., Зозуленко, Д. В., Мойсик, А. І., Балагур, Р. В., Буртовий, М. О., Мокрієнко, В. В., Ільченко, К. О. (2021). Особливості формування оптимальної передзбиральної густоти стояння рослин кукурудзи в умовах ризикованого землеробства. Тези V Міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в освіті, науці та виробництві». – Київ : НУБіП України, с. 91–92.

37. Терновий, Н., Мокрієнко, В. В., Антал, Т. В. (2023). Якість зерна кукурудзи залежно від густоти стояння рослин. Матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Тенденції та виклики аграрної науки ...», Київ, 25–27 жовтня 2023 р., с. 212–213.