

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

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного
факультету

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**

“ ___ ” _____ 2025р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри рослинництва

_____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

“ ___ ” _____ 2025р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА
ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ З РІЗНИМ ФАО»**

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**

Тетяна АНТАЛ

Виконав

Олександр ТЕРЕБУС

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**

ТЕРЕБУС ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

Спеціальність	201- Агрономія
Освітня програма	Агрономія
Орієнтація освітньої програми	Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Формування продуктивності та економічна ефективність гібридів кукурудзи з різним ФАО», затверджена наказом ректора НУБіП України від 12.12.2024 р. № 2220 «С» і подана на кафедру 25.11.2024 р.

Вихідні дані для виконання роботи – дослідження з оптимізації формування раціональної структури посівів сої проводилися на базі ТОВ «Агро КІМ» (Прилуцький район, Чернігівська область) на дерново-підзолистих ґрунтах, які характеризуються середнім забезпеченням елементами мінерального живлення.

Завдання дослідження за темою кваліфікаційної магістерської роботи:

1. Проаналізувати сучасний стан вивчення питання оптимізації технології вирощування сої та узагальнити практичні підходи до формування раціональної структури посівів із урахуванням норми висіву насіння та способу сівби нових сортів для підвищення продуктивності культури.

2. Дослідити ґрунтово-кліматичні умови проведення експериментальної частини та оцінити їх вплив на ріст, розвиток та формування елементів структури врожаю.

3. Опрацювати сучасні методи ведення польових досліджень і їх застосування протягом вегетаційного періоду з урахуванням фаз росту та розвитку, а також оцінити практичну ефективність цих методів.

4. Провести аналіз та наукове обґрунтування результатів польових досліджень, підготувати висновки та рекомендації для виробництва.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Тетяна АНТАЛ

Завдання прийняв до виконання

Олександр ТЕРЕБУС

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
Н	
2. ЕТАПИ ОРГАНОГЕНЕЗУ КУКУРУДЗИ	15
3. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ З РІЗНИМ ФАО (ГРУПОЮ СТИГЛОСТІ)	19
4. ВПЛИВ ФАО НА СТРУКТУРУ ТА ЯКІСТЬ ВРОЖАЮ	23
5. ВПЛИВ ФАО НА СТРУКТУРУ ВРОЖАЮ ТА РЕГІОНАЛЬНУ АДАПТАЦІЮ ПОМИЛКА! ЗАКЛАДКУ НЕ ВИЗНАЧЕНО.	
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1. ҐРУНТОВІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.2. АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ (ЛЮТИЙ ЛІПЕНЬ 2025 РОКУ)	28
2.3. СХЕМА ДОСЛІДУ	30
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ З РІЗНИМ ФАО	32
3.1. ДИНАМІКА ПРОХОДЖЕННЯ ФЕНОЛОГІЧНИХ ФАЗ РОЗВИТКУ	34
3.2. БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ	40
3.3. ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ	43
3.4. СТРУКТУРА ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ	47
3.5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	52
ВИСНОВКИ	53
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57
9	
.....СУЧАСНИЙ СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ:	9

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки, рекомендації для виробництва та список використаних джерел. Основний текст роботи налічує 66 сторінок, містить 12 таблиць, 5 рисунків (включно з графіками) та 44 джерела інформації.

Робота виконана на основі експериментальних досліджень, присвячених вивченню впливу густоти стояння рослин та гібридного складу на продуктивність кукурудзи. Польові дослідження проводилися на малогумусних ґрунтах легкого гранулометричного складу в умовах ТОВ «АГРОКІМ» (Чернігівська обл.) з використанням трьох градацій передзбиральної густоти рослин (60, 70 та 80 тис./га) для гібридів кукурудзи.

За результатами досліджень встановлено, що гібриди кукурудзи однієї групи стиглості по-різному реагують на густоту стояння, що зумовлено особливостями їх архітекtonіки та чутливістю до інтенсивності технології вирощування. Зокрема, гібрид ДКС 3972 демонстрував лінійне зростання врожайності при збільшенні густоти, тоді як ДКС 4109 та ДКС 4031 досягали максимального урожаю при помірній густоті.

Також визначено та обґрунтовано відхилення біологічної та фактичної врожайності зерна кукурудзи, а також розраховано економічну ефективність досліджуваних технологічних елементів.

**КУКУРУДЗА, ГІБРИДИ, ГУСТОТА СТОЯННЯ РОСЛИН,
ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ, РІСТ І РОЗВИТОК,
УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА**

ВСТУП

Актуальність теми. Вибір гібридів для вирощування кукурудзи є одним із ключових факторів, що визначають ефективність виробництва, оскільки впливає на урожайність, якість продукції та економічну віддачу. При цьому слід враховувати напрям використання зерна, групу стиглості гібридів, їх потенційну врожайність, якісні показники зерна, стійкість до основних хвороб та шкідників, а також здатність витримувати несприятливі чинники навколишнього середовища, зокрема посуху, високі температури та дефіцит поживних речовин у ґрунті.

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, яке характеризується високими економічними і енергетичними витратами, дисбалансом цін на енергоносії та продукцію рослинництва, виникає нагальна потреба у науково обґрунтованому підході до формування технології вирощування кукурудзи. Особливе значення має адаптація технологічних заходів до змін клімату та зональних ґрунтово-кліматичних умов. Правильний вибір гібридів кукурудзи, відповідних конкретним агроекологічним умовам, є першим і надзвичайно важливим кроком на шляху до отримання високих та стабільних урожаїв, підвищення ефективності виробництва та зниження ризиків втрат продукції.

Мета досліджень. Метою даної роботи є встановлення впливу густоти стояння рослин на формування врожайності кукурудзи для гібридів різних груп стиглості та визначення оптимальних умов їх вирощування з урахуванням архітектури рослини та інтенсивності технології.

Матеріали та методи. Планування та проведення експерименту здійснювалися відповідно до загальноприйнятих методик польових досліджень. Для аналізу отриманих даних застосовувалися методи агрономічного та статистичного оцінювання, що дозволяють визначити вплив густоти стояння рослин та гібридного складу на основні показники врожайності. Дослідження проводилися в умовах ТОВ «АГРОКІМ» (Чернігівська обл.).

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Кукурудза посідає одне з провідних місць серед стратегічно важливих культур у світовому землеробстві завдяки високій врожайності, універсальності використання та значному економічному потенціалу. Продуктивність цієї культури та економічна ефективність її вирощування безпосередньо залежать від адаптації технології до мінливих кліматичних умов, особливостей ґрунтів та інтенсивності агротехнічних заходів.

Одним із ключових факторів успішного вирощування є правильний вибір гібрида за групою стиглості (ФАО), оскільки він визначає потенційну врожайність, період вегетації та стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів. Відповідний підбір гібриду під конкретні ґрунтово-кліматичні умови є першим і критично важливим кроком для отримання високого і стабільного врожаю.

Ще одним важливим фактором, що безпосередньо впливає на продуктивність кукурудзи, є густина стояння рослин, або норма висіву. Цей агротехнічний показник регулює площу живлення рослин, формує конкуренцію між ними та визначає інтенсивність фотосинтетичної діяльності посівів. Оцінка ефективності різної передзбиральної густоти стояння здійснюється за допомогою показників індексу листової поверхні (ІЛП), чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) та фотосинтетичної продуктивності (ФП), що дозволяє об'єктивно оцінити біологічний потенціал рослин.

Таким чином, всебічне вивчення взаємодії гібрид–густина стояння рослин є надзвичайно важливим для визначення оптимальних параметрів технології вирощування, підвищення врожайності та економічної ефективності виробництва. Саме цим аспектам присвячений перший розділ магістерської роботи, у якому проведено детальний аналіз сучасних наукових даних та результатів досліджень [1-5].

1.1. Сучасний стан і тенденції вирощування кукурудзи у світі та в Україні

Кукурудза (*Zea mays L.*) традиційно посідає одне з провідних місць серед ключових сільськогосподарських культур у світовому аграрному секторі, конкуруючи з пшеницею та рисом за площі посівів. Її глобальна значущість обумовлена широкою універсальністю використання: зерно кукурудзи слугує важливим компонентом харчової промисловості (виробництво олії, крохмалю, цукрів), є високоенергетичним кормом у тваринництві, а також незамінною сировиною для технічних галузей, включно з виробництвом біопалива та інших біотехнологічних продуктів [6-8].

На світовому рівні спостерігається стійкий тренд до зростання врожайності кукурудзи. Це досягається завдяки впровадженню інтенсивних та адаптованих агротехнологій, а також селекції нових високопродуктивних гібридів, які характеризуються підвищеною стійкістю до стресових чинників, таких як посуха, дефіцит поживних речовин та патогени. Лідерами світового виробництва залишаються Сполучені Штати Америки, Китай та Бразилія, які формують основні тенденції на світовому ринку та визначають глобальні ціни на зерно [9].

Для України кукурудза набула статусу стратегічної експортної культури. За останні десятиліття валовий збір цієї культури зріс майже в 6,5 рази, а посівні площі значно розширилися, охопивши навіть ті регіони Лісостепу та Полісся, які раніше вважалися менш сприятливими для теплолюбних рослин. Таке розширення географії вирощування є наслідком двох ключових факторів: глобальних кліматичних змін та інтенсифікації вітчизняного агровиробництва, де вирішальну роль відіграє правильний вибір гібрида та оптимізація густоти стояння рослин. Завдяки цьому Україна стабільно утримує позиції серед провідних світових експортерів кукурудзи, а її експортний потенціал має критичне значення для формування національних валютних надходжень.

Сучасні виклики та тенденції потребують від аграрної науки постійного наукового обґрунтування всіх елементів технології вирощування кукурудзи. Це

дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал гібридів різних груп стиглості, оптимізувати густоту стояння та забезпечити високу продуктивність і економічну ефективність виробництва [31].

Протягом аналізованого періоду США залишалися беззаперечним лідером за рівнем врожайності, збільшивши її з 8,94 т/га до 11,04 т/га, що значно перевищує показники інших країн. Світовий середній показник демонстрував стабільне, проте помірне зростання – з 4,57 т/га до 5,85 т/га. Найнижчі врожайності, незважаючи на позитивну динаміку, традиційно спостерігаються в Індії – 3,38 т/га у фінальному періоді [10].

Таким чином, глобальні та національні тенденції свідчать про те, що підвищення продуктивності кукурудзи можливе лише за умови інтегрованого підходу, який поєднує селекційний потенціал гібридів, оптимізацію густоти стояння та адаптовані агротехнології, здатні забезпечити стабільність виробництва в умовах мінливого клімату та економічної нестабільності.

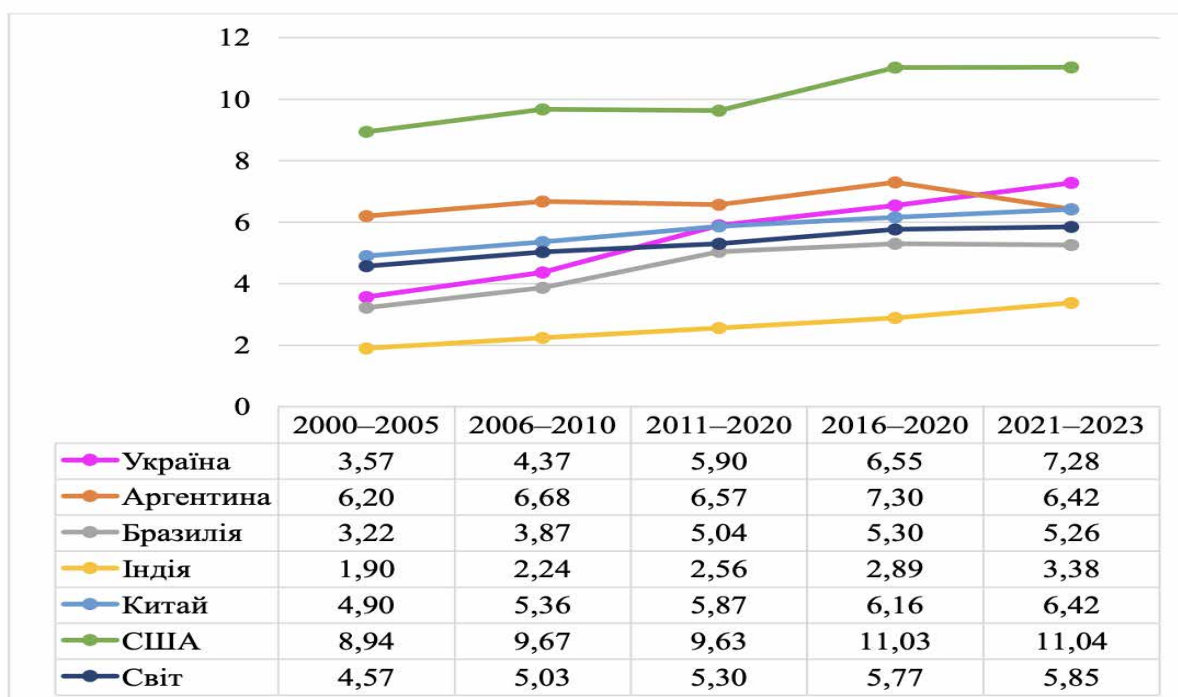


Рис. 1.1 – Порівняльна діаграма рівня врожайності зерна кукурудзи в Україні, країнах-лідерах з виробництва та світі, т/га

Найбільш швидкість зростання продемонструвала Україна. На початку 2000-х років становила лише 3,57 т/га, що суттєво відставало. Проте завдяки

масовим інвестиціям в інтенсивні технології та гібриди, Україна здійснила аграрну революцію - врожайність зростає майже вдвічі, досягнувши 7,28 т/га у період 2021–2023 років. Цей стрімкий стрибок дозволив Україні випередити світовий середній показник і стати однією з найефективніших країн-виробників.

Для порівняння, такі великі конкуренти, як Аргентина та Китай, досягли високих показників, але їхня динаміка була менш вибуховою. Примітно, що у період 2021–2023 років Аргентина, чий показник знизився до 6,42 т/га (після піку 7,30 т/га), та Китай (6,42 т/га) вперше поступилися Україні за рівнем врожайності. Бразилія ж, збільшивши врожайність до 5,26 т/га, так і залишилася нижче середньосвітового рівня [10].

Таким чином, порівняльна діаграма чітко засвідчує успіх України у сфері виробництва кукурудзи: країна перетворилася з відстаючої на глобального лідера, який не лише значно перевищує середньосвітовий показник, але й ефективно конкурує з провідними аграрними державами, за винятком США. Цей прорив є прямим доказом успішної технологічної модернізації та підвищення ефективності українського агросектору.



Рис. 1.2 – Частка регіонів та країн-лідерів у світовому виробництві кукурудзи за 2000–2023 рр.

На основі аналізу динаміки виробництва зерна кукурудзи в Україні з 2000 по 2023 роки можна стверджувати, що країна здійснила колосальний

аграрний прорив, трансформувавшись із незначного виробника на ключового світового гравця на ринку кукурудзи.

На початку 2000-х років обсяги виробництва були скромними, коливаючись у межах 3,6–4,2 млн тонн, і лише до 2008 року ледве сягнули 11 млн тонн. Однак, переломний момент настав у період 2011–2013 років, коли завдяки масовій переорієнтації агросектору, впровадженню інтенсивних технологій та високопродуктивних гібридів відбулося майже трикратне зростання – з 11,953 млн тонн у 2010 році до 30,950 млн тонн у 2013 році.

У наступні роки, до повномасштабного вторгнення, виробництво стабілізувалося на високому рівні, демонструючи стійку тенденцію до встановлення рекордів. Цей успіх досяг своєї вершини у 2021 році, коли було зібрано історичний максимум – 42,110 млн тонн, що чітко засвідчило статус України як аграрної наддержави у цій сфері.

На жаль, руйнівний вплив війни призвів до різкого падіння обсягів у 2022 році до 26,187 млн тонн, що було прямим наслідком окупації територій та критичних логістичних проблем, особливо з експортом. Попри триваючі виклики, 2023 рік засвідчив високу стійкість та швидку здатність до відновлення українських аграріїв, які змогли збільшити виробництво до 31,030 млн тонн, повернувши його до рівня, співставного з довоєнними показниками.

Зростання виробництва кукурудзи в Україні було обумовлене не лише підвищенням врожайності, але й масштабною аграрною експансією. У перше десятиліття, до 2009 року, кукурудза займала відносно невеликі площі, коливаючись від 1,1 до 2,4 млн га, що вказувало на її другорядну роль у сівозміні.

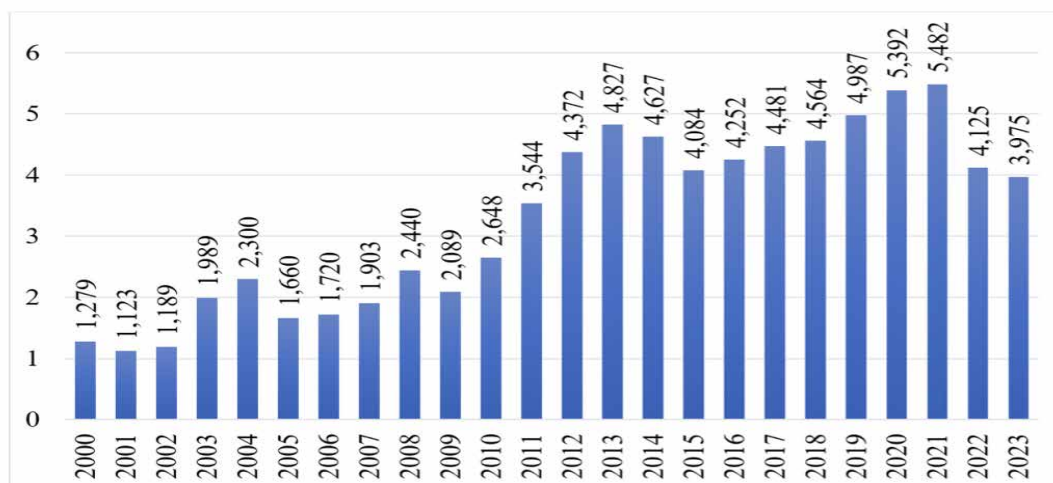


Рис 1.4 – Динаміка площ посівів кукурудзи на зерно в Україні, млн га

Ситуація кардинально змінилася приблизно з 2010 року, коли Україна вступила у фазу стрімкого розширення посівів. За дуже короткий термін площі зросли більш ніж удвічі, досягнувши 4,827 млн га у 2013 році. Це беззаперечно свідчить про системну переорієнтацію аграрної політики, що зробила кукурудзу стратегічною культурою.

Протягом 2014–2021 років площі стабілізувалися на рекордно високому рівні, коливаючись між 4,0 та 5,4 млн га, з історичним максимумом у 5,482 млн га у 2021 році, що забезпечило основу для рекордного врожаю того ж року та закріпило її ключове значення для експортного потенціалу країни. Однак, військова агресія спричинила суттєве скорочення посівних площ: у 2022 році площа знизилася до 4,125 млн га, а у 2023 році падіння продовжилося до 3,975 млн га. Це прямий наслідок окупації земель, високих військових ризиків та логістичних перешкод [10].

Аналіз рівня врожайності зерна кукурудзи в Україні з 2000 по 2023 роки (т/га) демонструє кардинальну технологічну трансформацію аграрного сектору, що стало ключовим фактором успіху країни на світовому ринку.

Уперше десятиліття, до 2009 року, врожайність була нестабільною та низькою (у діапазоні 3,01–4,69 т/га), що відображало залежність від погодних умов та повільне впровадження інтенсивних методів. Стрімкий перелом настав приблизно з 2010 року: врожайність швидко пододала позначку 5 т/га і

стабілізувалася на якісно новому, високому рівні. Завдяки масовим інвестиціям у високопродуктивні гібриди та сучасну техніку, вже у 2013 році показник вперше перевищив 6 т/га (6,41 т/га).

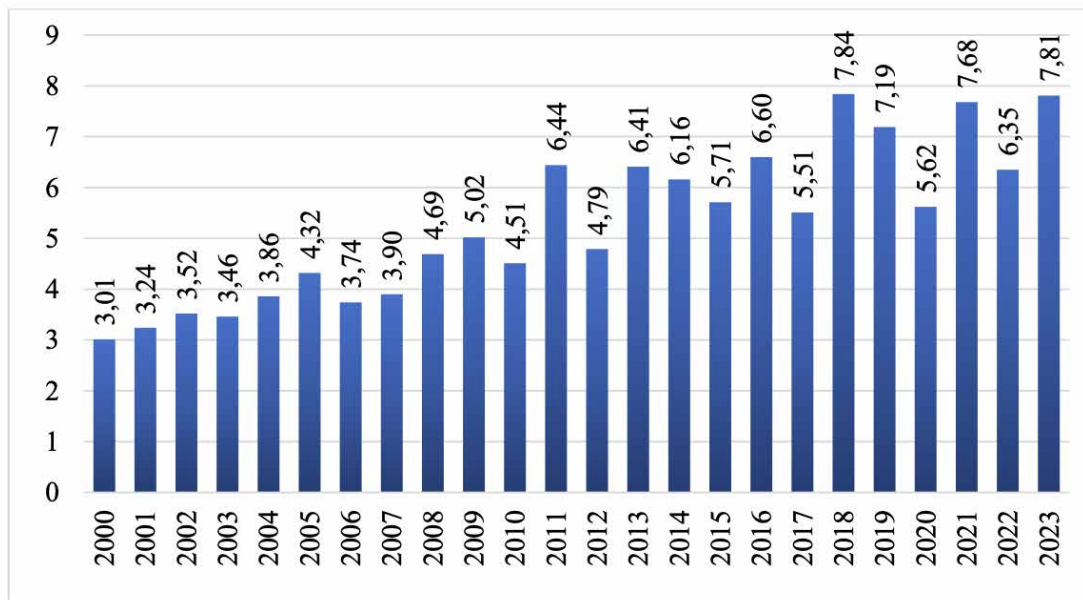


Рис. 1.4 – Динаміка рівня врожайності зерна кукурудзи в Україні, т/га

Протягом 2014–2021 років, попри волатильність, типову для кліматичних ризиків, врожайність демонструвала стійку тенденцію до зростання, досягнувши історичного максимуму у 2019 році — 7,84 т/га. Це підтвердило, що Україна вийшла на рівень ефективності, співставний із провідними світовими виробниками. Дані за 2022 та 2023 роки яскраво ілюструють виняткову стійкість агросектору в умовах військового конфлікту. Хоча у 2022 році врожайність знизилася до 6,35 т/га через логістичні та безпекові труднощі, у 2023 році, в умовах повномасштабної війни, вдалося досягти вражаючого відновлення до 7,81 т/га. Цей показник є другим найвищим за весь аналізований період, що свідчить про високий технологічний потенціал та адаптивність українських аграріїв, які спроможні підтримувати глобально конкурентоспроможну продуктивність навіть у найскладніших умовах [10].

1.2. Етапи органогенезу кукурудзи

Органогенез кукурудзи (*Zea mays L.*), відповідно до класифікації Ф. М. Куперман, включає дванадцять етапів, що відображають якісні зміни в точках росту та диференціацію конуса наростання пагонів, які в подальшому визначають продуктивність рослини [11-15].

Перший етап органогенезу (I етап) охоплює формування паростка, первинної меристеми, зачатків вегетативних органів, зародкової бруньки та диференціацію конуса наростання. Цей етап починається від утворення зиготи. Для проростання насіння необхідні оптимальні умови: вологість близько 44% від маси зерна, тепло (мінімум 10–12°C) та доступ до повітря [7, 16].

Другий етап органогенезу (II етап волоті) охоплює період між сходами та утворенням третього листка. Він характеризується диференціацією вузлів і міжвузлів зачаткового стебла та закладанням вторинної вузлової кореневої системи. У пазухах зачаткових стеблових листків формуються точки росту бічних пагонів. Наявність загущених посівів або сильна конкуренція з бур'янами може уповільнити закладання цих точок росту, що надалі призводить до відставання розвитку качанів та утворення “череззерниці”. Тривалість цього етапу корелює із загальною тривалістю вегетаційного періоду гібрида [7].

Третій та четвертий етапи (III–IV етап волоті, I етап качана) відповідають фазі 3–5-го листка. В цей час завершується формування вегетативних органів, активний ріст конуса наростання, закладається вісь волоті (III етап), а на IV етапі формуються колоскові лопаті та визначається кількість колосків у волоті. В пазухах листків закладаються качани, які формують обгорткові листки (I етап качана).

У цей період починається активний ріст 4–6-го міжвузлів стебла, що є критичним для фосфорного живлення (через 10–15 днів після сівби). Фосфор сприяє розвитку кореневої системи та закладанню репродуктивних органів. Також важливим є забезпечення рослин марганцем (Mn), цинком (Zn) та бором (B).

Шостий етап органогенезу волоті (VI етап) та IV етап качана відповідають фазі 7–9-го листка, коли формується пилок у пиляках. Нестача вологи або елементів живлення може зменшити кількість фертильного пилку та підвищити стерильність, що впливає на озерненість качанів. Це початок критичного періоду азотного живлення, який триває близько 20 днів і забезпечує до 70% сумарної потреби рослини в азоті [7, 17].

Сьомий етап волоті (VII) та V етап качана збігаються з фазою 9–11-го листка, коли активно ростуть покривні органи квітки, завершується формування статевих клітин, міжвузля, що несе волоть, витягується (8–14 см/добу), і розвиваються зачатки двостатевих квіток [7, 12].

Восьмий та дев'ятий етапи волоті (VIII–IX) і VI–VII етапи качана відповідають появі волоті, цвітінню та заплідненню. Визначається фертильність жіночих квіток, відбувається активне поглинання калію та переміщення азоту і фосфору з вегетативних органів до генеративних. Дефіцит бору, цинку, марганцю або магнію негативно впливає на формування зерна та розмір качанів.

Наступні етапи органогенезу качана відповідають наливу та дозріванню зернівки:

- VIII етап – викидання ниток з обгортки;
- IX етап – цвітіння та запліднення;
- X етап – формування зародка та початок молочної стиглості;
- XI етап – молочна стиглість;
- XII етап – воскова стиглість та досягнення повної

фізіологічної зрілості зерна.

На основі аналізу етапів органогенезу та умов росту і розвитку рослин Ф.М. Куперман запропонувала ще одну класифікацію кукурудзи – морфофізіологічну [7].

Перший морфофізіологічний тип – це ультраскоростиглі і ранньо-стиглі гібриди північної селекції. Для них характерні здатність до проростання насіння при нижній межі температури від +6 до +10° С, витривалість сходів до

відносно низьких температур навесні. Перший і другий етапи органогенезу можуть проходити при температурі $+12-16^{\circ}\text{C}$; третій і четвертий етапи – при довгому дні (до 18 годин). Рослини цього типу характеризуються послабленою вибірковістю до спектрального складу світла, що дозволяє формувати не тільки чоловічі, але й жіночі генеративні органи в умовах довгохвильового випромінювання. Для них властиві: невелика висота головного стебла (0,6–2,0 м); невелика кількість вузлів і міжвузлів (8–14); закінчений ріст міжвузлів – «нормальна біологічна крива»; здатність до утворення великої кількості пасинків, у деяких гібридів – формування справжніх кущистих форм; схильність до багатопочатковості; низьке прикріплення початків; розвиток двостатевих верхівкових суцвіть на головному та бічних пагонах; добре розвинені початки на пасинках; розростання «ніжки» початків; висока облистяність бічних пагонів та наявність листкових пластинок на обгортці початка [18].

Другий морфологічний тип – середньостиглі гібриди районів помірного клімату. Рослини цього типу характеризуються середньою тривалістю проходження I–II етапів органогенезу, підвищеною вимогливістю до температур проростання порівняно з гібридами північної селекції; коротшими III–IV етапами органогенезу; здатністю формувати чоловічі суцвіття при довгому світловому дні; проте більшою вибірковістю до спектрального складу світла під час формування жіночих генеративних органів. Середня висота стебла – 2,0–3,5 м; кількість вузлів і міжвузлів – 13–18; «незавершена біологічна крива росту» верхніх міжвузлів; відсутність кущистих форм; слабо виражена здатність до утворення пасинків, на яких формуються лише верхівкові волоті, часто зі стерильними квітками, рідше – гіллясті озернені волоті; схильність до формування двох, а за сприятливих умов – трьох початків на головному стеблі; відносно невисоке прикріплення початків; рідкісна поява двостатевих квіток у верхівкових суцвіттях головного стебла; вкорочена «ніжка» початка; середні розміри листків, що відповідають кількості

вузлів, і слабо розвинені листки на бічних пагонах; відсутність листкових пластинок на обгортках початків [7,18].

Третій морфофізіологічний тип – середньопізньюстигли і пізньюстигли гібриди. Для них характерні проростання насіння при температурі +10–12° С і вище, тривале проходження I–II етапів органогенезу та висока вимогливість до температури на ранніх етапах розвитку; більш тривалі III–IV етапи органогенезу; здатність формувати чоловічі суцвіття та уповільнювати розвиток початків при довгому світловому дні (16–17 годин) і довгохвильовому випромінюванні. Для цього типу характерні: велика висота стебла (від 3,5 м і вище); велика кількість вузлів і міжвузлів (18–26 і більше); «незакінчена біологічна крива росту» верхніх та середніх міжвузлів; повна відсутність куцистих форм; майже повна відсутність пасинків; схильність до формування одного великого початка, рідше двох; надто вкорочена «ніжка» початка; високе прикріплення початка; різко виражена роздільностатевість суцвіть і квіток; значний розрив у часі між формуванням чоловічого та жіночого суцвіть; поява рослин з яскраво вираженою чоловічою стерильністю квіток; довгі, широкі, міцні листки; відсутність листкових пластинок обгортки початка [7].

Четвертий морфофізіологічний тип – тропічні, дуже пізньюстигли гібриди. Стебла досягають 7–9 м, на головному стеблі формується 30–40 листків. Для проходження I–II етапів органогенезу потрібні високі температури, а в умовах тропіків стиглість настає на 150–180-й день. Навіть у південних регіонах при посіві у колекційних розсадниках рослини часто залишаються на III–IV етапах органогенезу початка і формують волоть з недорозвиненими квітками.

П'ятий морфофізіологічний тип – низькорослі гібриди посушливих і напівпустельних регіонів. Вони характеризуються коротким стеблом і міжвузлями. Значний відсоток стерильних квіток волоті через дефіцит вологи на VI–VII етапах органогенезу призводить до слабого розвитку верхніх міжвузлів і цвітіння часто відбувається всередині піхви листка.

Інтродукція різних гібридів з метою акліматизації та широке використання світової колекції при гібридизації кукурудзи призвели до створення нових форм і гібридів із ознаками різних систематичних груп, що ускладнює їх класифікацію за підвидами, різновидами та морфологічними типами.

Таким чином, критичними періодами для формування потенційної врожайності кукурудзи є фаза 2–3 листків (диференціація зачаткового стебла) та фаза 6–7 листків (закладання потенційної продуктивності зародкового качана). Надалі особливо відповідальними є фази формування волоті та качана, що відповідають відповідним етапам органогенезу чоловічого та жіночого суцвіть.

1.3. Біологічні особливості кукурудзи

Кукурудза – теплолюбна культура. Мінімальна температура проростання зерна залежно від сорту коливається від 6 до 10 °С, проте більшість гібридів проростає при 8–10 °С. Фізіологічним нулем для фази проростання вважають 7,5 °С. Різкі коливання денних і нічних температур уповільнюють ріст і розвиток рослин [4, 6, 12,18].

При низьких температурах ріст кукурудзи припиняється, листки жовтіють, а насіння уражується грибковими хворобами. Сходи при середньодобовій температурі 12–13 °С з'являються на 20–22-й день, при 18–19 °С – на 8–9-й день. Виведені біотиби, здатні проростати при 5–6 °С, відзначаються високою холодостійкістю. Деякі гібриди витримують короткочасні зниження температури до –3–4 °С, а окремі навіть до –7 °С без загибелі рослини [4,10,13,15].

Найкраща середньодобова температура для росту та розвитку кукурудзи – 20–23 °С. При 14–15 °С ріст сповільнюється, а при 10 °С – припиняється. Підвищення температури вище 25 °С порушує цвітіння і запліднення; при 30–35 °С збільшується розрив у цвітінні чоловічих і жіночих квіток на 7–8 днів, що

призводить до череззернення. Максимальна температура, при якій ріст припиняється, – 45–47 °С. Мінімальні температури навіть короткочасно можуть пошкоджувати листки: при ураженні до 25 % листкової поверхні рослина відновлюється, понад 50 % – гине [5,9].

Кукурудза характеризується високою продуктивністю фотосинтезу завдяки С-4-циклу, який ефективніший за С-3-цикл інших польових культур. Інтенсивність фотосинтезу значно знижується при температурах нижче 12 °С, а при 30 °С і сильній інсоляції кукурудза в 4 рази продуктивніша за пшеницю [11].

Кукурудза – світлолюбна культура, яка потребує інтенсивного освітлення, особливо в перші 30–40 днів вегетації після появи сходів. Затінення, що виникає через загушення посівів або забур'янення, знижує поглинання рослинами азоту, фосфору, калію та магнію, уповільнюючи формування органів плодоношення.

Світло забезпечує процес фотосинтезу – створення органічних сполук з неорганічних, а також є джерелом тепла, необхідного для росту й розвитку рослин. Кукурудза належить до типових рослин короткого дня: скорочення світлового дня прискорює дозрівання, тоді як тривалість світлового дня понад 12–14 годин подовжує вегетацію. Оптимальна тривалість освітлення для кукурудзи становить 8–10 годин на добу [3,16].

Густота стояння рослин має важливе значення для створення оптимального освітлення посівів. Протягом вегетації кукурудза використовує лише 2–4 % світлової енергії. Ефективність освітлення залежить від відбиття світла, кута нахилу стебла і листка, а також напрямку ряду посіву.

Для нормального розвитку кукурудзи під час вегетації (травень–серпень) потрібно понад 200 мм опадів. Райони з опадами понад 200 мм належать до сприятливих, а ті, що знаходяться південь і східніше, – до напівпосушливих, посушливих або гостро-посушливих.

Хоча кукурудза відносно посухостійка й потребує менше води на одиницю врожаю, загальні витрати вологи на транспірацію та випаровування з

поверхні ґрунту становлять 3000–6000 м³/га. Використання води протягом вегетації нерівномірне: від сходів до 15-го листка (37–39 днів) – 7–8 % від загальної витрати; від 15 листків до середини молочної стиглості (40–42 дні) – 69–73 %; від середини молочної стиглості до повної стиглості (30–35 днів) – 20–22 % [2,7,11].

Для одержання врожаю зеленої маси 700–800 ц/га необхідно 260–300 мм літніх опадів, з яких 70 % використовується у фазі від утворення волоті до повної стиглості. Кукурудза ефективно використовує ґрунтову вологу: її транспіраційний коефіцієнт становить 250–350 л води на 1 кг сухої речовини, що нижче, ніж у інших культур (пшениця – 435, соняшник – 569, цукрові буряки – 397 л/кг). Значення коефіцієнта коливається залежно від ґрунтово-кліматичних умов [19].

Вологозабезпеченість посівів також залежить від попередників. Найбільші запаси води у кореневмісному шарі після збирання залишаються після кукурудзи та зернобобових культур, що майже в 1,5–2 рази перевищує запаси після озимої пшениці, соняшнику, ячменю та цукрових буряків.

Дослідження в США показали, що навіть короткочасне в'янення кукурудзи під час запилення суттєво знижує врожай: 1–2 дні стресу зменшують урожай зерна на 22 %, а 6–8 днів – до 50 %.

Потреба кукурудзи у волозі швидко зростає з розкриттям листкової поверхні і залишається високою до молочної стиглості зерна. Цей період максимального споживання води називають критичним. Його тривалість – близько 30 днів: 8–10 днів до цвітіння і 20 днів після нього. Достатня кількість вологи у цей час забезпечує ефективне запліднення, інтенсивний ріст і розвиток рослин та максимальне накопичення сухої речовини [9,16].

У ранньостиглих гібридів у період від появи 9–10 листка до молочної стиглості споживалося близько 80 % загальної вологи за вегетацію. Зокрема, у фазі 9–10 листків – приблизно 24 %, а у наступний період – 54 %. Середньодобове споживання води становило 34 м³/га та 64 м³/га відповідно.

У фазі молочно-воскової стиглості питоме та загальне споживання води зменшується майже вдвічі порівняно з попередньою фазою. Середньостиглі гібриди мають схожу закономірність, але у період 9–10 листків – викидання волоті їхнє споживання води було на 14 % вищим, ніж у ранньостиглих гібридів [11,18].

У розвитку кукурудзи виділяють два важливі етапи щодо забезпечення головними елементами живлення: фаза 5–7 листків та період від появи 9–10 листків до повного викидання волоті [4,16].

У перший період відбувається закладання репродуктивних органів. Від наявності поживних елементів, особливо фосфору, залежить кількість качанів і зерен на рослині. Рослини ростуть повільно, споживання елементів живлення невелике, а коренева система ще недостатньо розвинена, щоб поглинати поживні речовини з важкодоступних форм. Тому в цей час кукурудза особливо чутлива до наявності в ґрунті легкозасвоюваного фосфору. Через 10–15 днів після появи сходів настає критичний період фосфорного живлення, який сприяє розвитку кореневої системи, підвищує ефективність використання добрив та закладання репродуктивних органів. Цей період визначає високу ефективність внесення фосфорних добрив під час сівби [8].

Другий період характеризується інтенсивним ростом рослин і триває 17–20 днів. У цей час накопичується основна маса рослини, і споживання елементів живлення зростає: азоту і фосфору – до 50 % від загального, калію – до 70 % від максимального. Через високу потребу в поживних речовинах кукурудзу відносять до культур більш вибагливих до родючості ґрунтів, ніж цукрові буряки чи картопля.

Другий період є критичним для азотного живлення, оскільки рослини часто відчувають його нестачу через вилугування та слабку мінералізацію. Підживлення азотними добривами у цей час особливо ефективне. Потреба кукурудзи в калії зростає у фазі викидання волоті, цвітіння та наливання зерна. На чорноземах рослини потребують також цинку: його нестача знижує вміст

протеїну та триптофану. Підвищене внесення фосфору може зменшувати вміст цинку та триптофану в рослині [12].

1.4. Вплив ФАО на структуру та якість врожаю

У світі не існує єдиної, уніфікованої шкали оцінки показників гібридів. Це призводить до того, що насінневі компанії та постачальники часто використовують «щось своє» під цими показниками. Різні виробники насіння можуть характеризувати один і той самий гібрид різним числом ФАО, що може відрізнятися на 10–20 одиниць. Навіть у США деякі компанії використовують внутрішні шкали «відносної скоростиглості» через відсутність Державної реєстрації сортів і гібридів.

ФАО кукурудзи – це умовний індекс скоростиглості для створення єдиної одиниці виміру характеристик гібридів. Систематизація різновидів дозволяє розподілити їх по групах залежно від тривалості періоду вегетації, суми ефективних температур та ряду інших чинників. Належність до конкретної групи допомагає фермерам швидко ідентифікувати гібрид, визначити його придатність до вирощування за призначенням в зонах з певними кліматичними умовами та легко підібрати кращу культуру для обробітку в різних регіонах України [4,16].

Індекс ФАО служить для оцінки скоростиглості і порівняння гібридів злакових по групах даного біологічного показника. Одиниці відповідають значенням середніх температур. Основною областю її застосування є агрономія, селекція рослин. Класифікація гібридів кукурудзи по ФАО Міжнародної організації продовольчої і сільськогосподарської організації виглядає таким чином (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація гібридів кукурудзи за ФАО

Група стиглості	ФАО	Вегетаційний період, діб	Сума активних температур, °С	Сума ефективних температур, °С
-----------------	-----	--------------------------	------------------------------	--------------------------------

Ранньостиглі	100-200	90-100	2200	800-900
Середньоранні	201-300	100-115	2400	1100
Середньостиглі	301-400	115-120	2600	1170
Середньопізні	401-500	120-130	2800	1210
Пізньостиглі	501-600	130-140	3000	1250-1300

Методика розрахунку ФАО зазнавала змін протягом десятиліть. Наприклад, в Угорщині у 60-х роках ФАО розраховували до вологості 34–36%, а у 90-х перейшли до оцінки на рівні близько 20% вологості зерна. Формули, що базуються на сумі температур, лише дуже умовно відображають вплив температури. Вони не враховують великі коливання денних і нічних температур, які є значними в континентальному кліматі (особливо на північ і схід), і не дають оцінки тривалості впливу низьких температур.

Для отримання високого врожаю зерна перед купівлею насіння необхідно враховувати багато чинників, основним з яких є ФАО. За його допомогою легко обрати групу стиглості гібриду кукурудзи для кожного регіону з урахуванням розподілу за тривалістю вегетації та сумах середньодобових активних і ефективних температур, необхідних для повного дозрівання культури.

Насіння висівають при температурі + 8 – 12 °С. Оптимальним значенням для росту та розвитку рослин є режим +18 – 25 °С. Для досягнення конкретної фази росту рослини повинні накопичувати певну суму ефективних температур. Для ранньостиглих видів вона дорівнює 900 – 1000 °С, для пізньостиглих – 1250 – 1300 °С. Це означає, що в південних та південно-східних регіонах України можна вирощувати різні гібриди, в той час як для в західних областей та Полісся підходять тільки ранньостиглі різновиди [7,13].

Чим більший показник скоростиглості, тим довший вегетаційний період та вищий потенціал врожайності. Однак нестача вологи в ґрунті та високі

температури в під час активного росту можуть знизити продуктивність гібрида. Тому в зонах недостатнього зволоження, сонячної інсоляції та тепла не варто сіяти середньопізні та пізньостиглі різновиди.

Знаючи, що таке ФАО кукурудзи, аграрії можуть з точністю визначити, підходить вона для вирощування в певній кліматичній зоні чи ні. Перша цифра показника вказує на належність гібриду до конкретної групи стиглості (ранньостиглої, середньостиглої та інших), друга – на відношення щодо термінів вегетації всередині групи [3].

Чим менше значення ФАО, тим раніше рослини дозрівають та швидше віддають вологу. Це має велике значення при вирощуванні гібридів на зерно. Також відомо, що пізні різновиди мають вищий генетичний потенціал по врожайності, ніж ранньостиглі, та завжди дають кращий врожай. Тому найбільш оптимальним варіантом для фермерів є використання сортів та гібридів із різними індексами скоростиглості. Завдяки такому способу можна варіювати термінами посіву та збирання. При цьому існує правило, згідно з яким для отримання максимальної продуктивності потрібно: 50% полів засівати такими гібридами, які відповідають умовам потреби у теплі та світлі в регіоні; 25% ріллі використовувати під ранньостиглі різновиди; 25% полів займати під посіви культур з вищим показником ФАО та пізніми термінами дозрівання [11].

Вибір оптимального діапазону ФАО є критичним для забезпечення стабільності та максимізації врожайності, оскільки неправильний вибір може призвести до втрат до 20–30% урожаю в несприятливі роки (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Регіональний діапазон підбору ФАО

Регіон України	ФАО	Особливості впливу на структуру та якість врожаю
Північ (Сумська, Чернігівська)	200–350	Широкий діапазон ранньо- та середньостиглих гібридів. Вище ФАО можливе завдяки достатньому вологозабезпеченню, але обмежене через короткий безморозний період та нижчу суму активних температур.
центр (Київська, Вінницька)	200–300	Акцент на ранніх та середньоранніх гібридах. Цей вибір мінімізує ризики, пов'язані з нестачею вологинаприкінці літа та забезпечує низьку вологість зерна при збиранні (менші витрати на

		сушіння).
Південь (Одеська, Херсонська)	150-250	Рекомендовані виключно ультраранні та ранні гібриди. Це необхідно для проходження критичних фаз розвитку до настання літньої посухи та високих температур, що є головним обмежувальним фактором регіону.
Захід (Львівська, Івано- Франківська)	300-400	Орієнтація на середньо- та середньопізні гібриди. Цей регіон має вищу суму опадів та м'якший температурний режим, що дозволяє використовувати гібриди з вищим потенціалом врожайності за рахунок довшого вегетаційного періоду.

Такий підбір дозволить знизити погодні ризики, зібрати врожай на запланованому рівні та знизити навантаження на збиральну сільгосптехніку, оскільки терміни дозрівання гібридів будуть різними. Враховуючи агрокліматичні умови в різних зонах землеробства, для вирощування підходять гібриди: в південно-східних і південних степових районах – від ранньостиглих до середньопізніх; в лісостепових та центральних районах – від ранньостиглих до середньостиглих; в західних областях та Поліссі – від ранньостиглих до середньоранніх.

Вибір ФАО є прямим відображенням балансу між потенціалом врожайності та кліматичними ризиками, зокрема, сумою ефективних температур та вологозабезпеченням. Використання ранніх гібридів є стратегією уникнення посухи: вони швидко формують урожай, забезпечуючи його максимальну реалізацію за рахунок меншого споживання води і досягнення фізіологічної зрілості до настання екстремальних умов.

Таким чином, уся система рекомендацій демонструє, що оптимальне ФАО є компромісом між біологічним потенціалом гібрида та екологічними обмеженнями конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліди проводили відповідно до загальноприйнятих методик польових досліджень та методичних рекомендацій, зокрема: «Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (ред. В.В. Вовкодав); «Дослідна справа в агрономії. Книга 1: Теоретичні аспекти дослідної справи»; «Дослідна справа в агрономії. Книга 2: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень» (ред. А.О. Рожков).

Місце проведення: ТОВ «АГРОКІМ» (ІМК), Чернігівська область.

Польовий дослід був двофакторним, закладеним методом розщеплених ділянок. У блоках першого порядку розміщувалися гібриди кукурудзи, другого – норма висіву насіння, що визначала передзбиральну густоту стояння рослин.

Площа посівної та облікової ділянок становила 100 м², повторність досліду – трикратна.

2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень

Дослідження проводилися на полях ТОВ «АГРОКІМ» (ІМК) у Чернігівській області. Цей регіон розташований на межі двох ключових природно-кліматичних зон – Полісся та Лісостепу, що зумовлює надзвичайну строкатість та просторову неоднорідність ґрунтового покриву, а також визначає формування унікальних агротехнологічних викликів. Загальна експлікація ґрунтів області налічує 253 ґрунтові відміни.

Ґрунти Чернігівщини переважно належать до мало гумусних ґрунтів легкого гранулометричного складу. Структура орних земель області за гранулометричним складом є такою: домінують легкосуглинкові ґрунти (56% площі) та супіщані ґрунти (33%), тоді як зв'язно-піщані та середньо суглинкові ґрунти займають лише 9% та 2% відповідно.

Таблиця 2.1 – Характеристики ґрунтів ТОВ «АГРО КІМ»

Група ґрунтів	Частка, %	Вміст гумусу, %	pH ґрунту	Бонітет ґрунту, балів
Чорноземи та лучно-чорноземні	38	3,13	5,8–6,2	67–75
Дерново-підзолисті	30	1,40	5,2–5,4	31–38
Сірі лісові та дернові	19			36–57
Темно-сірі та чорноземи опідзолені	13	2,47	5,6–6,1	45–58

Ґрунти ТОВ «АГРО КІМ» представлені чотирма основними групами. Найбільшу частку займають чорноземи та лучно-чорноземні ґрунти – 38 %, які характеризуються високим вмістом гумусу (3,13 %) і слабнокислою реакцією (pH 5,8–6,2), з бонітетом 67–75 балів, що свідчить про їх високу родючість.

Дерново-підзолисті ґрунти складають 30 % території, мають низький вміст гумусу (1,4 %), кислу реакцію (pH 5,2–5,4) та бонітет 31–38 балів, що характеризує їх як малородючі. Сірі лісові та дернові ґрунти займають 19 % площі, з бонітетом 36–57 балів; дані щодо вмісту гумусу та pH не наведено.

Темно-сірі та чорноземи опідзолені становлять 13 % території, з вмістом гумусу 2,47 %, слабкислим pH 5,6–6,1 і бонітетом 45–58 балів, що дозволяє оцінити їх як ґрунти середньої родючості.

Таким чином, територія господарства характеризується переважанням родючих чорноземів, але значна частина площі представлена менш родючими дерново-підзолистими та опідзоленими ґрунтами, що впливає на продуктивність сільськогосподарських культур.

2.2. Погодно-кліматичні умови

Зима (лютий) була суворою з інтенсивними морозами та дефіцитом опадів. Мінімальні температури повітря знижувалися до $-20...-22^{\circ}\text{C}$, а поверхня ґрунту промерзала до 40–53 см. Сніговий покрив складав 4–9 см.

Озимі культури перебували у стані зимового спокою, температура ґрунту на глибині вузла кушіння опускалася до $-3...-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, нижче критичних значень для озимої пшениці, ячменю та ріпаку.

Весна почалася з аномально теплих і посушливих умов, що сприяло прискореному накопиченню ефективних температур: станом на 20 квітня сума ефективних температур повітря $>+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ склала $155-175\text{ }^{\circ}\text{C}$ (на $80-105\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище норми). До 30 квітня ця сума досягла $240-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при нормі $140-160\text{ }^{\circ}\text{C}$), що забезпечувало фазовий розвиток культур на 1,5–2 тижні раніше середніх строків. Однак весняний період супроводжувався небезпечними заморозками та дефіцитом опадів: у квітні випало $52-79\text{ мм}$ (менше норми), у травні – $34-50\text{ мм}$. Внаслідок цього вологозабезпечення ґрунту було низьким: станом на 20 травня метровий шар ґрунту під озимими культурами містив $<50\text{ мм}$ продуктивної вологи, а під кукурудзою – лише $13-20\text{ мм}$.

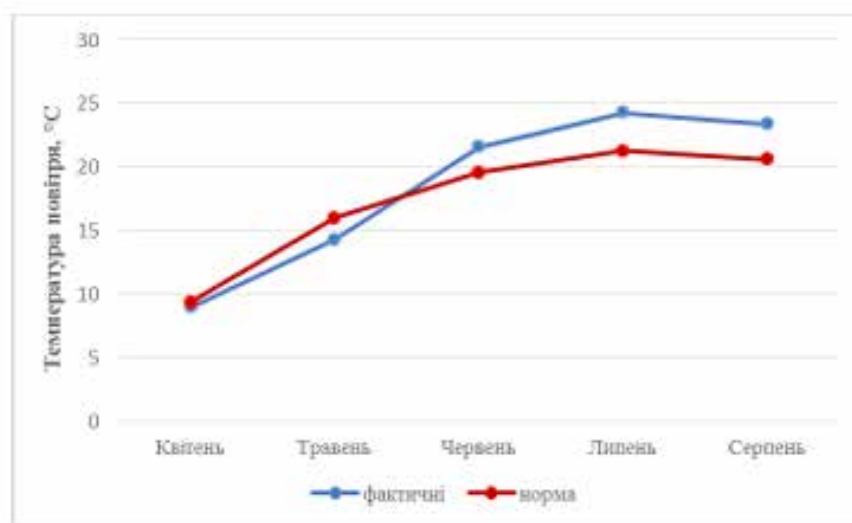


Рис. 2.1 – Температурний режим повітря протягом вегетаційного періоду кукурудзи, 2025

Червень відзначався прохолодною погодою: середня декадна температура в третій декаді місяця була на $1,1-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижчою за норму ($16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Опадів випало близько норми ($80-131\%$), що локально призвело до надлишкових запасів вологи у ґрунті (понад 160 мм під озимим ріпаком).

Липень характеризувався спекою та поширенням ґрунтової посухи на північ області. Відносна вологість повітря протягом декількох днів знижувалася

до 30 % і нижче, що швидко вичерпувало запаси вологи, навіть після червневих дощів. Під кукурудзою зволоження ґрунту залишалося задовільним, тоді як соняшник постраждав від посухи та градобоїв: поламани стебла та гальмування росту. Ранні зернові досягли повної стиглості, пізні теплолюбні культури (кукурудза, соняшник) відчували стрес від недостатньої вологи та високих температур.

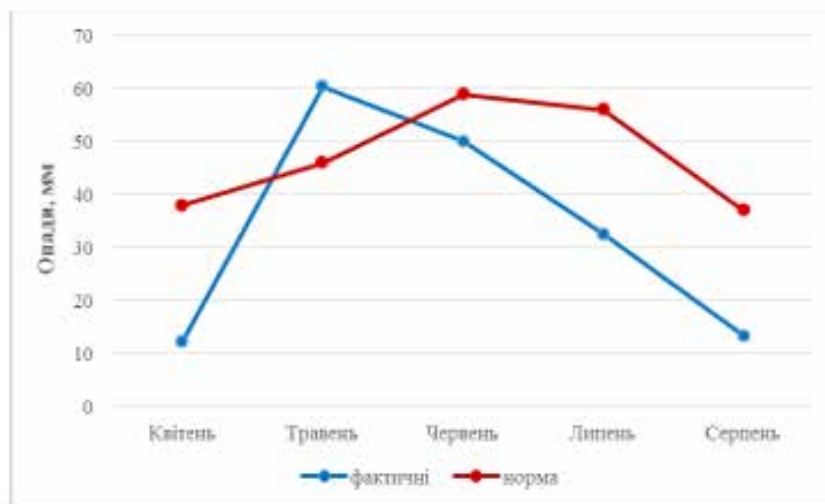


Рис. 2.2 – Опади протягом вегетаційного періоду кукурудзи, 2025

Отже, погодні умови першої половини року були контрастними: сувора зима, рання та посушлива весна з заморозками, прохолодний червень і спекотний липень з посухою. Такі умови значно впливали на вологобезпечення ґрунту, розвиток та урожайність культур: ранні зернові адаптувалися, тоді як теплолюбні культури (кукурудза, соняшник) перебували під стресом через дефіцит вологи та високі температури.

2.3. Схема досліджу та методика проведення досліджень

Програмою дослідження передбачається оцінка гібридів кукурудзи середньостиглої групи за різної норми висіву насіння.

Фактор А – гібриди середньостиглої групи:

1. ДКС 4109 (ФАО 320)

2. ДКС 3972 (ФАО 300) – контроль
3. ДКС 4031 (ФАО 310)

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

1. 60 тис. схожих насінин/га
2. 70 тис. схожих насінин/га
3. 80 тис. схожих насінин/га

З метою визначення та обґрунтування підвищення урожайності кукурудзи проводили такі обліки і спостереження за ростом та розвитком рослин відповідно до існуючих методик та вказівок [21-24]:

Густоту рослин кукурудзи визначали двічі протягом вегетаційного періоду на одних і тих самих облікових ділянках. Площадки виділяли після появи сходів, по 3–4 на кожній ділянці [21]. Межі облікових площадок позначали невисокими кілочками, а розташовували їх по діагоналі облікової площі ділянки для репрезентативності. Перший підрахунок проводили у фазі повних сходів, що дозволяє оцінити польову схожість насіння.

Другий підрахунок проводили перед збиранням урожаю, що дає змогу визначити збереженість рослин протягом вегетації. Збереженість розраховують за формулою [24]:

$$П = \frac{З \cdot 100}{С}$$

де:

- П – збереженість рослин, %;
- З – кількість рослин перед збиранням, шт./м²;
- С – кількість рослин у фазі повних сходів, шт./м².

Інтенсивність росту визначали по фазах розвитку вегетації у трьох повтореннях досліду. На ділянці відбирали 40–50 рослин із бокової захисної смуги, по 4–5 рослин у рядку в 10 місцях [22].

Приріст рослин визначають як різницю маси рослин між останнім та попереднім відбором проб. Для визначення добового приросту маси однієї

рослини загальний приріст ділять на кількість рослин і тривалість періоду (днів).

Паралельно визначають приріст сухої речовини. Для цього зі свіжих проб відбирали середній зразок, масою близько 100 г, який подрібнювали, зважували і висушували до постійної маси при температурі не вище 105 °С. Вміст сухої речовини обчислюють як відношення маси сухого зразка до маси сирого зразка, помножене на 100. Цей показник використовують для переведення маси свіжих проб у абсолютно суху [23].

Визначення параметрів росту. Висоту стебла вимірюють мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки рослини; кількість листків і розміри листків – визначають на 25 постійно виділених рослинах, рівномірно розміщених на облікових площах; площу листкового апарату – визначають методом висічок. Для цього з 10–20 типових рослин зривали всі листки, зважували їх і відбирали по 20–50 висічок площею 10–20 см². Загальна площа листя в пробі обчислюється за формулою:

$$П = \frac{М \cdot п \cdot К}{м}$$

де:

П – площа листя, см²;

М – маса листя в пробі, г;

п – площа однієї висічки, см²;

К – кількість висічок;

м – маса висічок, г.

Визначивши площу листя на одну рослину та врахувавши густоту, отримують площу листкового апарату на певній площі (тис. м²/га).

Для оцінки інтенсивності приросту маси рослини використовують показник чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) [22]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{М1 - М2}{0,5 \cdot (Пл1 + Пл2) \cdot Д}$$

де:

M_1, M_2 – маса рослин на одиниці площі на початку та наприкінці періоду, г;

$Пл_1, Пл_2$ – площа листкового апарату в ці ж періоди, $см^2$;

$Д$ – тривалість періоду, дні.

Урожай кукурудзи збирали вручну, відламуючи качани з усієї облікової площі. Перерахунок маси качанів на врожай зерна проводили у кілька етапів: масу качанів перераховували на 1 га відповідно до перевідного коефіцієнта для рядкового способу сівби; визначали коефіцієнт виходу зерна за відношенням маси зерна з 20 типових облущених качанів до маси качанів до обрушення; врожаї качанів множили на коефіцієнт виходу зерна для отримання врожайності при польовій вологості [21-24].

Для переведення врожайності зерна на стандартну 14% вологість застосовують формулу:

$$У = А \cdot \frac{100 - В}{100 - 14}$$

де:

$У$ – врожайність зерна при стандартній вологості, т/га;

$А$ – врожайність зерна при польовій вологості, т/га;

$В$ – вологість зерна на момент збирання, %;

14% – стандартна вологість зерна.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Сьогодні однією з ключових проблем сучасного агровиробництва є вибір оптимального гібрида кукурудзи, який визначає майбутній врожай та економічну ефективність господарства. У умовах швидких змін клімату та нестабільності ринку науково обґрунтований підхід до цього вибору набуває особливої ваги. Саме тому дослідження, що вивчають продуктивність та економічну ефективність гібридів кукурудзи з різним ФАО (індексом стиглості), є надзвичайно актуальними. Вони дозволяють приймати зважені рішення, спираючись на фактичні дані, а не на випадковість чи інтуїцію.

Ґрунтовний аналіз реакції різних за скоростиглістю гібридів на конкретні ґрунтово-кліматичні умови, їх потенціал урожайності та рентабельність вирощування надає аграріям ефективний інструмент для оптимізації виробничих процесів.

3.1. Динаміка проходження фаз росту й розвитку

Розвиток кукурудзи є високоорганізованим і послідовним процесом, що являє собою складну взаємодію стадійних, вікових та органотворчих змін. Цей життєвий цикл, що визначає кінцеву продуктивність культури, можна розглядати з двох взаємопов'язаних перспектив: через зовнішні морфологічні зміни, які фіксуються фенологічними спостереженнями, та через приховані внутрішні процеси формування органів, що вивчаються на етапах органогенезу. Розуміння обох аспектів та факторів, що на них впливають, є ключовим для управління врожайністю [25].

Все починається з набухання та проростання насіння. Одразу після сівби в сприятливі умови – достатньо вологий та теплий ґрунт – насіння починає поглинати воду. Процес проростання вважається розпочатим, коли у більшості (близько 70%) досліджуваних зернівок з'являється зародковий корінець, який згодом видовжується, даючи початок паростку.

Наступний важливий етап – сходи. Цю фазу фіксують у момент, коли над поверхнею ґрунту з'являється і починає розгортатися перший справжній листок. З цього моменту рослина поступово переходить до автотрофного живлення. Далі йде фаза розвитку листків. У злакових культур, як-от пшениця, критичною є фаза 3-го листка, що знаменує повний перехід на фотосинтез. Однак для кукурудзи, у якої в зародковій бруньці закладено п'ять листків, більш значущим є етап п'яти листків, який свідчить про повне розгортання всього зародкового апарату. Надалі для моніторингу вегетативного росту відзначають фази 7-го, 9-го та 11-го листків [4, 11, 26].

Згодом може починатися процес утворення бічних пагонів (пасинків) з пазух нижніх листків. За ним слідує вихід у трубку, або стеблуння, що візуально визначається появою першого надземного стеблового вузла.

Перехід до генеративної стадії знаменується викиданням волоті, коли її верхівка з'являється з розтруба верхнього листка. Невдовзі настає цвітіння волоті – момент, коли з пиляків починає висипатися зрілий пилок. Майже одночасно або з невеликою затримкою відбувається цвітіння качана, що визначається появою з-під обгорток ниткоподібних стовпчиків із роздвоєними рильцями, готовими до запилення.

Після успішного запліднення починаються фази дозрівання. Першою настає молочна стиглість, коли при роздавлюванні зернівки виділяється біла рідина. Далі настає воскова стиглість: обгортки качана жовтіють і підсихають, а вміст зернівки набуває консистенції воску. Фінальна стадія – повна стиглість, коли зернівка стає твердою, а сама рослина у більшості гібридів повністю засихає.

Хоча фенологічні фази дають загальне уявлення про розвиток, вони не розкривають ключових процесів, що відбуваються всередині рослини, особливо під час формування репродуктивних органів. Найважливіший період – від закладання зародкових суцвіть до появи рилець – залишається прихованим. Саме для аналізу цих процесів використовують шкалу етапів органогенезу, яка налічує дванадцять етапів для качана та дев'ять для волоті [11].

На першому етапі верхівка пагона представлена недиференційованим конусом наростання. На другому етапі відбувається його сегментація – закладаються зародкові вузли та міжвузля, що визначає потенційну кількість листків на майбутньому стеблі. Ця кількість є генетичною характеристикою гібриду, а тривалість етапу залежить від суми ефективних температур.

Формування суцвіть (III–VI) – це критичний період для визначення потенціалу врожайності. На третьому етапі конус наростання видовжується, формуючи членики осі майбутньої волоті. На четвертому етапі закладаються колоскові лопаті, які потім роздвоюються, утворюючи колоски. Саме на цьому етапі визначається можлива кількість колосків у волоті, а для качана – його довжина та потенційна кількість зерен у ряду.

П'ятий етап – це етап статевої диференціації: у волоті атрофуються зачатки жіночих квіток, а в качані, навпаки, припиняється ріст тичинок і активно розвивається маточковий горбок. На шостому етапі відбуваються ключові процеси мікро- та макроспорогенезу: у пиляках волоті формується пилок, а в качані – зародковий мішок. Умови середовища на цьому етапі безпосередньо впливають на фертильність жіночого суцвіття.

На сьомому етапі інтенсивно ростуть покривні органи квіток і завершується формування статевих клітин. Восьмий етап органогенезу збігається з фенофазами викидання волоті та появи ниток-рилець качана. Дев'ятий етап – це сам процес цвітіння, запилення та запліднення. На десятому етапі починається формування зародка та ендосперму, що відповідає початку молочної стиглості. Одинадцятий етап повністю охоплює молочну стиглість, а дванадцятий – завершується повним дозріванням насіння та формуванням його типової структури [27-32].

Тривалість вегетаційного періоду та кожного окремого етапу не є сталою величиною. Вона визначається генетичними особливостями гібриду (його скоростиглістю) та комплексом умов навколишнього середовища.

Температура є головним регулятором темпів розвитку. Для проходження кожного етапу потрібна певна сума ефективних температур (температур вище

біологічного мінімуму). Чим вища середньодобова температура (в межах оптимуму), тим швидше накопичується ця сума і тим коротшими стають етапи.

Наприклад, пізня сівба в прогрітий ґрунт різко скорочує тривалість I–V етапів органогенезу. Низькі температури (близько) значно уповільнюють проростання, що призводить до ослаблених та нерівномірних сходів. Крім того, холодний ґрунт на ранніх етапах погіршує засвоєння азоту та фосфору, що гальмує ріст. Оптимальна температура для вегетативного росту становить , тоді як спека вище під час цвітіння може стерилізувати пилок і призводити до череззерниці.

Волога є лімітуючим фактором, особливо в критичні періоди. Найбільш водовитратний період – це приблизно 10 днів до викидання волоті (VII–VIII етапи органогенезу), коли рослина споживає до 70% від загальної потреби у воді. Посуха в цей час не тільки пригнічує ріст, але й може викликати небезпечний відхилення у цвітінні: волоть вже відцвітає, а нитки качана з'являються із запізненням на 5–10 днів, що унеможлиблює якісне запилення [33].

Дефіцит вологи на етапі наливу зерна (молочна стиглість) призводить до передчасного всихання рослини, внаслідок чого поживні речовини не надходять до качана, і його верхівка залишається недорозвиненою або зовсім без зерен.

Кукурудза є рослиною короткого світлового дня, що означає, що скорочення тривалості світлового дня стимулює її перехід до цвітіння. Важливий і спектральний склад світла. Переважання променів довгохвильової частини спектра (червоне та інфрачервоне світло), характерне для ранкових та вечірніх годин у північних широтах, може затримувати розвиток рослин короткого дня. Навпаки, інтенсивне короткохвильове випромінювання (синє, фіолетове), властиве південним широтам, прискорює проходження IV–VII етапів органогенезу.

Потреба в поживних речовинах зростає протягом вегетації, досягаючи піку в другій її половині, коли активно формуються генеративні органи.

Накопичення азоту та калію триває майже до повної стиглості, тоді як фосфор активно поглинається до фази молочно-воскової стиглості. Як уже зазначалося, ефективність засвоєння елементів живлення, особливо азоту та фосфору, на ранніх етапах сильно залежить від температури ґрунту [34].

У дослідженні порівнюються три гібриди – ДКС 3972 (виступає як контроль), ДКС 4031 (ФАО 310) та ДКС 4109 (ФАО 320) – за трьох рівнів густоти: 60, 70 та 80 тисяч рослин на гектар. Аналіз даних дозволяє виявити чіткі закономірності та зробити обґрунтовані висновки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Тривалість міжфазних періодів кукурудзи в залежності від густоти посіву, днів, 2025

Гібриди	Густота стояння рослин, тис/га	Тривалість періодів, днів				
		Сівба- сходи	Сходи- цвітіння	Цвітіння -молочна стиглість	Молочна -повна стиглість	Сходи- повна стиглість
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)	60	12	65	18	25	109
	70	12	65	18	27	109
	80	12	67	19	27	114
ДКС 4109 (ФАО 320)	60	12	68	19	28	114
	70	12	68	19	28	114
	80	12	71	20	28	117
ДКС 4031 (ФАО 310)	60	12	71	20	28	117
	70	12	71	20	30	117
	80	12	73	21	30	121

Ключовою тенденцією, що простежується по всіх трьох гібридах, є пряма залежність між збільшенням густоти стояння рослин та тривалістю вегетаційного періоду. Загущення посівів незмінно призводить до подовження як окремих фаз розвитку, так і загального циклу від сходів до повної стиглості. Це явище пояснюється посиленням внутрішньовидової конкуренції за основні ресурси: світло, вологу та поживні речовини.

В умовах підвищеного стресу рослинам потрібно більше часу для проходження кожної стадії розвитку. Розгляд окремих етапів вегетації дозволяє зрозуміти, як саме формується ця загальна тенденція.

Тривалість цього початкового етапу між сівбою і сходами виявилася стабільною і становила 12 днів для всіх варіантів досліду. Це свідчить про те, що на ранньому етапі, коли насіння проростає і з'являються сходи, густина посіву ще не є лімітуючим фактором. Тривалість цієї фази переважно визначається гідротермічними умовами ґрунту (температурою та вологістю), які були, однаковими для всіх ділянок.

На етапі між появою сходів і цвітінням вплив густоти стає визначальним. У всіх гібридів спостерігається подовження періоду від появи сходів до цвітіння при збільшенні кількості рослин на гектар. Наприклад, у гібрида ДКС 4031 цей період триває 71 день за густоти 60 тис./га, але збільшується до 73 днів за 80 тис./га.

Посилена конкуренція за сонячне світло змушує рослини витягуватися, що уповільнює закладання та розвиток генеративних органів і, як наслідок, відтерміновує настання фази цвітіння. Тривалість періодів між цвітінням і молочною стиглістю та повною стиглістю також має тенденцію до збільшення із загущенням.

Наприклад, у контрольного гібрида ДКС 3972 період від молочної до повної стиглості зростає з 25 до 27 днів. Це вказує на те, що в умовах дефіциту ресурсів процес накопичення асимілятів та їх транспортування в зернівку сповільнюється, що вимагає більше часу для досягнення повної фізіологічної зрілості.

Важливим аспектом аналізу є порівняння реакції різних гібридів, що вказує на їхні генетичні особливості та групу стиглості (ФАО). ДКС 3972 (контроль) є найбільш скоростиглим із представлених гібридів. Його повний вегетаційний період становить від 109 до 114 днів. Цей гібрид демонструє відносно помірну реакцію на загущення: різниця в тривалості вегетації між мінімальною та максимальною густиною становить 5 днів. ДКС 4109 займає

проміжне положення. Його вегетаційний період триває від 114 до 117 днів, що робить його середньостиглим у даній групі. ДКС 4031 є найбільш пізньостиглим гібридом. Його загальний цикл розвитку найдовший – від 117 до 121 дня. Він також демонструє значну чутливість до умов вирощування, оскільки його вегетативний період є найтривалішим серед усіх гібридів і помітно подовжується при загущенні.

Отже, збільшення густоти посіву кукурудзи стабільно подовжує її вегетаційний період через посилення конкуренції за ресурси. Більш того, гібриди мають генетично детерміновану тривалість вегетації, що відповідає їх групі стиглості. У даному дослідженні гібриди можна розташувати в ряд за скоростиглістю: ДКС 3972 → ДКС 4109 → ДКС 4031.

3.2. Біометричні показники рослин кукурудзи

Біометричні показники рослин кукурудзи є ключовими індикаторами, що, мов дзеркало, відображають динаміку її росту, успішність проходження етапів розвитку та адаптацію до умов вирощування [4,7,16, 33].

Аналіз висоти, товщини стебла, кількості й площі листя, а також характеристик генеративних органів дозволяє зрозуміти процеси, що лежать в основі формування майбутнього врожаю.

На вегетативному етапі рослина будує свою структуру для майбутнього синтезу органічної речовини. Ключові показники цього періоду описують розмір та ефективність цього апарату.

Висота рослин – це не статичний, а надзвичайно динамічний показник, тісно пов'язаний із внутрішніми процесами органогенезу. На ранніх етапах її надземний ріст майже непомітний. Середньодобовий приріст вимірюється міліметрами, оскільки всі ресурси спрямовані на розвиток потужної кореневої системи [34].

Стрімке зростання починається з переходом до IV етапу органогенезу. У цей час активізується ріст нижніх та середніх міжвузлів, і середньодобовий приріст може сягати 4–8 см і більше. Пік інтенсивності росту припадає на VII–

VIII етапи органогенезу, що збігається з періодом перед викиданням волоті. Крива приросту залежить від групи стиглості, де скоростиглі гібриди мають одну чітку вершину росту, тоді як пізньостиглі можуть демонструвати дві або навіть три, що пояснюється значним розривом у часі між розвитком волоті та качанів. Діаметр стебла, що вимірюється між першим і другим міжвузлям, є показником міцності рослини та її здатності протистояти виляганню [4, 7, 35].

Кількість листків на головному стеблі є важливою морфобіологічною ознакою, яка закладається ще на II етапі органогенезу. Цей показник прямо корелює з тривалістю вегетаційного періоду гібрида та сумою температур, необхідних для проходження цього етапу. Від кількості листків залежать висота рослини, висота прикріплення качана та, найголовніше, потенційна площа листової поверхні. Динаміка їх розгортання досить передбачувана: до IV етапу органогенезу формується близько 50% від загальної кількості, а до VI етапу – вже 70–80%. Максимальна кількість функціонуючих зелених листків спостерігається перед цвітінням, після чого починається їх поступове природне відмирання [12,27,37].

Для всіх трьох гібридів збільшення густоти посіву з 60 до 80 тис. рослин/га незмінно призводить до збільшення загальної висоти рослин та висоти прикріплення качана. Цей ефект, спричинений конкуренцією за світло (етіоляція), є фундаментальною реакцією рослин на загущення (табл. 3.1).

Рослини досягають своєї максимальної висоти у фазі цвітіння волотей, після чого цей показник дещо знижується до фази молочно-воскової стиглості через природне підсихання та осідання волоті.

ДКС 3972 (контроль – ФАО 300). Цей гібрид, згідно з новими даними, має значно вище прикріплення качана, ніж вважалося раніше, особливо при меншій густоті. Його показники (77-80 см) тепер знаходяться дуже близько до показників наступного гібрида. Це означає, що різниця між ним та іншими гібридами за цією ознакою менш виражена.

ДКС 4109 (ФАО 320). Для цього гібрида, навпаки, показники висоти прикріплення качана були суттєво знижені (79-85 см). Тепер, особливо при

густоті 60 тис./га, він лише незначно (на 2 см) перевищує контрольний гібрид. Раніше він виглядав як чітко проміжний варіант, а тепер його характеристики за цим показником наблизилися до контролю.

Гібрид ДКС 4031 (ФАО 310) залишається лідером за висотою рослин та висотою прикріплення качана (87-93 см). Однак скориговані дані роблять його характеристики менш екстремальними.

Таблиця 3.2 – Біометричні показники гібридів залежно від густоти стояння рослин, тис./га, см, 2025

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Висота рослин у фазу росту й розвитку			Висота прикріплення качана, см
		9-10 листків	Цвітіння волотей	Молочно-воскова стиглість	
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)	60	76	191	171	77
	70	76	193	174	78
	80	78	197	177	80
ДКС 4109 (ФАО 320)	60	77	199	179	79
	70	78	203	181	82
	80	78	205	183	85
ДКС 4031 (ФАО 310)	60	75	209	184	87
	70	75	210	188	89
	80	75	213	190	93

Попереднє значення у 102 см було дуже високим і могло вказувати на серйозний ризик вилягання. Нове максимальне значення в 93 см, хоча й залишається високим, є більш агрономічно прийнятним. Різниця між ним та іншими гібридами все ще значна, що підтверджує його генетичну схильність до високорослості та високого закладання качана.

Різниця у висоті прикріплення качана між гібридами ДКС 3972 та ДКС 4109 є менш значною. Обидва гібриди за цим показником є досить схожими, особливо при стандартних нормах висіву.

Гібрид ДКС 4031 впевнено зберігає статус найвищого, з найвищим розташуванням качана, що вимагає особливої уваги при виборі густоти. Хоча ризик вилягання, є менш критичним, він все одно залишається найвищим саме для цього гібрида, особливо на полях з високим агрофоном, що сприяє інтенсивному росту.

3.3. Фотосинтетичні показники посівів кукурудзи

Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи є фундаментальним біологічним процесом, що лежить в основі формування її високої врожайності. Саме здатність рослин ефективно поглинати сонячну енергію та перетворювати її на органічну масу визначає кінцевий результат. Унікальна продуктивність кукурудзи значною мірою пояснюється її приналежністю до рослин із С4-типом фотосинтезу. Цей досконалий біохімічний механізм дозволяє їй значно ефективніше, ніж культурам помірної зони (С3-типу), асимілювати вуглекислий газ, особливо в умовах високих температур та інтенсивного сонячного випромінювання [38].

Центральним елементом фотосинтетичного апарату є листкова поверхня – сукупність «сонячних панелей» рослини. Розмір цієї поверхні є ключовим фактором, що лімітує потенціал урожайності. Динаміка наростання листкової поверхні є строго закономірним процесом, тісно пов'язаним з етапами органогенезу:

На ранніх етапах (до фази 9–10 листків) формується лише 10% від майбутньої максимальної площі. У цей час рослина активно розбудовує кореневу систему. У середині вегетації (до фази 13–14 листків) площа сягає 46–50%. Пік розвитку припадає на фазу викидання волотей, коли сформовано 96–100% усієї листкової поверхні [7, 19, 39].

Площа листової поверхні – це найважливіший показник вегетативного розвитку, адже листки є основними «сонячними панелями» рослини, що поглинають фотосинтетично активну радіацію (ФАР) і виробляють органічну масу.

Оптимальною для посіву за сприятливих умов вважається площа листків 40–50 тис. м²/га. Перевищення цього показника через надмірне загущення призводить до взаємного затінення, особливо нижніх ярусів листя. Це знижує їхню фотосинтетичну активність і може парадоксально призвести до зниження загального врожаю.

Важливо зазначити, що переважна частина листової поверхні формується відносно пізно – до фази 9–10 листків утворюється лише 10% від максимальної площі, а до моменту викидання волоті – майже 100%. Висока продуктивність кукурудзи значною мірою пояснюється її C4-типом фотосинтезу, що робить кожен квадратний сантиметр її листка у 2–3 рази ефективнішим, ніж у культур помірної зони (пшениця, ячмінь). Після формування вегетативної маси рослина переходить до найважливішого етапу – формування та наливу зерна [5, 29, 40].

Загальна суха біомаса є інтегральним показником, що відображає всю органічну речовину, накопичену рослиною за вегетацію. Її приріст є прямим результатом ефективності фотосинтезу. Більш науковим показником є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), яка показує, скільки грамів сухої речовини накопичує 1 м² листової поверхні за добу.

Дослідженнями встановлено, що за сприятливих умов (достатня кількість вологи та елементів живлення) оптимальною є площа листків у межах 40–50 тисяч м²/га. Це значення відповідає оптимальному індексу листової поверхні (ІЛП). Подальше збільшення площі, наприклад, через надмірне загущення посівів, призводить до негативних наслідків. Верхні листки починають затінити середні та нижні яруси, що різко знижує їхню фотосинтетичну активність і, як наслідок, може призвести до зниження загального врожаю.

Інтенсивність фотосинтезу – це швидкість процесу, яка залежить від зовнішніх умов – освітленості, температури, вологості. Чиста продуктивність фотосинтезу – цей показник відображає, скільки сухої біомаси накопичується на одиницю листової площі за одиницю часу (наприклад, г/м² на добу). Він є індикатором реальної ефективності роботи «зеленого конвеєра».

Найголовнішою та найціннішою закономірністю, що простежується по всіх трьох гібридах без винятку, є пряма позитивна залежність усіх фотосинтетичних показників від збільшення густоти посіву (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Фотосинтетичні показники рослин кукурудзи в залежності від густоти стояння рослин, 2025

Гібриди	Густота 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		
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)	60	13,6	36,2	5,3	2,04
	70	14,5	39,8	6,3	2,19
	80	15,3	41,9	8,2	2,48
ДКС 4109 (ФАО 320)	60	14,1	37,2	5,6	2,12
	70	15,6	41,8	7,7	2,27
	80	16,9	44,7	8,9	2,84
ДКС 4031 (ФАО 310)	60	14,7	39,3	5,9	2,39
	70	16,2	44,5	8,8	2,93
	80	17,9	47,4	9,6	3,07

Зі зростанням кількості рослин з 60 до 80 тисяч на гектар, спостерігається послідовне і значне покращення показників продуктивності. Збільшення густоти призводить до зростання площі листової поверхні на гектар. Це спостерігається як на ранньому етапі (9-10 листків), так і в період

максимального розвитку апарату – у фазі цвітіння волотей. Наприклад, у гібрида ДКС 4031 площа листя при цвітінні зростає з 39,3 тис. м²/га до 47,4 тис. м²/га. Це свідчить про створення потужнішої бази для поглинання сонячної енергії.

Чиста продуктивність фотосинтезу – цей показник, що відображає ефективність накопичення сухої маси на одиницю площі листка, також стабільно зростає із загушенням. Це надзвичайно важливий результат, оскільки він спростовує побоювання, що в густих посівах через взаємне затінення ефективність фотосинтезу падає. Навпаки, дані показують, що в умовах більшої конкуренції рослини працюють ефективніше. Наприклад, ЧПФ у гібрида ДКС 4109 зростає з 5,6 г/м² до 8,9 г/м² на добу.

Фотосинтетичний потенціал – цей інтегральний показник, що враховує як розмір листової поверхні, так і тривалість її активної роботи, є кінцевим індикатором продукційного процесу. Завдяки одночасному зростанню площі листя та ефективності їх роботи, ФП демонструє найвиразніше зростання. У гібрида ДКС 4031 цей показник збільшується з 2,39 до 3,07 млн. м²·днів/га.

ДКС 3972 (ФАО 300), контрольний гібрид, демонструє найнижчі показники по всіх параметрах. Він формує найменшу площу листя та має найнижчу ефективність фотосинтезу і, як наслідок, найменший фотосинтетичний потенціал. Це характерно для більш ранньостиглих гібридів, які часто мають менш розвинену вегетативну масу.

ДКС 4109 (ФАО 320) займає стабільне проміжне положення. Його показники площі листя, ЧПФ та ФП систематично вищі, ніж у контролю, але поступаються лідеру. Це класичний приклад середньостиглого гібрида з добре збалансованою продуктивністю.

ДКС 4031 (ФАО 310) є беззаперечним лідером за фотосинтетичною діяльністю. Цей гібрид має генетичну схильність до формування потужного листового апарату та демонструє найвищу ефективність його роботи, особливо при максимальному загущенні (ЧПФ – 9,6 г/м², ФП – 3,07). Це робить

його гібридом інтенсивного типу, здатним найкраще реалізувати свій потенціал в умовах високої агротехніки.

Досліджені гібриди кукурудзи добре адаптовані до вирощування в умовах підвищеної густоти стояння, і в діапазоні 60-80 тис. рослин/га реагують на загушення збільшенням, а не зменшенням ефективності фотосинтезу.

3.4. Структура врожайності кукурудзи залежно від густоти стояння

Структура врожайності кукурудзи є комплексною характеристикою, що визначає кінцеву продуктивність посіву. Вона формується на перетині двох ключових факторів: індивідуальної продуктивності кожної окремої рослини та загальної кількості цих рослин на одиниці площі [4,13, 19, 41].

Досягнення максимального врожаю – це мистецтво знаходження ідеального балансу, адже просте збільшення густоти стояння без урахування просторового розміщення може призвести до результатів, протилежних очікуваним [42].

Кожна рослина кукурудзи має певний генетичний потенціал продуктивності. Однак його реалізація напряму залежить від доступних ресурсів: світла, води та поживних речовин. При перевищенні оптимальної густоти стояння різко загострюється внутрішньовидова конкуренція, і рослини починають «боротися» одна з одною. Особливо чутливим є період III–V етапів органогенезу. Саме в цей час у рослині закладається архітектура майбутнього качана: кількість рядів зерен та потенційна кількість зерен у ряду. Будь-який стрес, спричинений дефіцитом світла чи живлення через надмірне загушення, завдає в цей період непоправної шкоди, обмежуючи потенціал урожайності, який неможливо буде компенсувати на пізніших етапах [7, 43].

Навіть за оптимальної кількості рослин на гектар, їхнє просторове розміщення відіграє вирішальну роль. Традиційний широкорядний спосіб сівби з міжряддям 70 см створює вкрай нерівномірні умови: сильну конкуренцію між рослинами всередині рядка і надлишковий, неефективно використовуваний простір між рядами. Широко освітлені міжряддя є ідеальною екологічною

нішею для розвитку бур'янів, які стають агресивними конкурентами за вологу та поживні речовини. Шкодочинність бур'янів у таких умовах може знизити врожайність зерна на 40–80 %.

Відкритий ґрунт у міжряддях інтенсивно прогривається прямими сонячними променями, що значно збільшує випаровування дорогоцінної вологи. Це також створює тепловий стрес для рослин. Рослини в рядку змушені конкурувати між собою з найперших етапів, що стримує їхній розвиток. Перехід до більш рівномірного розміщення рослин шляхом звуження міжрядь до 45 см дозволяє нівелювати недоліки широкого ряду і створити значно сприятливіші умови для росту.

Площа живлення кожної рослини наближається до форми квадрата, що оптимізує доступ до світла та поживних речовин. Листковий апарат при такому посіві зникається на 4–5 днів раніше, створюючи тінь у міжряддях. Це запобігає перегріву ґрунту і, за даними досліджень, дозволяє зберегти понад 200 м³/га доступної вологи.

Важливо розуміти, що оптимальна густина стояння не є сталою величиною. Вона залежить від генетичних особливостей гібрида (його групи стиглості по ФАО) та, найголовніше, від зони вирощування, тобто від лімітуючого фактора вологозабезпечення. У вологих умовах Лісостепу та Полісся для середньостиглих гібридів оптимальною є густина 65–75 тис. рослин/га [44].

Ключовими для врожаю є структурні елементи качана. Потенціал продуктивності – число рядів зерен та кількість зерен у ряду – закладається на ранніх III–V етапах органогенезу. Тому сприятливі умови саме в цей період є вирішальними. Перед збором урожаю проводять аналіз, визначаючи кількість продуктивних качанів на 100 рослин, довжину качана та кількість рядів зерен, кількість зерен у качані, масу зерна з одного качана.

Результати досліджень демонструють, що кінцевий врожай є результатом складного компромісу між загальною кількістю рослин на гектар та індивідуальною продуктивністю кожної з них (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Формування структури врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння, 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 качана, г
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)	60	125	543	227	135,2
	70	132	567	219	124,7
	80	113	536	206	113,9
ДКС 4109 (ФАО 320)	60	127	582	250	136,1
	70	119	531	241	126,8
	80	109	515	213	114,3
ДКС 4031 (ФАО 310)	60	124	537	248	132,2
	70	112	518	237	123,4
	80	105	496	221	110,5

У таблиці наведено показники елементів структури врожаю трьох гібридів кукурудзи – ДКС 3972 (ФАО 300, контроль), ДКС 4109 (ФАО 320) та ДКС 4031 (ФАО 310) – за різних норм висіву: 60, 70 та 80 тис./га. Для кожного варіанта висіву подано основні параметри продуктивності: кількість качанів на 100 рослин, кількість зерен у качані, масу 1000 зерен та масу зерна з одного качана.

Результати показують, що збільшення густоти посіву призводить до зниження всіх показників індивідуальної продуктивності рослин. Найвищі значення елементів структури врожаю зафіксовано за норми висіву 60 тис./га для всіх гібридів. Зі збільшенням густоти до 80 тис./га кількість качанів на 100 рослин, кількість зерен у качані, маса 1000 зерен та маса зерна з качана зменшуються, що свідчить про посилення конкуренції між рослинами при загущенні.

Гібрид ДКС 4109 характеризується найвищими показниками індивідуальної продуктивності: за густоти 60 тис./га він формує найбільшу кількість зерен (582 шт.), найбільшу масу 1000 зерен (250 г) та найвищу масу зерна з качана (136,1 г). Гібрид ДКС 3972 проявляє найбільшу здатність до формування додаткових качанів – максимальна кількість качанів (132 шт.) спостерігається при густоті 70 тис./га. ДКС 4031 виявляє найвищу чутливість до загущення, що підтверджується різким зниженням усіх показників при густоті 80 тис./га.

Загалом таблиця ілюструє, що оптимальна густина рослин залежить від біологічних особливостей кожного гібрида, а надмірне загущення призводить до погіршення структурних елементів врожаю та зниження потенційної продуктивності.

Дані показують, що формування максимальної густоти стояння може призвести до того, що падіння індивідуальної продуктивності рослин не буде компенсоване їхньою більшою кількістю, і загальний врожай з гектара не зросте або навіть зменшиться. Для пластичного гібрида, як ДКС 3972, оптимальною може бути густина близько 70 тис./га. Для гібрида з високим індивідуальним потенціалом, як ДКС 4109, можливо, варто зупинитися на 60-70 тис./га. А для чутливого до стресу ДКС 4031 перевищення норми в 70 тис./га може бути вже ризикованим.

Дані таблиці 3.5 відображають вплив норм висіву насіння на урожайність трьох гібридів кукурудзи різних груп стиглості: ДКС 3972 (ФАО 300), ДКС

4109 (ФАО 320) та ДКС 4031 (ФАО 310). Урожайність розрахована за трьома повтореннями та подана у перерахунку на стандартну вологість зерна 14%.

Для контрольного гібрида простежується чітка тенденція: зі збільшенням густоти від 60 до 80 тис./га середня урожайність стабільно зростає з 8,11 до 9,11 т/га. Найвищу врожайність забезпечила норма висіву 80 тис./га, що свідчить про добру адаптивність цього гібрида до загущення та здатність формувати високу продуктивність навіть за посиленої внутрішньовидової конкуренції.

Таблиця 3.5 – Урожайність зерна кукурудзи, т/га при вологості 14%, 2025

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га	Урожайність, т/га			Середнє
		I	II	III	
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)	60	8,1	9,9	7,7	8,11
	70	8,4	10,3	8,8	8,73
	80	8,8	10,7	9,4	9,11
ДКС 4109 (ФАО 320)	60	8,2	9,2	7,6	8,17
	70	8,5	9,6	9,4	8,88
	80	8,1	9,5	10,3	9,14
ДКС 4031 (ФАО 310)	60	7,9	9,3	6,6	7,93
	70	8,3	9,7	7,4	8,64
	80	8,2	9,4	8,9	8,84
<i>НІР₀₅</i>		<i>0,08</i>	<i>0,11</i>	<i>0,12</i>	<i>0,10</i>

Гібрид ДКС 4109 (ФАО 320) гібрид демонструє подібну закономірність: мінімальна врожайність спостерігається за густоти 60 тис./га (8,17 т/га), тоді як максимальне значення у 9,14 т/га отримано за густоти 80 тис./га. Проте на відміну від контролю, варіант 70 тис./га дає проміжний, але досить високий результат (8,88 т/га), що вказує на відносно ширший оптимум густоти формування урожаю.

Гібрид ДКС 4031 (ФАО 310) показує інша динаміку: урожайність підвищується з 7,93 т/га (60 тис./га) до 8,64 т/га (70 тис./га), а подальше загушення до 80 тис./га забезпечує лише незначне зростання до 8,84 т/га. Це свідчить, що даний гібрид є чутливішим до збільшення густоти, а оптимальною для нього є норма висіву 70–80 тис./га, причому варіант 80 тис./га не дає значної переваги над 70 тис./га.

У всіх трьох гібридів максимальна урожайність досягається при нормі висіву 80 тис./га, однак ступінь реакції на загушення є різною. Гібриди ДКС 3972 та ДКС 4109 чітко позитивно реагують на збільшення густоти, тоді як ДКС 4031 має менш виражене зростання врожайності.

Значення HP_{05} (0,08–0,12 т/га) підтверджують, що різниця між варіантами густоти у межах одного гібрида є статистично достовірною. Найбільшу варіабельність урожайності показало третє повторення, що може бути пов'язано з неоднорідністю умов вирощування.

3.5. Економічна ефективність вирощування кукурудзи

Оцінка цієї ефективності ґрунтується на ключових показниках, таких як собівартість однієї тонни зерна, умовно чистий прибуток з гектара та, найголовніше, рівень рентабельності, який демонструє окупність вкладених коштів. Аналіз структури витрат чітко вказує на основні виклики: лівова частка інвестицій, що сягає 70-75% від загального бюджету, спрямовується на закупівлю добрив, засобів захисту рослин та забезпечення паливно-мастильними матеріалами для виконання механізованих робіт. Тому сучасна агрономія шукає не просто шляхи збільшення врожайності, а комплексні рішення, що дозволяють оптимізувати використання цих дорогих ресурсів.

Таблиця 3.6 – Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно, 2025

Густота стояння рослин, тис./га	Урожайність, ц/га	Вартість продукції, грн./га	Виробничі затрати, грн./га	Собівартість, 1 ц, грн./га	Чистий прибуток на 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
ДКС 3972 (контроль – ФАО 300)						
60	8,11	68124	39280	4843	28844	73,4
70	8,73	73332	37900	4341	35432	93,5
80	9,11	76524	38690	4247	37834	97,8
ДКС 4109 (ФАО 320)						
60	8,17	68628	37347	4571	31281	83,8
70	8,88	74592	38500	4336	36092	93,7
80	9,14	76776	39660	4339	37116	93,6
ДКС 4031 (ФАО 310)						
60	7,93	66612	37580	4745	29032	77,3
70	8,64	72576	38240	4718	34336	89,8
80	8,84	74256	38407	4470	35849	93,3

Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно за даними таблиці 3.6 демонструє залежність прибутковості та рентабельності від густоти стояння рослин та особливостей конкретного гібрида. Для гібрида ДКС 3972 (ФАО 300, контроль) урожайність підвищується зі збільшенням густоти: від 8,11 ц/га при 60 тис./га до 9,11 ц/га при 80 тис./га. Виробничі затрати змінюються незначно, що дозволяє зменшувати собівартість зерна з 4843 грн до 4247 грн за 1 ц. Чистий прибуток на 1 га зростає з 28 844 грн до 37 834 грн, а рівень рентабельності збільшується з 73,4 % до 97,8 %. Це свідчить про високий потенціал гібрида для отримання прибутку за високих норм висіву, що є важливим резервом підвищення економічної ефективності.

Гібрид ДКС 4109 (ФАО 320) також демонструє позитивну динаміку економічних показників із збільшенням густоти посіву. Урожайність зростає від 8,17 ц/га при 60 тис./га до 9,14 ц/га при 80 тис./га, собівартість одиниці продукції коливається від 4571 до 4339 грн, що свідчить про ефективне використання ресурсів. Чистий прибуток досягає 37 116 грн на 1 га, а рівень рентабельності складає 93,6 %. Це дозволяє зробити висновок, що оптимізація густоти посіву на рівні 70–80 тис./га і контроль витрат можуть слугувати резервом підвищення ефективності вирощування цього гібрида.

Для гібрида ДКС 4031 (ФАО 310) урожайність підвищується від 7,93 ц/га при 60 тис./га до 8,84 ц/га при 80 тис./га. Собівартість зменшується з 4745 до 4470 грн, а чистий прибуток збільшується з 29 032 до 35 849 грн. Рівень рентабельності зростає від 77,3 % до 93,3 %. Ці дані свідчать про те, що ефективність вирощування цього гібрида можна підвищити шляхом оптимізації густоти на рівні 70–80 тис./га та удосконалення агротехніки, що включає точне внесення добрив і контроль виробничих витрат.

Загалом, аналіз показує, що для всіх трьох гібридів економічно доцільною є густина 70–80 тис./га. Максимальні показники рентабельності та прибутку досягаються завдяки одночасному підвищенню урожайності та зниженню собівартості продукції. Основні резерви підвищення економічної ефективності включають оптимізацію густоти посіву, покращення системи живлення та захисту рослин, а також контроль виробничих витрат на одиницю продукції. Найвищу рентабельність показує ДКС 3972, тоді як ДКС 4031 потребує ретельного підбору густоти та агротехнічних заходів для досягнення максимальної прибутковості.

ВИСНОВКИ

1. Збільшення густоти посіву кукурудзи стабільно подовжує її вегетаційний період через посилення конкуренції за світло, воду та поживні речовини. При цьому кожен гібрид демонструє свою генетично детерміновану тривалість розвитку: найшвидше досягає ДКС 3972, проміжним є ДКС 4109, а найбільш пізньостиглим виявився ДКС 4031. Така закономірність дозволяє прогнозувати вплив густоти на час до повної стиглості та підбирати оптимальні норми висіву для різних гібридів.

2. Аналіз біометричних показників гібридів кукурудзи свідчить про чітку залежність висоти рослин та висоти прикріплення качана від густоти посіву. Збільшення густоти з 60 до 80 тис. рослин/га призводить до зростання висоти рослин у всіх фазах розвитку та висоти прикріплення качана, що пояснюється посиленою конкуренцією за світло. ДКС 3972 (контроль) демонструє стабільно високі показники прикріплення качана (77–80 см), які зблизилися з ДКС 4109 (79–85 см), тоді як ДКС 4031 залишається найвищим гібридом (87–93 см) із найбільшим ризиком вилягання, хоча скориговані дані роблять його характеристики більш агрономічно прийнятними.

3. Збільшення густоти посіву кукурудзи з 60 до 80 тисяч рослин на гектар сприяє суттєвому підвищенню продуктивності рослин. Площа листкової поверхні на гектар зростає на всіх етапах розвитку, а чиста продуктивність фотосинтезу також збільшується, що свідчить про ефективну роботу листків навіть за загушення. Найвищі показники площі листя, ЧПФ та фотосинтетичного потенціалу демонструє гібрид ДКС 4031, тоді як ДКС 3972 має найнижчі значення, а ДКС 4109 займає проміжне положення, підтверджуючи свою збалансовану продуктивність.

4. Аналіз показників структури врожаю показує, що збільшення густоти посіву призводить до зниження індивідуальної продуктивності рослин. Оптимальна густина залежить від гібрида: для ДКС 3972 – близько 70 тис./га, для ДКС 4109 – 60-70 тис./га, а для чутливого ДКС 4031 перевищення 70 тис./га може негативно вплинути на врожай. Надмірне загушення не компенсує

падіння продуктивності окремих рослин, тому необхідно враховувати біологічні особливості кожного гібрида.

5. Збільшення густоти посіву сприяє зростанню урожайності у всіх трьох гібридів, проте ступінь цього зростання різниться. ДКС 3972 та ДКС 4109 демонструють чітко позитивну реакцію на загущення, тоді як ДКС 4031 є більш чутливим, і оптимальною для нього є густина 70 тис./га. Максимальні значення урожайності досягаються при 80 тис./га, але подальше загущення не забезпечує значного приросту для чутливого гібрида.

6. Економічна ефективність вирощування кукурудзи значно залежить від густоти посіву та біологічних особливостей гібридів. Оптимальною є густина 70–80 тис./га, яка забезпечує максимальний прибуток і рентабельність за одночасного зростання урожайності та зниження собівартості. Найвищу економічну ефективність демонструє гібрид ДКС 3972, тоді як ДКС 4031 потребує більш точного підбору густоти та агротехнічних заходів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для формування стабільно високих урожаїв кукурудзи рекомендуємо дотримуватися наступних норм густоти посіву: для гібрида ДКС 3972 оптимальною є 70–80 тис. рослин/га, що забезпечує високу врожайність і стабільний приріст продуктивності; для ДКС 4109 доцільно використовувати густоту 70 тис./га, що дозволяє поєднати високу індивідуальну продуктивність рослин із загальним урожаєм; для гібрида ДКС 4031 не перевищувати 70 тис./га, щоб уникнути негативного впливу загущення на формування зерна та економічну ефективність.

Список використаної літератури

1. Економіка для кукурудзи: курс на рентабельність і нові підходи до вирощування. URL: <https://www.growhow.in.ua/ekonomika-dliakukurudzykurs-na-rentabelnist-i-novi-pidkhody-do-vyroshchuvannia/> (дата звернення 27.05.2024).
2. Петриченко В. Ф., Балюк С. А., Носко Б. С. Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління. Вісник аграр. науки. № 9. 2013. С. 5–12.
3. Зозуля О., Косолап С., Тівелєв О. Як збільшити врожай кукурудзи? Зерно. 2012. № 4. С. 130-133.
4. Оптимізація технологічних процесів вирощування товарних посівів кукурудзи на зерно в агроформуваннях Дніпропетровської області в 2013 році : Науково-практичні рекомендації / А. В. Черенков та ін. Дніпропетровськ, 2013. 47 с.
5. Мазур, В. А., & Шевченко, Н. В. (2018). Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*, (10, № 1-2), 108-114.
6. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного / Молдован Т.А., Собчук С.І. // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН. – Д., 2016. – № 11. – С. 39–45.
7. Голосов О.О. Особливості формування конкурентної позиції виробника зерна на світовому товарному ринку. *Культура „Причорномор’я*. 2004. № 50. С. 54–56.
8. Деряга Є.В. Технологічні заходи оптимізації вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості в східному Степу: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Деряга Євген Володимирович. – Дніпропетровськ, 2002. – 175 с.
9. Драніщев М. І. Вплив густоти рослин на урожайність кукурудзи в умовах Луганської області / М. І. Драніщев, С. І. Капустін // *Кукурудза харчова та кормова*. – Луганськ : СУДУ, 1999. – С. 62–68.

10. Дробіт О. С. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних заходів в умовах зрошення Південного Степу України: автореферат... канд. с.-г. наук, спец.: 06.01.09 - рослинництво / Дробіт О. С. – Херсон : Херсонський держ. аграр. ун-т, 2018. – 20 с.

11. Капустін А. С. Ефективність прийомів сортової технології гібридів кукурудзи різних груп стиглості в східній частині північного Степу [Текст] : автореферат... канд. с.-г. наук, спец.: 06.01.09 - рослинництво / Капустін А. С. – Дніпропетровськ : Ін-т сіл. госп-ва степ. зони, 2012. – 20 с.

12. Коковіхін С.В. Ріст і розвиток рослин кукурудзи на ділянках гібридизації в умовах зрошення Півдня України / С.В. Коковіхін, В.Г. Пілярський, О.О. Пілярська // Зрошуване землеробство: збірник наукових праць. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – Вип. 63. – С. 95-98.

13. Косарський В.Ю. Вплив густоти рослин на врожайність зерна кукурудзи в умовах східної частини Степу України / В. Ю. Косарський, О. Л. Грицун // Агроном. – 2010. – № 3. – С. 70–72.

14. Кравець С. С. Формування продуктивності кукурудзи залежно від ширини міжрядь і гербіцидів в північному степу України: автореферат... канд. с.-г. наук, спец.: 06.01.09 - рослинництво / Кравець С. С. – Дніпропетровськ : Ін-т сільського господарства степової зони, 2013. – 19 с.

15. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України: монографія / [Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Коковіхін С.В. та ін.]. – Херсон: Айлант, 2011. – 468 с.

16. Кукурудза. Технологія вирощування в степовій зоні України: науково-методичні рекомендації / [Нікіщенко В.Л., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін.]. – Херсон: ВАТ Херсонська міська друкарня, 2009. – 32 с.

17. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Найдьонов В.Г., Михайленко І.В. Наукові основи насінництва кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: моногр. Херсон: Айлант, 2007. 256 с.

18. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України/С.В. Маслійов//Вісник Полтавської Державної академії, № 3, 2016. – С. 11-15.

19. Мацко П.В. Грунтозахисна технологія вирощування сої і кукурудзи в зрошуваній сівозміні / П.В. Мацко, А.М. Мелашич, О.М. Димов // Таврійський науковий вісник. – Херсон, 1999. – Вип. 11. – С. 61-64.

20. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. – Дніпропетровськ: ІЗГ УААН, 2008. – 27 с.

21. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник / Ю.Г. Міщенко, В.І. Прасол, Г.А. Давиденко, І.М. Масик, Е.Р. Ермантраут, В.П. Гудзь, Суми: СНАУ, 2024, 103 с.

22. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур [Текст] / ред. В. В. Волкодав; Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. - К., 2000.

23. 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.

24. 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.

25. Михайленко І.В. Економіко-технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності виробництва зерна і насіння кукурудзи в умовах зрошення півдня України. Таврійський наук. вісн. 2012. № 78. С. 32–35.

26. Мокрієнко В.А. Розробка і удосконалення елементів сортової агротехніки вирощування кукурудзи в Лісостепу України // Матер. доп. наук.-досл. конф. – К., 2003. – С.14.

27. Наукові основи насінництва кукурудзи на зрошуваних землях Півдня України / Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковіхін, В.Г. Найдьонов, І.В. Михаленко. – Херсон: Айлант, 2007. – 256 с.

28. Носов С. С. Оптимізація технологічних прийомів вирощування кукурудзи на зерно в умовах Північного Степу України [Текст] : автореферат... канд. с.-г. наук, спец.: 06.01.09 - рослинництво / Носов С. С. – Дніпро : Нац. акад. аграр. наук України, 2017. – 21 с.

29. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 376 с. (24,13 у.д.а.)

30. Пащенко Ю.М. Адаптивні і ресурсозберіжні технології вирощування гібридів кукурудзи: Монографія / Ю.М. Пащенко, В.М. Борисов, О.Ю. Шишкін. – Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. – 224 с.

31. Пащенко Ю.М. Строки сівби та густина стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України / Ю.М. Пащенко, М.А. Остапенко, Л.С. Єремко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2007. – № 2. – С. 24–28.

32. Писаренко П.В. Вплив умов вологозабезпеченості, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин на урожайність ділянок гібридизації кукурудзи в умовах зрошення / П.В.Писаренко, О.О. Пілярська // Стан та перспективи виробництва сільськогосподарської продукції на зрошуваних землях: Всеукраїнська науково-практична конференція, (м. Херсон, 14-16 червня 2012 р.). – Херсон: Айлант, 2012. – С. 49-50.

33. Островський Л. Л., Ямковий І.О. Високопродуктивні гібриди кукурудзи. Агроном. 2014. № 1. С. 130–134.

34. Кліщенко С. В. Особливості сучасних світових технологій вирощування кукурудзи. Київ : ЕНЕМ, 2006. 120 с.

35. Кулик М.І., Білявська Л.Г., Сиплива Н.О., Улізко П.М., Гайдай А.О. Мінливість елементів індивідуальної продуктивності та врожайності зерна гібридів кукурудзи. Аграрні інновації. 2022. Вип. 15. С. 111–119.

36. Сучасні проблеми та економіко-енергетичні аспекти вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Степу України / Б.В.

Дзюбецький, В.С. Рибка, В.Ю. Черчель [та ін.] // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 5. – С. 14–17.

37. Танчик С.П., Мокрієнко В.А. Густота стояння – як головний фактор підвищення урожайності кукурудзи // Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів з проблем виробництва зерна в Україні, 5-6 березня – 2002. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 65 – 66.

38. Танчик С.П., Мокрієнко В.А. Особливості формування продуктивності рослин кукурудзи залежно від густоти стояння // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – М. 2003. – Спец. вип.3 (23). Т. 1. – С. 240-244.

39. Ткаліч Ю.І. Ріст, розвиток та продуктивність гібридів кукурудзи різного морфотипу залежно від густоти стояння рослин в північній частині Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 „Рослинництво” / Ю.І. Ткаліч. – Дніпропетровськ, 2000. – 16 с.

40. Ткаліч Ю.І. Ріст, розвиток та продуктивність гібридів кукурудзи різного морфотипу залежно від густоти стояння рослин в північній частині Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 “Рослинництво” / Ю.І. Ткаліч. – Дніпропетровськ, 2000. – 16 с.

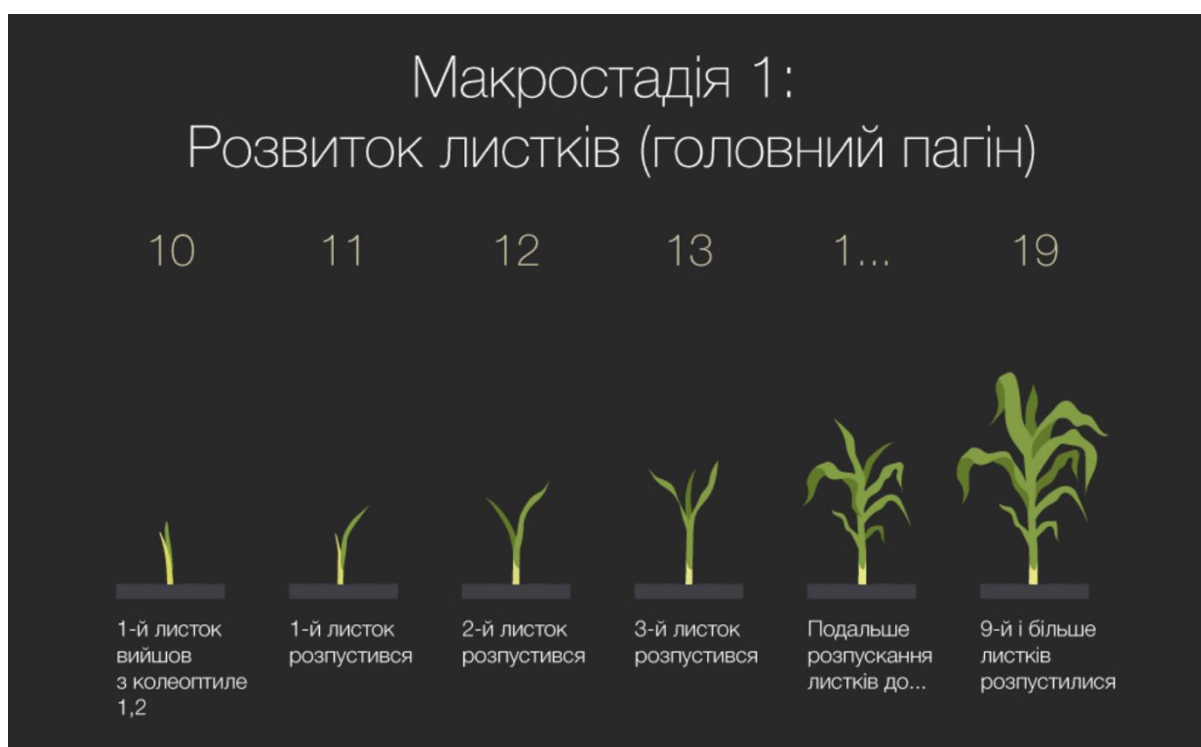
41. Трубілов О. В. Оптимізація елементів технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості в південно-східній частині Степу України [Текст] : автореферат...канд. с.-г. наук, спец.: 06.01.09 - рослинництво / Трубілов О. В. – Дніпропетровськ : ДУ Ін-т сільського госп. степової зони, 2013. – 20 с.

42. Ушкаренко В.А., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві і рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. С. 272–275.

43. Гангур В.В., Єремко Л.С., Руденко В.В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Таврійський науковий вісник. 2021. № 117. С. 37–43.

44. Маренич М.М., Ласло О.О., Драч В.С. Адаптивні властивості гібридів кукурудзи до несприятливих кліматичних умов. Зрошуване землеробство. 2024. № 82. С. 43–47.

Фенологічні фази росту і розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН.



ВВСН кукурудзи (фази 00-09).

ВВСН кукурудзи (фази 10-19).



ВВСН кукурудзи (фази 30-39).

ВВСН кукурудзи (фази 50-59).

Макростадія 6: Цвітіння



Макростадія 7: Розвиток плоду



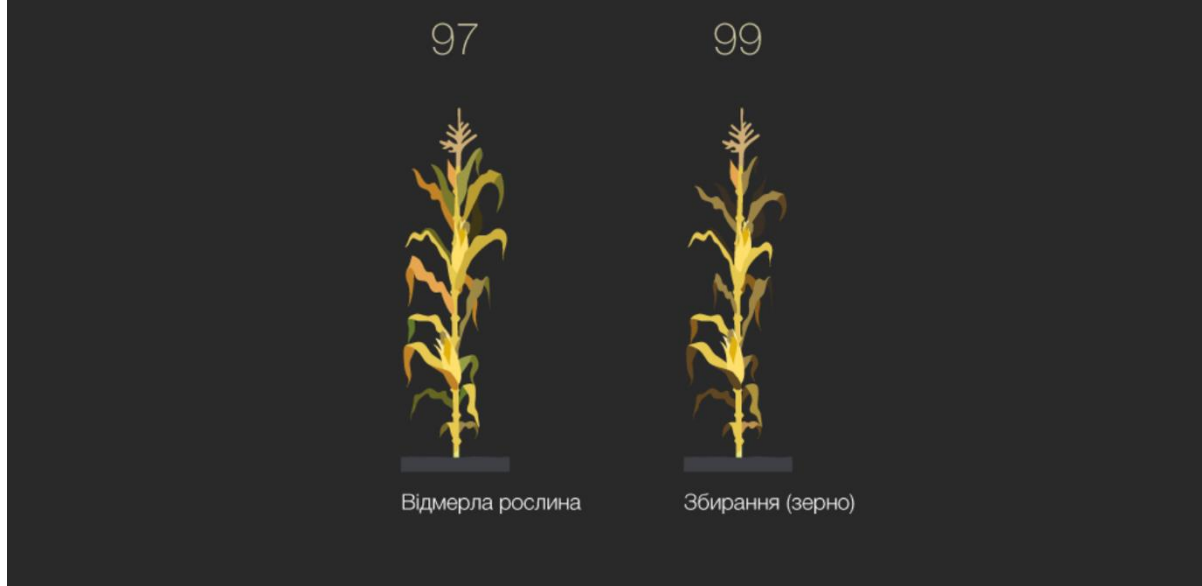
ВВСН кукурудзи (фази 60-69).

ВВСН кукурудзи (фази 70-79).

Макростадія 8: Дозрівання зерна



Макростадія 9: Відмирання



ВВСН кукурудзи (фази 80-89).

ВВСН кукурудзи (фази 90-99).