

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

ПОГОДЖЕНО
Декан агробіологічного
факультету
 д.с.-г н., професор
 _____ Віталій КОВАЛЕНКО
 «_____» _____ 2025 р.
 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
рослинництва
 д.с.-г н., професор
 _____ Світлана КАЛЕНСЬКА
 «_____» _____ 2025

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему « ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ
КУКУРУДЗИ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

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

Гарант освітньої програми

д. с.-г. наук, професор _____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

Керівник магістерської роботи

к. с.-г. н., доцент _____ **Любов ГОНЧАР**

Виконав

_____ **Сергій ГОРБАТЕНКО**

КИЇВ - 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Затверджую
Завідувач кафедри
Рослинництва**

д. с.-г. наук, професор _____ Світлана КАЛЕНСЬКА

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Горбатенку Сергію Ігоровичу

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

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Продуктивність та адаптивність гібридів кукурудзи в умовах кіровоградської області» затверджена наказом від “18” вересня 2025 р. № 1977 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 17.10.2025 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи. Дослідження проводилися протягом 2025 р. у ФГ «Велика Вись», яке знаходиться у місті Новомиргород Новоукраїнського району Кіровоградської області та належить до зони Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- встановити польову схожість в залежності від густоти стояння рослин кукурудзи;
- встановити дати настання фаз вегетації гібридів кукурудзи;
- провести моніторинг висоти рослин протягом вегетації за різної густоти стояння;
- визначити залежність у формуванні структурних елементів врожаю від густоти стояння гібридів кукурудзи;
- розрахувати економічну ефективність кожного гібриду кукурудзи в залежності від густоти стояння рослин.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської роботи _____ Любов ГОНЧАР

Завдання прийняв до виконання _____ Сергій ГОРБАТЕНКО

РЕФЕРАТ

Магістерська робота написана на 55 сторінках комп'ютерного тексту, вона містить 4 розділи, висновки, пропозиції виробництву, список використаної літератури в кількості 48, 10 таблиць і 5 рисунків.

У першому розділі міститься аналітичний огляд літературних джерел щодо перспектив вирощування гібридів кукурудзи та оптимізації сучасних технологічних прийомів їх вирощування.

У другому розділі детально охарактеризовано умови проведення польових досліджень, представлено схему досліду та описано технологічну схему вирощування.

Третій розділ містить у собі інформацію по впливу густоти стояння на структурні елементи врожаю, а також фенологічні спостереження протягом росту і розвитку рослин кукурудзи.

У четвертому розділі проведено оцінку економічної ефективності гібридів за різних густот стояння. Робота завершується формулюванням висновків та практичних рекомендацій для сільськогосподарського виробництва.

**КУКУРУДЗА, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ, ГУСТОТА
СТОЯННЯ, ГІБРИД, ФЕНОЛОГІЯ, СТРУКТУРА ВРОЖАЮ,
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ**

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1 Вирощування кукурудзи в Україні та світі	10
1.1 Світове та вітчизняне виробництво кукурудзи, стан та перспективи впровадження.	10
1.2. Еколого-біологічні основи вирощування кукурудзи	12
1.3. Роль гібридів у підвищенні продуктивності культур.....	14
1.4. Фази розвитку, етапи органогенезу та міжнародна оцінювальна шкала розвитку кукурудзи (ВВСН)	16
1.5 Оптимізація технологічних прийомів у вирощуванні кукурудзи.....	18
Розділ 2 Місце, умови та методика виконання досліджень.....	21
2.1 Місце проведення досліджень	21
2.2 Ґрунти дослідної ділянки та їх характеристика	21
2.3 Погодно-кліматичні умови регіону.....	24
2.4 Схеми дослідів та методика проведення дослідження.....	27
Розділ 3 Ріст і розвиток рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин.....	30
3.1 Польова схожість насіння кукурудзи залежно від густоти стояння рослин.....	30
3.2 Дати настання фаз вегетації гібридів кукурудзи	32
3.3 Висота гібридів кукурудзи протягом вегетації.....	34
Розділ 4 Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння	38
4.1 Структура врожаю гібридів кукурудзи в залежності від густоти стояння гібридів кукурудзи	38
Розділ 5 Економічна ефективність технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин	43
Висновки	46
Пропозиції виробництву.....	48
Список використаної літератури	49

ВСТУП

Кукурудза є однією з основних сільськогосподарських культур України, чим відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки, формуванні експортного потенціалу країни, а також розвитку аграрного сектору. У період 2024-2025 за оцінками Міністерства аграрної політики та продовольства України, експорт кукурудзи досягнув досить великих обсягів, що підтверджує її статус, як однієї з ключових культур в експорті. Кукурудза займає ключове місце поміж зернових культур за обсягами виробництва завдяки: високій урожайності, універсальності використання (для продовольчих, кормових, а також технічних цілей) та попиту на світових ринках. Україна завдяки тому, що володіє сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, зокрема родючими чорноземами і помірним кліматом, має чималий потенціал для вирощування кукурудзи на великих площах.

Актуальність теми. В умовах Кіровоградської області кукурудза, зазнає стресових факторів таких, як високі літні температури, нестабільна вологозабезпеченість, періодичні посухи, чим негативно впливає на продуктивність. Вибір гібридів із високою посухостійкістю й адаптивністю до місцевих умов є важливим для забезпечення стабільних врожаїв. Поміж цим, оптимальна густина стояння рослин має значний вплив на формуванні продуктивності, адже надмірна густина може призводити до конкуренції за ресурси, а от недостатня призведе до не повного використання потенціалу культури. Науково обґрунтовані рекомендації стосовно вибору гібридів, густоти посіву й агротехнічних заходів допоможуть аграріям мінімізувати втрати врожаю, а також підвищити рентабельність виробництва.

Сучасні гібриди кукурудзи хоч і мають стійкості до несприятливих умов, проте на практиці сільському господарству бракує чітких наукових рекомендацій, які б визначили оптимальні технології вирощування, які б враховували особливості різних гібридів і регіональні умови. Неправильний

вибір гібрида або агротехнічних заходів може призвести до зниження рівня врожайності, погіршення якості зерна та зменшення економічної ефективності виробництва.

Розробка та впровадження ефективних технологій вирощування кукурудзи, які адаптовані до умов Кіровоградської області, сприятиме зростанню конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва в регіоні. Актуальність наукових досліджень, які спрямовані на вивчення продуктивності та адаптивності гібридів кукурудзи полягає в тому, що це дозволить підвищити врожайність і оптимізувати використання ресурсів, зменшити вплив стресових факторів і покращити економічні показники, тому це залишається актуальною темою для подальшого дослідження.

Мета дослідження полягає у встановленні продуктивності та адаптивності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин в умовах Кіровоградської області.

Для досягнення зазначеної мети виконувались наступні завдання:

- визначити вплив густоти стояння рослин на польову схожість рослин кукурудзи;
- встановити оптимальну густоту стояння для досліджуваних гібридів кукурудзи для реалізації максимальної врожайності;
- оцінити вплив досліджуваних чинників на елементи структури врожаю, у тому числі на кількість зерен у качані, масу 1000 зерен та на урожайність;
- оцінити економічну ефективність вирощування досліджуваних гібридів кукурудзи за різних густот стояння рослин.

Об'єкт дослідження: процеси розвитку та росту рослин кукурудзи за вплив густоти стояння гібридів кукурудзи на врожайність.

Предмет дослідження – гібриди: ДКС 3969, ДКС 4098, ДКС 4024 і густоти стояння 65, 70, 75 та 80 тис. шт./га.

Методи дослідження. Польові експерименти: спостереження за процесами росту та розвитку рослин кукурудзи в природних умовах Кіровоградської області з метою оцінки впливу різних густот стояння на польову схожість і загальну продуктивність гібридів. Візуальні та інструментальні вимірювання: проведення аналізу біометричних характеристик рослин (висота стебла, кількість листків, маса качана) та елементів структури врожаю (кількість зерен у качані, маса 1000 зерен) для визначення їх залежності від густоти стояння. Економічний аналіз: порівняльна оцінка економічної доцільності вирощування гібридів кукурудзи за різної густоти стояння для визначення найбільш рентабельних технологій вирощування.

Публікації. За темою магістерської роботи було опубліковано 1 тезу доповідей на міжнародній конференції.

РОЗДІЛ 1

ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Огляд літератури

1.1 Світове та вітчизняне виробництво кукурудзи, стан та перспективи впровадження.

Кукурудза (*Zea mays* L.) відносять до провідних зернових культур світу та виконує стратегічну роль у кормовому, технічному і продовольчому секторах аграрного виробництва. Її висока генетична продуктивність, адаптивність до різних кліматичних зон і багатофункціональність використання зумовили постійне розширення посівних площ у більшості країн. Станом на 2024 рік світове виробництво зерна перевищило 1,2 млрд тон, чим забезпечило культурі першість серед зернових, випередивши пшеницю та рис. Основні напрями переробки охоплюють виробництво продуктів харчування, крохмалю, біоетанолу, комбікормів для тварин, а також використання як сировини для фармацевтичної та хімічної промисловості [9].

Лідерами за обсягами виробництва стало залишаються США, Китай, Бразилія та країни Європейського Союзу, на які разом припадає більш як дві третини світового валового збору. США протягом десятиліть зберігають першість, отримуючи щороку близько 380-400 млн тон зерна. Основні посіви зосереджені у «кукурудзяному поясі» (Corn Belt), де поєднання родючих ґрунтів, достатнього зволоження, сучасних агротехнологій і впровадження високопродуктивних гібридів забезпечує рекордні рівні урожайності. Китай стабільно утримує друге місце з виробництвом близько 270-280 млн тонн, що задовольняє насамперед потреби у кормовій та харчовій продукції. У Південній Америці Бразилія й Аргентина демонструють швидке зростання завдяки розширенню посівних площ, використанню інтенсивних технологій та орієнтації на експорт. Україна у свою чергу на рік виробляє 30 млн тон

кукурудзи. У Європейському Союзі річний обсяг виробництва сягає 65-70 млн тон, причому провідними виробниками є Франція, Італія, Угорщина, Румунія та Польща. Тут кукурудза виконує переважно кормову функцію, проте зростає й частка переробки на біоетанол та інші енергетичні продукти [1, 7].

Глобальні тенденції розвитку галузі відзначаються постійним підвищенням урожайності, що забезпечується впровадженням точного землеробства, розширенням площ під зрошення, використанням добрив нового покоління, селекцією генетично удосконалених гібридів та цифровим моніторингом посівів. Зростаючий попит на кукурудзу для виробництва біоетанолу особливо спонукає нарощування обсягів у США, Бразилії та країнах ЄС. Згідно аналітичних прогнозів глобальний попит на кукурудзу й надалі зростатиме на 1,0-1,2% щороку, зберігаючи її ключову роль у забезпеченні продовольчої та енергетичної безпеки [3, 4, 8].

Україна є одним із провідних світових виробників і експортерів кукурудзи. Внаслідок високої родючості чорноземів, сприятливого клімату, сучасних агротехнологій та широкого впровадження високопродуктивних гібридів у сприятливі за погодою роки валовий збір перевищує 35-40 млн тон, а експорт сягає 25-30 млн тон. Основними ринками збуту залишаються країни Європейського Союзу, Китай, Єгипет, Туреччина та Південна Корея. Конкурентні переваги українського зерна полягають у високій якості, відносно низькій собівартості виробництва та здатності виробників швидко адаптуватися до змін ринкової кон'юнктури [5].

Водночас галузь стикається з низкою викликів. Кліматичні зміни підвищення температур, нерівномірний розподіл опадів і посушливі періоди створюють ризики для стабільності врожаю. Додаткові труднощі спричиняють воєнні дії та обмеження логістики, що призводили до тимчасового скорочення посівних площ та ускладнення експорту. Попри це Україна зберегла значну частину своїх позицій на світових ринках завдяки диверсифікації експортних

маршрутів, зокрема використанню дунайських портів і сухопутних шляхів до країн ЄС [2, 6, 10].

Подальший розвиток світового й українського виробництва кукурудзи безпосередньо залежить від впровадження кліматично стійких і високопродуктивних гібридів, удосконалення технологій точного землеробства, розширення зрошуваних площ та ефективнішого використання агроресурсів. Для України стратегічним пріоритетом залишається збереження й нарощування експортного потенціалу шляхом інтенсифікації виробництва, оптимізації густоти стояння рослин і впровадження інноваційних агротехнологій, що дозволить забезпечити стабільні врожаї навіть за умов кліматичних коливань і економічних ризиків [4, 5].

1.2. Еколого-біологічні основи вирощування кукурудзи

Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до культур із високим потенціалом продуктивності, реалізація якого значною мірою зумовлена гармонійною взаємодією біологічних властивостей рослини та чинників довкілля. Як представник рослин із C_4 - типом фотосинтезу, вона характеризується підвищеною ефективністю засвоєння сонячної енергії й вуглекислого газу, що забезпечує інтенсивний приріст біомаси та високу врожайність у широкому спектрі кліматичних умов. Добре розвинена коренева система, яка може проникати на глибину понад 1,5 м, сприяє кращому використанню вологи й елементів живлення з глибших шарів ґрунту, підвищуючи стійкість до тимчасових посух і забезпечуючи ефективніше використання ґрунтових ресурсів навіть за обмеженого зволоження. [14, 17].

Одним із визначальних факторів формування врожайності є густина стояння рослин. На відміну від інших зернових культур, кукурудза демонструє високу адаптивність до зміни площі живлення, проте надмірне загущення призводить до різної реакції залежно від генотипу, умов вирощування та

агротехнічних прийомів. Підвищення густоти посіву зумовлює посилену конкуренцію за світло, вологу та поживні речовини, що впливає на морфогенез: зменшуються діаметр стебла, довжина качана, кількість зерен у рядку та маса 1000 насінин. Водночас сучасні гібриди відзначаються вищою толерантністю до стресу, спричиненого загущенням, що дозволяє підвищувати щільність посівів без істотного зниження врожайності. [13, 16, 18]

Фізіологічна реакція кукурудзи на зростання густоти визначається особливостями фотосинтетичної активності, розподілом асимілянтів і рівнем транспірації. Підвищення щільності стимулює вертикальне орієнтування листків, що збільшує коефіцієнт поглинання фотосинтетично активної радіації, проте надмірне затінення нижніх ярусів знижує чисту продуктивність фотосинтезу. Дослідження окремих європейських полів показують, що оптимальна густина сприяє зростанню індексу листової поверхні та більш збалансованому розподілу біомаси між вегетативними й генеративними органами. [15, 19]

Агрономічно оптимальна густина (AOPD) для провідних гібридів залежить від регіону, гібридної групи та умов вирощування й часто коливається в межах 60-90 тис. рослин/га у сучасних інтенсивних технологіях. Зростання AOPD у частині європейських районів сприяло підвищенню врожайності, що стало можливим завдяки селекції, впровадженню точного землеробства й адаптації сівозмін. [11, 17, 21]

Оптимізація густоти стояння тісно пов'язана з ресурсозбереженням. Поєднання правильної кількості рослин і ширини міжрядь забезпечує ефективніше використання води й добрив, зменшує випаровування вологи та втрати азоту, а також покращує співвідношення енерговитрат і продуктивності. Польові дослідження в Україні та Центральній Європі показали, що збільшення густоти до оптимальних показників (приблизно 65-85 тис. рослин/га) підвищує

коефіцієнт використання сонячної енергії та азоту на ~10-15% порівняно з менш щільними посівами. [13, 16, 20]

Регіональні умови також мають суттєве значення. У зонах із нестачею вологи надмірне загушення може викликати передчасне в'янення рослин, зменшення маси зерна та ризик стерильності під час цвітіння. У зрошуваних або вологих регіонах, навпаки, вища щільність посівів сприяє ефективнішому використанню світла й азоту, що забезпечує підвищення врожайності. Огляд європейських досліджень підтверджує, що оптимальна густина має визначатися з урахуванням біологічних характеристик гібриду, рівня мінерального живлення та технологічних параметрів від способу сівби до системи удобрення [16, 17, 22]

Отже, еколого-біологічні основи вирощування кукурудзи визначаються поєднанням фізіологічних механізмів, агротехнічних заходів та умов довкілля. Інтегрований підхід селекція, точне землеробство, збалансоване живлення, ефективне управління водними ресурсами та урахування регіональних особливостей є шляхом до підвищення врожайності, раціонального використання ресурсів і адаптивності до глобальних кліматичних змін. [11, 13, 17, 23]

1.3. Роль гібридів у підвищенні продуктивності культур.

Одним із головних напрямів сучасної селекції кукурудзи є створення гібридів, здатних максимально реалізувати свій продуктивний потенціал за різних агроєкологічних умов. У структурі технології вирощування вирішальним чинником виступає густина стояння рослин, що безпосередньо впливає на рівень конкуренції за світло, вологу та поживні речовини. Стабільність та ефективність використання ресурсів за високої густоти посівів значною мірою залежать від біологічних особливостей конкретного гібрида. [27]

В Україні значного поширення набули гібриди компанії Dekalb - ДКС 3969, ДКС 4098 та ДКС 4014, що відносяться до однієї групи стиглості (ФАО

310). Незважаючи на спільну тривалість вегетації, вони демонструють різну зокрема, архітектоніку рослини, рівень адаптивності та реакцію на зміну густоти посівів. Польові випробування в західному Лісостепу України показали, що вибір гібридів із вищою пластичністю дає перевагу в умовах змінної погоди в дослідженні «Productive of corn hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine» порівнюють гібриди ранньої та середньої стиглості за врожайністю та стійкістю. [28]

ДКС 3969 вирізняється швидкими темпами початкового росту та добре розвиненою кореневою системою, що забезпечує йому стабільність за різних умов зволоження. Оптимальна густота для формування врожаю цього гібрида часто визначається в інтенсивних технологіях на рівні 80 - 85 тис. рослин/га. Його архітектоніка помірна висота рослини, рівномірне розташування листків сприяє ефективному використанню сонячної енергії навіть при ущільнених посівах. [29]

ДКС 4098 характеризується більш вертикально орієнтованим листковим апаратом і високим коефіцієнтом використання фотосинтетично активної радіації. Це дозволяє йому ефективно функціонувати за вищих густот стояння до 90-95 тис. рослин/га. У міжнародному дослідженні показано, що використання нових гібридів із трейтами адаптації дозволяє зберігати продуктивність у конкурентних умовах, завдяки чому такі гібриди рекомендовані для інтенсивних технологій в регіонах із достатнім рівнем забезпечення ресурсами. [29, 30]

ДКС 4014 відзначається підвищеною стійкістю до стресових факторів, зокрема до коливань температури та нестачі вологи. Він формує рівномірні качани навіть за нижчої густоти стояння (70-75 тис. рослин/га), що робить його придатним для вирощування у зонах ризикованого землеробства, де можливі обмеження водозабезпечення. У дослідженні щодо адаптації гібридів до зміни

клімату показано, що гібриди із адаптаційними рисами краще витримують коливання умов і зменшують втрати врожайності. [29, 30]

Зазначені відмінності підтверджують, що навіть гібриди з однаковим ФАО мають різний тип адаптивності та оптимальні параметри густоти стояння. Це вказує на те, що при використанні гібридів у різних зонах України від інтенсивного Лісостепу до посушливого Степу слід застосовувати зонований підхід. [28, 30]

На рівні із зарубіжними гібридами велике значення має український сортовий потенціал. У дослідженні Voiko et al. (2024) «The efficiency of maize production under the conditions of climate change in Ukraine» показано, що застосування високопродуктивних гібридів разом з елементами біологізації допомагає підтримувати конкурентоспроможність навіть в умовах кліматичного стресу. [31]

Таким чином, гібриди кукурудзи з однаковим ФАО (310) можуть значно відрізнитися за морфо-біологічними характеристиками, що обумовлює їхню специфічну реакцію на густоту стояння. ДКС 3969, ДКС 4098 та ДКС 4014 ілюструють різні типи адаптивності: від універсального (ДКС 4014) до інтенсивного (ДКС 4098). У поєднанні з українськими адаптованими гібридами формується підґрунтя для збільшення ефективності й стабільності зернового виробництва в Україні. [27, 28, 30, 31]

1.4. Фази розвитку, етапи органогенезу та міжнародна оцінювальна шкала розвитку кукурудзи (BVCH)

Розвиток кукурудзи є багатоступеневим процесом, що охоплює послідовну зміну фенологічних фаз і стадій органогенезу, які визначають рівень врожайності та здатність культури адаптуватися до зовнішніх факторів. В умовах сучасного агровиробництва важливим аспектом є узгодження морфогенезу рослин із густотою стояння, оскільки цей параметр істотно

впливає на реалізацію генетичного потенціалу гібридів. Для уніфікованого опису фенологічного розвитку використовується міжнародна шкала BBCH, розроблена на основі стандартів FAO, що дозволяє деталізовано відтворювати процеси органогенезу у вигляді стандартизованих етапів. [14, 17, 32]

Початкові фази розвитку, що охоплюють проростання та появу сходів (BBCH 00-09), формують основу рівномірності посівів і подальшого росту рослин. На цьому етапі густина стояння має обмежений вплив, однак у разі надмірної щільності в поєднанні з дефіцитом вологи можливе зниження енергії росту та нерівномірність сходів. Наступний етап, що відповідає фазі появи листків (BBCH 10-19), характеризується активним формуванням фотосинтетичного апарату. У цей період відбувається закладання генеративних органів паралельно з наростанням вегетативної маси, тому густина стояння набуває критичного значення: оптимальні параметри забезпечують рівномірний розвиток листків, тоді як надмірна щільність спричиняє затінення нижніх ярусів і зменшення фотосинтетичної продуктивності. [10, 5, 32]

На стадії інтенсивного росту стебла та формування генеративних органів (BBCH 30-39) закладається структурна основа майбутнього врожаю. За підвищеної густоти спостерігається витягування міжвузлів і підвищення ризику вилягання, що підтверджено експериментальними даними. Проте сучасні гібриди завдяки вдосконаленій архітектоніці міцним стеблам та вертикальній орієнтації листків здатні зменшувати негативні наслідки ущільнення посівів. [6, 17, 32]

Завершальні етапи- наливу і досягання зерна (BBCH 70-89) - визначають остаточну масу 1000 зерен і кінцеву врожайність. У цей період густина проявляє себе через баланс між кількістю качанів та масою зерна: при загущенні конкуренція за асимілянти призводить до зменшення розміру зерен і скорочення тривалості наливу. Водночас нові гібриди з оптимізованою морфологією здатні

зберігати продуктивність навіть за підвищеної густоти (до 90-95 тис. рослин/га). [32, 16]

Дані експериментів в Україні та за кордоном свідчать, що густина стояння впливає не лише на врожайність, а й на тривалість окремих фенологічних фаз. При високій щільності посівів відзначається подовження вегетативного періоду внаслідок інтенсивної конкуренції за світло та, водночас, скорочення періоду наливу зерна, що може обмежувати потенційну врожайність. Універсальні гібриди зберігають стабільність тривалості фаз у ширшому діапазоні густот, тоді як інтенсивні форми більш ефективно реалізують потенціал у щільних посівах. [6, 17, 33]

Отже, шкала ВВСН виступає універсальним інструментом стандартизації фенологічних спостережень, який дозволяє детально відтворювати стадії органогенезу кукурудзи та порівнювати результати різних досліджень. Вплив густоти стояння відображається як у морфогенетичних змінах (витягування стебел, редукція листової поверхні, ризик асинхронності цвітіння), так і у зміні тривалості окремих фаз. Поєднання фенологічного аналізу за шкалою ВВСН із урахуванням адаптивних характеристик гібридів забезпечує оптимізацію технологій вирощування й підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в різних агрокліматичних умовах. [34, 17]

1.5 Оптимізація технологічних прийомів у вирощуванні кукурудзи

Рівень продуктивності кукурудзи значною мірою визначається поєднанням генетичного потенціалу гібрида та раціонального використання технологічних прийомів, що повинні бути узгоджені з оптимальною густиною стояння рослин. Щільність посіву виступає базовим агротехнологічним чинником, оскільки регулює інтенсивність внутрішньої конкуренції за світло, вологу, поживні речовини, а також формує просторову структуру агроценозу. Сучасні дослідження підтверджують, що адаптація гібридів до різної густоти

можлива лише за умови комплексної корекції системи вирощування від строків сівби та параметрів міжряддя до живлення, захисту та інтегрованого управління посівами [42].

Одним із провідних технологічних факторів є строки сівби. Раннє висівання забезпечує триваліший вегетаційний період, раціональніше використання ґрунтової вологи та створює умови для підтримання підвищених густот без істотного зниження продуктивності. Натомість пізні посіви, особливо в регіонах з високою ймовірністю літніх посух, вимагають зниження густоти задля уникнення редукції качанів та зменшення маси зерна. Узгодження строків сівби з вибором гібридів, стійких до ущільнення, визнане ключовим чинником у системах інтенсивного землеробства [43].

Важливе місце займає просторове розміщення рослин. Класична ширина міжрядь (70 см) дедалі частіше замінюється вузькорядними системами (45-50 см), які сприяють рівномірному розподілу рослин у площині та зменшують конкуренцію за світло. Експерименти в Європі та Середземномор'ї підтвердили, що вузькорядні посіви особливо ефективні при високій густоті (90-100 тис. рослин/га), оскільки покращують інсоляцію й фотосинтетичну активність, що веде до зростання врожайності [44].

Не менш значущим чинником є система живлення. За умов підвищеної густоти різко зростає конкуренція за азот, тому актуальним є поетапне внесення добрив: базове під час підготовки ґрунту, стартове при сівбі та кілька підживлень у критичні фази (5-7 листків, стеблуння, викидання волоті). Такий підхід забезпечує синхронізацію споживання поживних елементів із потребами рослин. Окрім азоту, важливим є достатнє забезпечення фосфором і калієм, які впливають на розвиток кореневої системи та формування качана [45].

Оптимізація густоти також прямо впливає на систему захисту рослин. В умовах ущільнених посівів формується мікроклімат, сприятливий для розвитку хвороб і шкідників, що потребує посилення інтегрованих заходів - від

використання фунгіцидів до впровадження стійких гібридів. Водночас підвищена густина сприяє швидкому змиканню рядків і ефективному пригніченню бур'янів, що знижує потребу у гербіцидах [46].

Особливу роль відіграє взаємодія технологічних рішень із селекційними досягненнями. Сучасні гібриди створюються з урахуванням вдосконаленої архітекτονіки (вертикальна орієнтація листків, міцне стебло, оптимальне розміщення качана), що дозволяє ефективно використовувати ресурси при підвищених густотах. Поєднання таких гібридів із вузькорядною сівбою, оптимізованим живленням та інтегрованим захистом забезпечує стабільні врожаї навіть за перевищення традиційних норм густоти на 15-20% [47].

Довготривалі тенденції розвитку свідчать про поступове зростання оптимальної густоти посівів у провідних країнах світу завдяки інтеграції селекційних та технологічних інновацій. Якщо у 1970-х роках оптимальними вважалися 50-55 тис. рослин/га, то нині в США, Бразилії та країнах ЄС цей показник сягає 90-100 тис. рослин/га. Аналогічні тенденції відзначаються і в Україні, де сучасні дослідження підтверджують ефективність густоти понад 85 тис. рослин/га для більшості інтенсивних гібридів.

Таким чином, оптимізація технології вирощування кукурудзи з урахуванням густоти стояння є багатокomпонентним процесом, що охоплює взаємодію строків сівби, просторової організації посівів, системи удобрення, інтегрованого захисту та використання адаптивних гібридів. Комплексний підхід забезпечує максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури, стабільність врожаю у різних агрокліматичних умовах і відповідність сучасним вимогам інтенсивного землеробства [48].

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Місце проведення досліджень

Господарство «Велика Вись» розташоване в місті Новомиргород, яке розміщене в центральній частині Кіровоградської області, що відноситься до зони лісостепу України. Географічні координати $48^{\circ}47'$ північної широти, $31^{\circ}39'$ східної довготи. Відстань від адміністративно-управлінської будівлі господарства до обласного центру м. Кропивницький становить приблизно 72 км.

2.2 Ґрунти дослідної ділянки та їх характеристика

Дослідне поле було розміщено на чорноземах опідзолених. Гранулометричний склад чорноземів опідзолених може змінюється від крупнопилувато-легкосуглинкового до пилувато-легкоглинистого. Реакція ґрунтового розчину цих ґрунтів є нейтральною або слабнокислою, в свою чергу вони є багатими на такі поживні речовини, як калій та фосфор. Вміст гумусу здатен коливається в ґрунті від 2,5 до 5,5%. Насиченість ґрунту основами знаходиться в межах 85-95%, у їхньому складі домінує кальцій. Як і в більшості випадків родючість ґрунтів залежить від їхнього гранулометричного складу. Бонітет цих ґрунтів в середньому становить 59-65 балів.

З даної таблиці 2.1 видно, що у гранулометричному складі в орному шарі ґрунту переважає розмір фракцій від 0,05 до 0,01мм (складає 53,35%). Класифікуючи ґрунт за Н. А. Качинським, його відносять до середньосуглинкового ($<0,01\text{мм}$ —42,3%, $> 0,01\text{мм}$ 57,7%). Ґрунти середньосуглинкового гранулометричного складу мають достатньо швидке поглинання води, сприятливий для вирощування кукурудзи водно-

повітряний режим, знижене фізичне непродуктивне випаровування вологи та хорошу вологоємність.

Таблиця 2.1

Гранулометричний склад чорноземів опідзолених

Генетичний горизонт	Глибина, см	Розмір гранулометричних фракцій (мм) та їх кількісний розподіл% від маси ґрунту						Фізична глина (<0,01 мм)
		1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
He _n	0-10	0,06	4,29	53,35	8,82	8,25	25,23	42,30
He	30-40	0,03	3,90	53,04	8,50	9,02	25,51	43,03
H _p i	50-60	0,03	5,71	53,81	8,24	7,37	24,84	40,45
PhI	80-90	0,05	7,65	52,42	8,94	6,52	24,41	39,87
P(h)i	100-110	0,03	6,95	53,22	8,35	8,27	23,18	38,80
P _k	130-140	0,04	5,49	50,12	7,43	5,64	22,57	35,64
P _k	190-200	0,04	2,83	41,63	7,35	7,35	22,35	37,05

Таблиця 2.2

Фізичні властивості чорнозему опідзоленого

Генетичний горизонт	Глибина, см	Щільність твердої фази	Щільність зложення	Загальна пористість	Аерація при НВ
		г/см ³		% від об'єму	
He _n	0-10	2,62	1,19	54,60	17,6
He	30-40	2,65	1,26	52,50	18,1
H _p i	50-60	2,69	1,35	49,80	15,0
PhI	80-90	2,69	1,37	49,10	14,8
P(h)i	100-110	-	-	-	-
P _k	130-140	2,69	1,39	48,30	12,9
P _k	190-200	-	-	-	-
Орний шар	(0-30)	2,64	1,23	53,55	17,9
Метровий шар	(0-100)	2,67	1,29	51,50	16,4

З даної таблиці 2.2 можна сказати, що чорнозем опідзолений має оптимальну щільності орного шару, яка складає 1,23 г/см³. Це говорить про те, що буде відбуватися нормальний ріст та розвиток рослин, адже щільність впливає на проходження води та накопичення поживних речовин. Крім цього здійснюється вплив на співвідношення вмісту води і повітря в ґрунті. Показники оптимальної щільності можуть сказати про досить хороший водний режим ґрунту, газообмін та біологічну активність мікроорганізмів, які містяться в ґрунті.

Таблиця 2.3

Склад обмінних катіонів (мг-екв на 100 г ґрунту)

Горизонт ґрунту	Глибина, см	Ввібрані катіони,				Ca ⁺⁺ / Mg ⁺⁺
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	K ⁺	
Чорноземи опідзолені						
Нен	0-10	22,85	1,68	0,31	0,41	13,6
Не	30-40	21,25	4,43	0,26	0,35	4,8
Нрі	50-60	16,97	3,88	0,26	0,51	4,4
PhI	80-90	13,71	4,91	0,26	0,51	2,8
P(h)i	100-110	16,32	3,34	0,10	0,51	4,9

Чорноземи опідзолені, взагалі кажучи, можуть бути підходящими для вирощування кукурудзи, але їх агрокліматичні та агротехнічні умови повинні бути ретельно враховані. Опідзолення може впливати на доступність деяких поживних речовин та інших факторів, які можуть впливати на вирощування рослин кукурудзи.

2.3 Погодно-кліматичні умови регіону

Кіровоградська область розташована в зоні лісостепу та північного степу України, характеризується помірно-континентальним кліматом. Для ефективного вирощування кукурудзи, як теплолюбної культури, ключове значення мають температурний режим, рівень опадів та вологість повітря протягом вегетаційного періоду.

Таблиця 2.4

Погодні умови протягом вегетаційного періоду кукурудзи в Кіровоградській області

Показники	Місяці					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Температура повітря, °С						
середньомісячна	10,3	13,6	20,3	24	21,7	17,7
абсолютна мінімальна	-4,1	2,4	10,3	12,1	9,6	2,6
абсолютна максимальна	26,3	25,5	30,4	35,3	33	29,4
Сума опадів, мм						
сума опадів за місяць	13	111	8,4	116	29	43
число днів з опадами	5	18	10	14	7	7
максимальна за добу	7	19	4	29	22	17
Відносна вологість повітря, %	62	71	59	61	62	60
Швидкість вітру						
Середня, м/с	3,2	2,7	2,5	2,9	2,8	3,3

З приходом весни спостерігається інтенсивне підвищення температури. березні середньомісячна температура становить $7,2^{\circ}\text{C}$, що є пороговим для початку вегетації озимих культур. Квітень із середньомісячною температурою $10,3^{\circ}\text{C}$ є вирішальним для початку посівної кампанії кукурудзи, оскільки саме в цей період температура на глибині загортання насіння, як правило, досягає необхідних $8-10^{\circ}\text{C}$ для успішного проростання. Однак, абсолютні мінімальні температури до $-4,1^{\circ}\text{C}$ у квітні та $+2,4^{\circ}\text{C}$ у травні вказують на реальну загрозу повернення весняних заморозків, які можуть пошкодити сходи кукурудзи, вимагаючи ретельного моніторингу та коригування строків сівби.

Травень (середньомісячна температура $13,6^{\circ}\text{C}$) та червень (середньомісячна температура $20,3^{\circ}\text{C}$) визначаються стабільним та поступовим надходженням тепла, що створює оптимальні умови для активного росту, розвитку вегетативної маси та формування генеративних органів кукурудзи. Абсолютні мінімальні температури, що сягають $30,4^{\circ}\text{C}$ у червні, підтверджують достатній тепловий ресурс для швидкого проходження фенологічних фаз.

Вологозабезпечення є одним з ключових лімітуючих факторів врожайності кукурудзи. Зимово ранньовесняний період характеризується відносно низькою сумою опадів ($13-14$ мм на місяць), що може свідчити про неоптимальне накопичення зимової вологи у ґрунті.

Однак, травень демонструє надзвичайно сприятливі показники загальна сума опадів сягає 111 мм, що розподіляється на 18 днів з опадами, з максимальним, добовим показником 19 мм. Цей період є вирішальним для проростання насіння, формування кореневої системи та інтенсивного початку росту сходів кукурудзи, коли її потреба у волозі є дуже високою. Рясні травневі опади забезпечують хороші стартові умови та накопичення ґрунтової вологи, що закладає фундамент для подальшого розвитку.

Натомість, червень викликає серйозне занепокоєння з точки зору вологозабезпечення. Отримані дані вказують на різке зниження суми опадів до

критично низьких 8,4 мм, при лише десяти днях з опадами та максимальній добовій кількості у 4 мм. Цей період є ключовим для інтенсивного наростання біомаси, викидання волоті та початку формування качанів, коли кукурудза має максимальну потребу у воді. Попри недостатність вологи, рослини добре росли, що може свідчити про ефективне використання наявної ґрунтової вологи, стійкість гібридів до тимчасового дефіциту.

У липні відмічається різке підвищення температурного фону середньомісячна температура досягає 24°C, а абсолютний максимум становить 35,3°C. При цьому сума опадів є надзвичайно високою - 116 мм за місяць, а відносна вологість повітря становить 61%. Такий вплив надмірно високих опадів дає можливість гібридам підготуватися до запилення.

Серпень характеризується деяким зниженням середньомісячної температури до 21,7°C, що сприяє більш помірним умовам дозрівання зерна. Сума опадів підвищується до 29 мм, з максимальною добовою кількістю 22 мм, яка забезпечує надходження води у критичний період наливу зерна. Відносна вологість становить 62% і помірна швидкість вітру (2,8 м/с) сприяють доброму провітрюванню посівів.

У вересні спостерігається подальше зниження температурного режиму - середньомісячна температура становить 17,7°C, а абсолютний мінімум опускається до 2,6°C. Це відповідає фазі завершення наливу та початку фізіологічної стиглості зерна. Сума опадів у вересні помірна - 43 мм, що у поєднанні з відносною вологістю повітря 60% та середньою швидкістю вітру 3,3 м/с створює сприятливі умови для збирання врожаю і зерно підсихає природним шляхом.

Отже, аналіз погодних умов за вегетаційний період свідчить про вкрай контрастний розподіл опадів і тепла. Надзвичайно вологий травень забезпечив добрі стартові умови, тоді як посушливий червень став критичним етапом для водоспоживання. На противагу цьому, спекотний липень характеризувався

надзвичайно високою кількістю опадів (116 мм), що, попри ризики високих температур, забезпечило достатнє вологозабезпечення для успішного проходження запилення та наливу зерна. Вживання і формування високого врожаю за таких екстремальних умов підкреслює високу адаптивність досліджуваних гібридів, здатних витримувати чергування посухи та періодів надмірного зволоження у критичні фази розвитку.

2.4 Схеми дослідів та методика проведення дослідження

Метою даного польового дослідження є встановлення оптимальної густоти стояння для різних гібридів кукурудзи та оцінити їхню адаптивність до змін умов внутрішньовидової конкуренції. Місцем проведення є спеціально виділене поле, розташоване на околицях міста Новомиргород. Місце знаходження дослідного поля характеризується типовими для регіону ґрунтово-кліматичними умовами.

Для виконання дослідження було закладено двофакторний дослід, який виконувався за схемою таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Схеми дослідів

Гібрид (чинник А)	Густота стояння рослин тис. шт/га (чинник Б)
1. ДКС 3969	1. 65
2. ДКС 4098	2. 70
3. ДКС 4014	3. 75
	4. 80

Фактор А (Гібрид): для дослідження обрано три гібриди кукурудзи - ДКС 3969, ДКС 4098 та ДКС 4014 однієї групи стиглості (ФАО 310). Вибір цих гібридів із потенційно різною реакцією на стрес дозволяє отримати об'єктивні

дані щодо генетичної зумовленості їхньої продуктивності та адаптивної здатності в конкретних умовах.

Фактор Б (Густота стояння): Досліджується вплив чотирьох різних рівнів густоти стояння рослин: 65 тис. рослин/га, 70 тис. рослин/га, 75 тис. рослин/га та 80 тис. рослин/га. Цей діапазон охоплює норми від помірної до інтенсивної, що дозволяє чітко визначити точку, в якій гібрид найкраще реалізує свій потенціал і демонструє стійкість до внутрішньовидової конкуренції. Загальна схема досліду включає комбінації 3×4, що дає 12 варіантів досліджень. Розмір однієї облікової ділянки встановлено на рівні 0,1 га.

Для всебічної оцінки впливу густоти стояння на гібриди кукурудзи застосовуються такі спостереження та аналізи:

1. визначали польова схожість шляхом точного підрахунку фактично рослин, які зійшли на фіксованих ділянках для оцінки якості сівби та виживання насіння.

2. проводили систематичний моніторинг висоти рослин на репрезентативних вибірках.

3. фіксували дати настання фаз вегетації з використанням міжнародної шкали ВВСН (сходи, викидання волоті, молочно-воскова стиглість). Це дозволяє оцінити, як зміна густоти стояння впливає на темпи розвитку гібридів.

4. облік структури врожаю та продуктивності: перед збиранням фіксується кінцева густота стояння рослин, що відображає збереження рослин. Кінцевий облік урожайності зерна проводиться роздільним методом з кожної ділянки, із подальшим перерахунком на стандартну вологість, що гарантує високу точність даних.

5. проводили економічно оцінку шляхом визначення розрахунковим методом.

13 вересня 2024 року проводили основне удобрення, вносячи 200 кг/га діаміфоски (N₁₀P₂₆K₂₆) шляхом розкидання розкидачем AMAZONE ZA-TS з

подальшим загортанням плугою. Навесні, 24 квітня 2025 року виконували передпосівне удобрення, розкидаючи 100 кг/га карбаміду тим же розкидачем у передпосівну культивуацію, щоб підготувати ґрунт до сівби. Наступного дня здійснили сівбу кукурудзи широкорядним способом з міжряддям 70 см на глибину загортання 6 см за допомогою сівалки Väderstad Tempo V6, норма висіву була збільшена на 10% страхового фонду, згідно схеми дослідження густот стояння.

Одночасно з сівбою проводять припосівне удобрення, вносячи 100 кг/га комплексного добрива COMPLEX 15/15/15+8SO₃+Zn на глибину 10 см у міжряддя, на відстань 4 см від насінини.

26 квітня застосовували післяпосівний ґрунтовий гербіцид для захисту від бур'янів, проводили обприскувачем Horsh LEEB 6/280 VL. Вносили наступні препарати: Екран Е-Формула (флуорофен, 1,7 л/га), Айдахо (тербутилазин, 1 л/га), Д-Камба (дикамба, 0,25 л/га), Гром Некст (нікосульфурон, 2 л/га) та ортофосфорну кислоту (3 л/га). Догляд за посівами проводиться 24 травня у фазі 3-5 листків (ВВСН 13-15), проводили внесення гербіциду Майстер Пауер (мезотріон, 1,3 л/га). Позакореневе підживлення проводять у три етапи для підтримки розвитку рослин. Перше підживлення виконують 8 червня у фазі 5-7 листків, вносячи 30 кг/га азоту (КАС-32) та 1 кг/га цинку (сульфат цинку) обприскувачем Horsh LEEB 6/280 VL. Друге підживлення здійснюється 19 червня у фазі 9-10 листків, застосовуючи 30 кг/га азоту (КАС-32), 7 кг/га фосфору та 15 кг/га калію (фосфіт калію). Останнє позакореневе підживлення проводять 10 липня, вносячи 20 кг/га азоту (КАС-32), 15 кг/га калію (сульфат калію розчинний) та 1 л/га бору. Обприскування виконують вранці або ввечері при температурі нижче 25°C для максимальної ефективності поглинання поживних речовин. Завершальним етапом технології є збирання врожаю, яке проводять 19 вересня за повної стиглості кукурудзи.

РОЗДІЛ 3

РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН

3.1 Польова схожість насіння кукурудзи залежно від густоти стояння рослин

Польова схожість є важливим показником, що характеризує не лише якість насіннєвого матеріалу, а й ефективність передпосівної підготовки, техніку висіву та мікрокліматичні умови на початку вегетації. Гібрид ДКС 3969 демонструє польову схожість у діапазоні 88,1 – 89,8%. Найвищий показник (89,8%) спостерігається при густоті 65 тис.шт/га, коли зафіксовано 64207 сходів на гектар. При збільшенні густоти до 70 тис.шт/га схожість трішки знижується до 89,3%, а при 80 тис.шт/га становить 88,1% (77528 сходів). Зниження схожості при максимальних густотах вказує на конкуренцію між рослинами за вологу та поживні речовини.

Гібрид ДКС 4098 показує дещо кращі результати, з польовою схожістю від 90,2% до 91,1%. Максимальна схожість була досягнута при густоті 65 тис/га, тоді як при 80 тис.шт/га показник знижується до 90,2%, що також є пов'язаним з конкуренцією за вологу. При густоті 75 тис.шт/га спостерігається невелике підвищення схожості до 90,8%, що може бути пов'язано з генетичною пластичністю гібрида.

Гібрид ДКС 4014 вирізняється найвищими показниками схожості, що коливаються від 91,5 % до 93,7%. Пікове значення (93,7 %) зафіксовано при густоті 65 тис.шт/га, а при 80 тис.шт/га схожість становить 91,5 %, що підтверджує загальну тенденцію до зниження ефективності проростання при максимальній густоті.

Таблиця 3.1

**Польова схожість та кількість рослин кукурудзи на час сходів
залежно від густоти стояння гібридів**

Гібрид	Густота стояння, тис.шт/га	Кількість сходів, шт./га	Польова схожість, %
ДКС 3969	65	64207	89,8
	70	68761	89,3
	75	73425	89,0
	80	77528	88,1
ДКС 4098	65	65131	91,1
	70	69685	90,5
	75	74910	90,8
	80	79376	90,2
ДКС 4014	65	66988	93,7
	70	71456	92,8
	75	76065	92,2
	80	80520	91,5
<i>Середнє по чиннику А</i>		72338	90,75
<i>Середнє по чиннику Б</i>	65	65442	91,533
	70	69967	90,867
	75	74800	90,667
	80	79141	89,933

Проаналізувавши таблицю можна сказати, що найбільш оптимальною густотою стояння для отримання найвищої польової схожості у всіх трьох гібридів є 65 тис.шт/га, оскільки саме при цій густоті спостерігаються найвищі показники схожості: 89,8% для ДКС 3969, 91,1% для ДКС 4098 та 93,7% для ДКС 4014. Із збільшенням норми висіву та густоти стояння рослин відповідно до 75 або 80 тис. шт/га призводить до поступового зниження схожості, ймовірно, через обмеженість ресурсів, таких як волога та поживні елементи.

Загалом гібрид ДКС 4014 демонструє стабільно вищі показники польової схожості порівняно з ДКС 3969 та ДКС 4098, що може бути пов'язано з його генетичними особливостями, такими як вища стійкість до стресових умов та краща енергія проростання.

3.2 Дати настання фаз вегетації гібридів кукурудзи

Польові спостереження за трьома кукурудзи – ДКС 3969, ДКС 4098 та ДКС 4014 – показали, що тривалість вегетаційного періоду та строки настання основних фенологічних фаз залежить як від біологічних особливостей гібриду, так і від густоти стояння рослин.

Сівбу всіх гібридів проведено 25 квітня, а сходи з'явилися на 2-3 травня, що свідчить про дружну появу рослин і достатнє зволоження ґрунту. Фаза дев'ятого листка спостерігалася у першій половині червня: найраніше – у гібриду ДКС 3969 (13-18 червня залежно від густоти), дещо пізніше – у ДКС 4098 (15-20 червня) та ДКС 4014 (14-19 червня). Зі збільшенням густоти стояння перехід до цієї фази відбувався на 1-2 доби пізніше.

Фаза викидання волоті розпочалася в першій декаді липня, а повне викидання спостерігалось через 2-3 доби. Раніше фаза розпочалася у гібрида ДКС 3969, що характеризується коротшим вегетаційним періодом. Гібрид ДКС 4098 і ДКС 4014 мали довший період формування генеративних органів – до середини липня.

Настання молочної та воскової стиглості відбувалося послідовно протягом серпня. Початок молочної стиглості у ранньостиглого ДКС 3969 зафіксовано 3-6 серпня, у ДКС 4014 протягом 10-13 серпня, а в пізнішого ДКС 4098 відбувався 9-10 серпня. Перехід до воскової стиглості відбувався через 14-16 діб після початку молочної, причому із загущенням посівів настання фази трохи відтермінувалося на 1-3 дні.

Таблиця 3.2

Дати настання фаз вегетації гібридів кукурудзи

Гібрид	Густогосіяння тис.шт/га	Сівба	Сходи		9 листок		Викидання волоті		Молочна стиглість		Воскова стиглість		Повна стиглість	
			початок	повна	початок	повна	початок	повна	початок	повна	початок	повна	початок	повна
ДКС 3969	65	25.04	02.05	04.05	13.06	16.06	07.07	10.07	04.08	07.08	20.08	25.08	01.09	05.09
	70	25.04	02.05	04.05	14.06	17.06	07.07	11.07	06.08	09.08	22.08	27.08	02.09	07.09
	75	25.04	02.05	04.05	14.06	17.06	08.07	11.07	06.08	09.08	22.08	27.08	03.09	08.09
	80	25.04	02.05	04.05	15.06	18.06	08.07	11.07	06.08	09.08	23.08	28.08	02.09	09.09
ДКС 4098	65	25.04	03.05	05.05	15.06	18.06	09.07	12.07	09.08	12.08	25.08	31.08	06.09	10.09
	70	25.04	03.05	05.05	16.06	19.06	10.07	13.07	09.08	13.08	25.08	01.09	07.09	11.09
	75	25.04	03.05	05.05	16.06	19.06	10.07	13.07	10.08	13.08	26.08	01.09	08.09	12.09
	80	25.04	03.05	05.05	17.06	20.06	11.07	13.07	10.08	13.08	26.08	02.09	08.09	13.09
ДКС 4014	65	25.04	02.05	04.05	14.06	17.06	08.07	11.07	10.08	13.08	24.08	30.08	04.09	08.09
	70	25.04	02.05	04.05	15.06	18.06	09.07	12.07	11.08	15.08	24.08	30.08	04.09	08.09
	75	25.04	02.05	04.05	15.06	18.06	09.07	12.07	12.08	15.08	25.08	31.08	05.09	09.09
	80	25.04	02.05	04.05	16.06	19.06	10.07	13.07	13.08	16.08	25.09	31.08	05.09	10.09

Повна стиглість зерна наставала з 1 по 13 вересня залежно від гібриду та густоти стояння. Меншу тривалість періоду дозрівання має гібрид ДКС 3969, який через 133-137 діб від сівби до повної стиглості. Гібрид ДКС 4014 досягав повної стиглості через 136-139 діб, а ДКС 4098 через 138-141 добу. За підвищення густоти з 65 до 80 тис. рослин/га спостерігалось поступове подовження вегетаційного періоду на 2-4 дні, що пояснюється зростанням конкуренції за світло, вологу та елементи живлення.

Таким чином, збільшення густоти стояння зумовлює незначне запізнення в настанні фенологічних фаз, а отримані результати свідчать про важливість добору оптимальної густоти для забезпечення своєчасного дозрівання зерна та досягнення максимальної продуктивності.

3.3 Висота гібридів кукурудзи протягом вегетації

Висота рослин є важливим показником інтенсивного росту та розвитку, яка відображає реакцію культури на умови вирощування та густоту стояння. Проведений ряд спостережень за ростом рослин показали, що висота кукурудзи змінюється поступово протягом вегетаційного періоду і залежить від гібридних особливостей та густоти стояння. На ранніх етапах росту (сходи - 3 листки) різниця між гібридами є незначною й коливається в межах 1-3 см, що вказує про однакові темпи росту за сприятливих умов сівби.

Надалі, починаючи у періоду 5-7 листків, спостерігається чітка тенденція до підвищення висоти рослин. Найвищі показники на цих фазах мав гібрид ДКС 4014 (до 52 см у фазі 7 листків), що свідчить про його інтенсивніший початковий розвиток. Дещо нижчими були рослини гібрида ДКС 3969 (до 51 см), а найнижчими ДКС 4098 (до 51 см, але з меншими показниками на попередніх фазах). Це зумовлено генетичними особливостями будови стебла та швидкістю наростання біомаси.

Таблиця 3.3

Висота гібридів кукурудзи на початкових етапах росту та розвитку рослин, см

Гібрид	Густина стояння, тис.шт./га	Фенологічні фази (стадії розвитку ВВСН)				
		Сходи (ВВСН 11)	3 листків (ВВСН 13)	5 листків (ВВСН 15)	7 листків (ВВСН 17)	9 листків (ВВСН 19)
ДКС 3969	65	6	22	38	48	98
	70	6	21	39	49	99
	75	5	20	40	50	100
	80	5	19	41	51	101
ДКС 4098	65	5	19	38	48	93
	70	5	19	39	49	95
	75	4	20	40	50	97
	80	4	20	41	51	98
ДКС 4014	65	8	24	39	49	102
	70	8	23	40	50	103
	75	7	23	41	51	105
	80	7	22	42	52	106

Висота рослин у фазі 9 листків демонструє певну залежність від густоти стояння: при підвищенні густоти з 65 до 80 тис./га приріст висоти становив у середньому 1-3 см. Така тенденція пояснюється посиленням конкуренції за світло при загущенні посівів, що стимулює вертикальний ріст рослини. Найбільш чутливо на зміну густоти реагував гібрид ДКС 4014, у якого висота у фазі 9 листків збільшилася з 102 до 106 см, тоді як у ДКС 3969 і ДКС 4098 зміни були менш помітні.

У фазі викидання волоті висота рослин коливалася в межах 186-212 см. Найвищі показники на цій фазі спостерігалися у варіантів із більшою густиною стояння, де конкуренція за світло сприяла витягуванню стебел.

Таблиця 3.4

Висота гібридів кукурудзи на пізніх етапах росту та розвитку рослин, см

Гібрид	Густина стояння, тис.шт./Га	Фенологічні фази (стадії розвитку ВВСН)			
		Викидання Волоті (ВВСН 51- 52)	Молочна стиглість (ВВСН 80-82)	Воскова стиглість (ВВСН 84-86)	Повна стиглість (ВВСН 90)
ДКС 3969	65	187	228	229	227
	70	192	232	233	231
	75	196	236	237	235
	80	201	241	242	240
ДКС 4098	65	186	208	209	208
	70	190	212	213	211
	75	194	216	217	215
	80	198	220	221	219
ДКС 4014	65	198	238	239	237
	70	203	242	243	241
	75	207	246	247	245
	80	212	248	248	247

У фазу молочної стиглості відзначено інтенсивне подовження стебел висота рослин зростає до 208-248 см залежно від гібриду та густоти. Порівняно з попередньою фазою приріст становив у середньому 20-35 см, що свідчить про активний ріст до завершення генеративного періоду.

У фазах воскової та повної стиглості приріст висоти практично припинявся. Максимальні значення становили 229-248 см, після чого спостерігалось незначне зменшення (1-3 см), пов'язане з втратою тургору тканин та частковим висиханням стебла. Це є типовим явищем для кукурудзи на завершальному етапі вегетації.

У результаті проведених спостережень встановлено, що ріст і розвиток рослин кукурудзи істотно залежать від гібриду та густоти стояння. Основний приріст висоти стебла, відбувався в період між викиданням волоті (ВВСН 51-52) та фазою молочної стиглості (ВВСН 80-82). Максимальні показники висоти були досягнуті у фазі воскової стиглості (ВВСН 84-84), після чого до повної стиглості (ВВСН 90) спостерігалось незначне зменшення висоти на 1-3 см, пов'язане з природним висиханням рослин та втратою тургору.

Для всіх досліджуваних гібридів підтверджено, пряму залежність, що збільшення густоти стояння з 65 до 80 тис. шт/га призводило до послідовного збільшення висоти рослин, що, ймовірно, є наслідком посилення конкуренції за світло. Водночас виявлено чіткі генетично зумовлені відмінності: найвищим за всіх варіантів густоти виявився гібрид ДКС 4014 (максимальна висота 248 см), гібрид ДКС 3969 показав проміжні результати (до 242 см), тоді як ДКС 4098 був найнижчим (до 221 см). Таким чином, найбільша висота рослин була зафіксована у гібрида ДКС 4014 при найбільшій густоті стояння (80 тис. шт/га) у фазу воскової стиглості.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ

4.1 Структура врожаю гібридів кукурудзи в залежності від густоти стояння гібридів кукурудзи

Урожайність зерна кукурудзи є ключовим, інтегральним показником, який відображає ефективність фотосинтезу, засвоєння елементів живлення та вологи рослиною протягом усього періоду вегетації. Формування врожаю – це складний біологічний, на який безпосередньо впливає густина стояння рослин. Густина, будучи одним із основних агротехнічних регуляторів, визначає рівень внутрішньої конкуренції за такі критичні ресурси, як сонячне світло, вода та поживні речовини. Збільшення густоти вище оптимального рівня призводить до посилення конкуренції, що спричиняє недобір урожаю за рахунок зниження продуктивності окремої рослини. І навпаки, занадто низька густина не дозволяє повністю використати ресурсний потенціал поля. Таким чином, аналіз елементів структури врожаю в залежності від густоти стояння є фундаментальним для встановлення адаптивності гібридів та визначення оптимальної норми висіву.

Як видно з рисунка 4.1 відбувається чітка обернена залежність між густиною стояння та врожайністю. Найвища продуктивність досягнута при мінімальній густоті 65 тис.шт/га. При цій густоті гібрид ДКС 4014 продемонстрував найвищі значення врожайності 7,5 т/га серед досліджуваних гібридів, що підтверджує його високий генетичний потенціал. Збільшення густоти до 80 тис.шт/га спричинило значне зниження врожайності у всіх гібридів. Найбільш чутливим виявився гібрид ДКС 4098, урожайність якого знизилася до 4,7 т/га, демонструючи найменшу толерантність до загушення. Це

свідчить про те, що оптимальна густина для даних ґрунтово-кліматичних умов знаходиться на рівні 65 тис.шт/га.

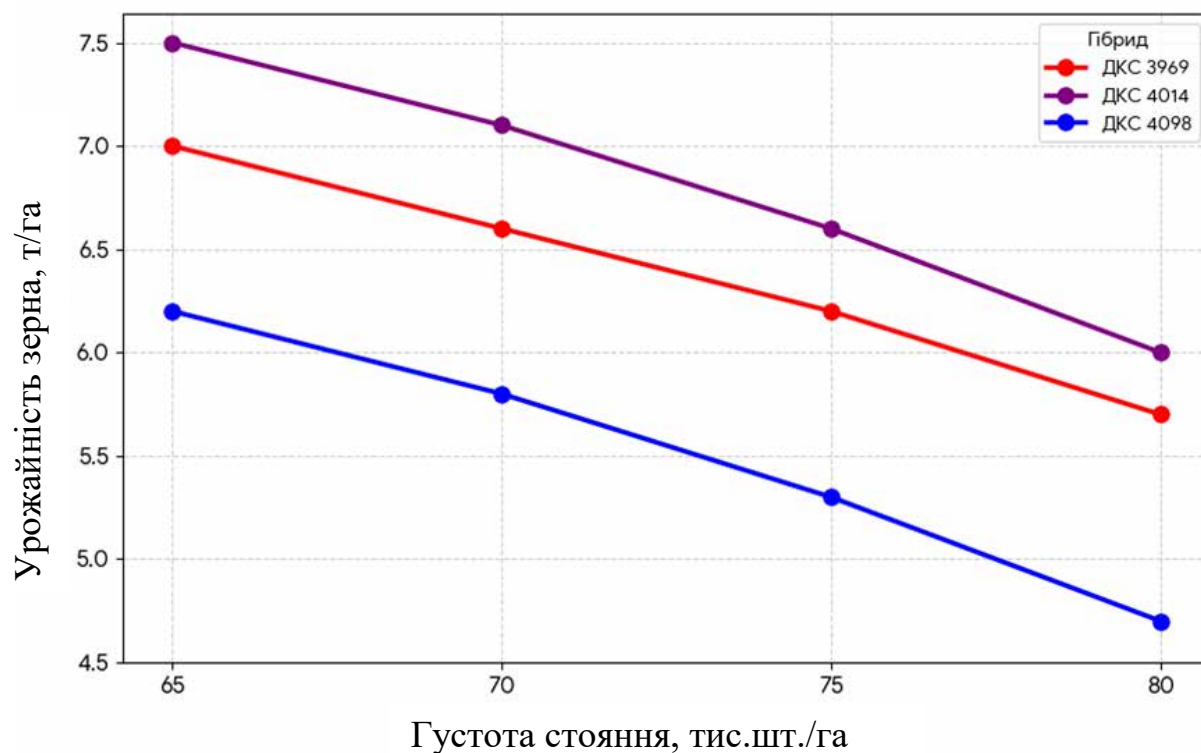


Рис. 4.1. Залежність урожайності кукурудзи від густоти стояння, т/га

На рисунках 4.2.-4.3, що відображають кількість та масу зерен з качана, демонструють майже ідентичну тенденцію, що зі зростанням густоти показники починають знижуватися. Наприклад, для найбільш продуктивного гібрида ДКС 4014 маса зерна з качана знизилась з 117,13 г при 65 тис. шт/га до 77,06 г при 80 тис. шт./га. Аналогічно, кількість зерен зменшилася з 309 штук до 235. Гібрид ДКС 4098 показав найбільше зниження цих показників, що напряму пов'язано з його найнижчою врожайністю. Це свідчить, що кількість зерен у качані та їхня середня маса є ключовими елементами структури врожаю, які першими реагують на посилення конкуренції.

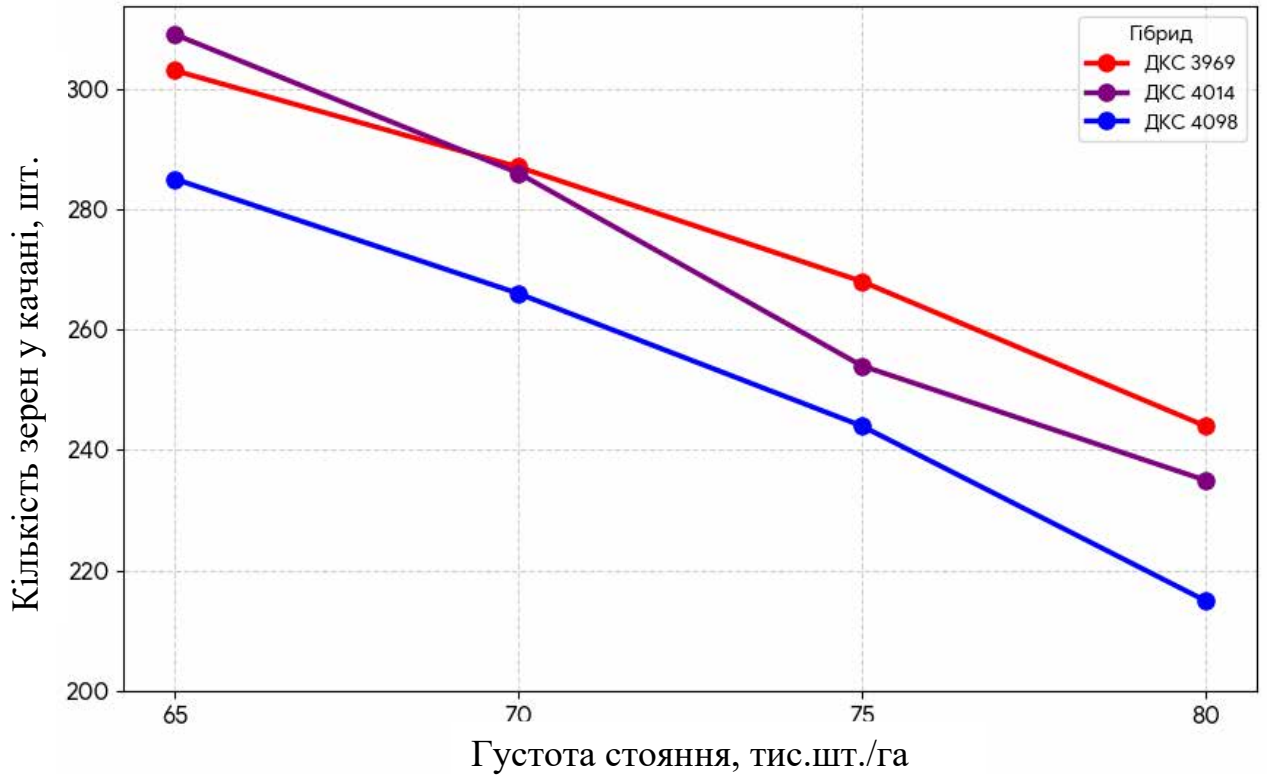


Рис. 4.2. Формування кількості зерен під впливом густоти стояння,

шт.

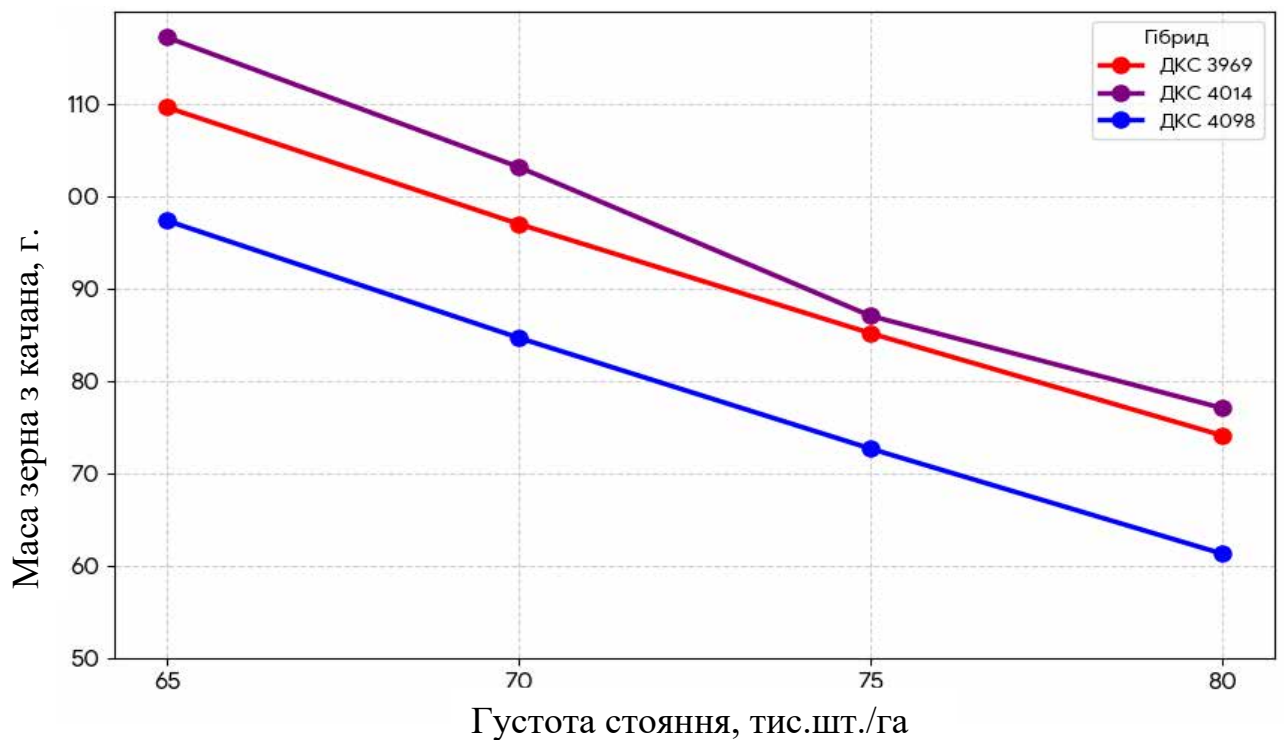


Рис. 4.3. Формування маси зерна в качані залежно від густоти

стояння, шт.

Маса 1000 зерен на рисунку рис.4.4. показує, що зі збільшенням кількості рослин зменшується доступність ресурсів у період наливу зерна, що призводить до його найменшої маси. Найвище значення цього показника 378 г зафіксовано у гібриду ДКС 4014 при 65 тис. шт/га. Зростання густоти до 80 тис. шт/га спричинило зниження маси 1000 насінин у цього гібрида до 328 г. Це вказує, що навіть гібриди з високою адаптивністю не можуть повністю компенсувати дефіцит ресурсів шляхом повноцінного наливу зерна в умовах загушення.

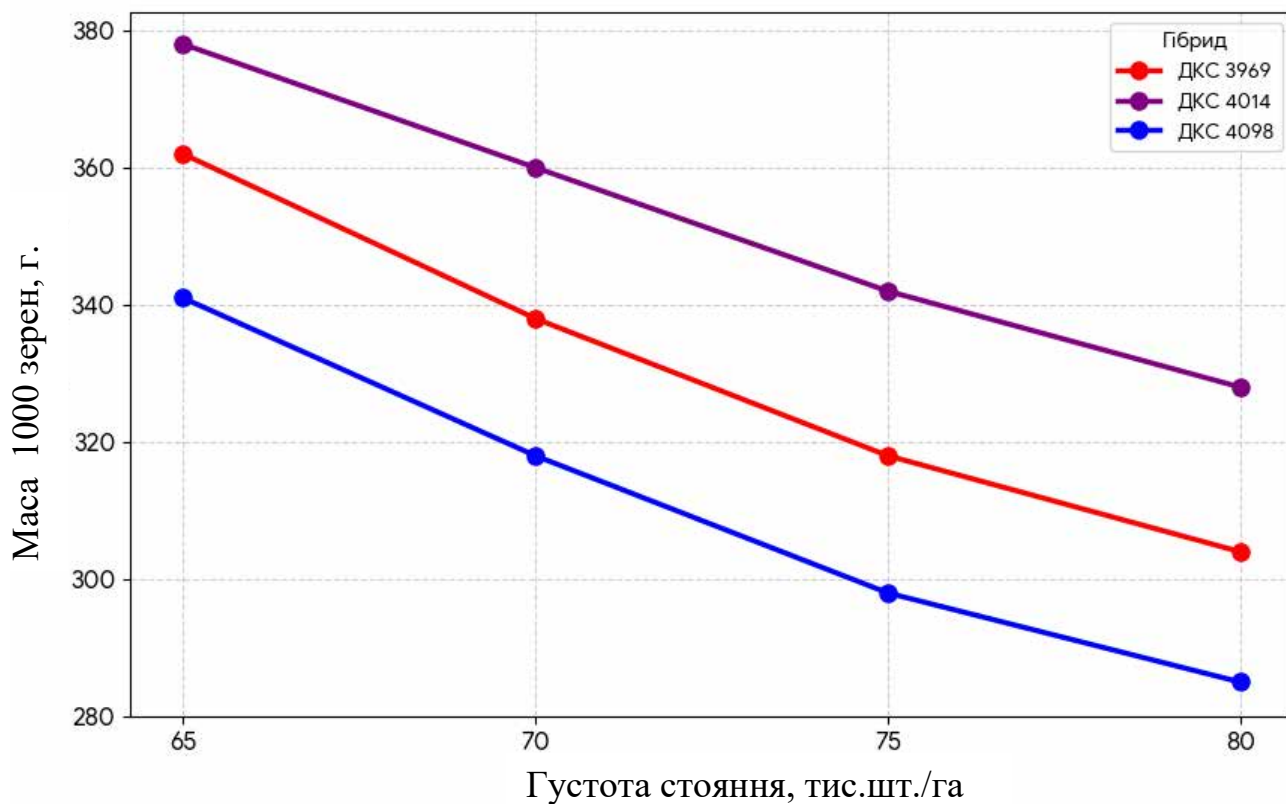


Рис. 4.4. Маса 1000 зерна залежно від густоти стояння та гібрида, г

Вологість зерна при збиранні на рисунку 4.5, демонструє протилежну тенденцію, вологість зростає зі збільшенням густоти стояння. Це пояснюється тим, що в загущених посівах погіршується провітрювання та обдування качанів, що сповільнює вологовіддачу. Гібрид ДКС 4098 стабільно показує найбільшу вологість 15,7-16,8 %, що свідчить про його повільнішу вологовіддачу порівняно з ДКС 3969, який має найнижчі показники 14,9 - 15,5%. Цей фактор є

критичним для економічної ефективності, оскільки вища вологість тягне за собою збільшення витрат на сушіння.

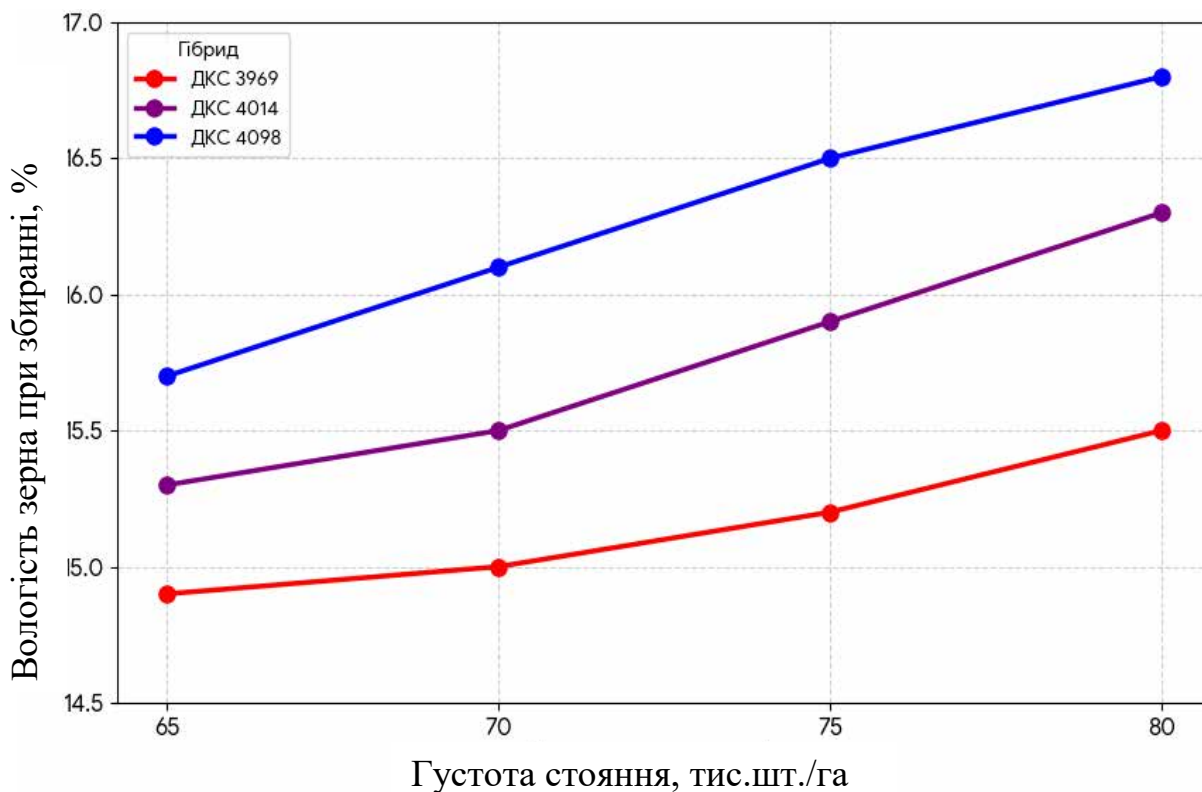


Рис. 4.5. Впливом густоти стояння на вологість зерна під час збирання за різних густот, %

Аналіз структури врожаю гібридів кукурудзи виявив чітку обернену залежність між урожайністю та густрою стояння. Найвища продуктивність (7,5 т/га) була досягнута за мінімальної густоти 65 тис.шт/га, яка є оптимальною для даних умов, при цьому найкращий результат показав гібрид ДКС 4014.

Було встановлено, що збільшення густоти до 80 тис.шт/га призводить до посилення конкуренції за ресурси, що прямо спричиняє зниження ключових елементів врожайності: кількість зерен в качані, маса зерен з качана та маси 1000 зерен, за густоти стояння рослин 65 тис.шт/га забезпечила найкращу реалізацію потенціалу всіх досліджуваних гібридів.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН

Економічна ефективність вирощування кукурудзи що є інтегральним показником адаптивності та продуктивності гібрида, безпосередньо залежить від встановленої густоти стояння рослин та стану ґрунту, який визначає вартість одної тони продукції. Аналіз отриманих даних дозволяє чітко встановити оптимальні агротехнічні параметри, що забезпечують максимальну рентабельність виробництва.

Загальний аналіз таблиці 5.1 свідчить, що найвищу економічну ефективність забезпечує гібрид ДКС 4014 при найнижчій густоті 65 тис.шт./га. Цей варіант досяг найвищої вартості валової продукції (60000 грн/га) завдяки найвищій урожайності 7,5 т/га і, як наслідок, забезпечив максимально чистий прибуток (26000 грн/га) та рівень рентабельності 76,47%. Це підтверджує його високу адаптивність, оскільки він найкраще використовує ресурсний потенціал ґрунту та погоди без посилення внутрішньовидової конкуренції. З найгіршими показниками рентабельності знаходиться гібрид ДКС 4098, який при максимальній густоті 80 тис.шт./га демонструє критично низьку рентабельність 5,17% при чистому прибутку лише 1850 грн/га, що робить його вирощування практично збитковим.

Для всіх трьох гібридів встановлено чітку обернено пропорційну залежність між густотою стояння та рівнем рентабельності. Збільшення густоти від 65 до 80 тис.шт./га призводить до зростання затрат на виробництво – перш за все через зростання затрат на насіння, однак це не значне зростання витрат абсолютно не компенсує зниження урожайності. Наприклад, гібрид ДКС 3969 при збільшенні густоти з 65 до 80 тис.шт./га втратив понад 55 % свого чистого прибутку, а його рентабельність зменшилась з 64,71 до 27,55 %. Ці дані

підтверджують, що економічний ризик, пов'язаний із загущенням посівів, є значно вищим за потенційну вигоду від збільшення кількості рослин.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування кукурудзи

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Затрати на вирощування, грн./га	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
ДКС 3969	65	7	56000	34 000	22000	64,7
	70	6,6	52800	34 250	18550	54,1
	75	6,2	49600	34 500	15100	43,7
	80	5,7	45600	35 750	9850	27,5
ДКС 4098	65	6,2	49600	34 000	15600	45,8
	70	5,8	46400	34 250	12150	35,4
	75	5,3	44000	34 500	7 900	22,9
	80	4,7	39200	35 750	1 850	5,1
ДКС 4014	65	7,5	60000	34 000	26000	76,4
	70	7,1	56800	34 250	22550	65,8
	75	6,6	52800	34 500	18300	53,0
	80	6	48000	35 750	12250	34,2

Порівняння гібридів на крайніх точках густоти ілюструє їхню різну адаптивність до стресу з економічної точки зору. ДКС 4014 не тільки забезпечує найвищу рентабельність, але й відносно краще зберігає її при загущенні, бо при 80 тис.шт./га рентабельність складає 34,26 %. На відміну від цього, гібрид ДКС

4098 демонструє найнижчу економічну ефективність. Його рентабельність при оптимальній густоті 45,88 % була найнижчою серед усіх гібридів, а при максимальній густоті показник склав 5,17 %.

Отримані економічні дані однозначно доводять, що оптимальною для всіх досліджених гібридів є густота 65 тис.шт./га, оскільки саме вона показала найбільші показники рентабельності та прибутки. Збільшення густоти призводить до непропорційно більшого зниження врожайності, ніж зростання витрат. Рекомендований для виробництва є гібрид ДКС 4014, який забезпечує найвищий фінансовий результат і має найкращу економічну стійкість у всьому за різних густот стояння, що підтверджує його високу адаптивність.

ВИСНОВКИ

1. У всіх досліджуваних гібридів кукурудзи – ДКС 3969, ДКС 4098 та ДКС 4014 – відзначалася стабільно висока польова схожість, що коливалася в межах 88,1-93,7 %. Найвищі показники схожості зафіксовані при густоті стояння рослин 65 тис.шт./га, а гібрид ДКС 4014 було отримано більш повноцінні сходи порівняно з іншими гібридами. Густота посіву істотно не впливала на цей показник, однак за надмірного загущення спостерігалася незначна тенденція до зниження сходів через посилену конкуренцію за ґрунтову вологу та світло на початкових фазах.

2. Тривалість вегетаційного періоду та дати настання основних фенологічних фаз були чутливими до густоти стояння. При мінімальній густоті стояння 65 тис.шт./га розвиток рослин відбувався найбільш рівномірно та швидко, досягаючи повної стиглості на 4-8 дні раніше, ніж при 80 тис./га. За підвищеної густоти стояння рослин спостерігалася незначне подовження періоду дозрівання через погіршення освітленості нижніх ярусів та посилення міжвидової конкуренції.

3. Висота рослин залежала від густоти стояння, найвищі рослини 240-248 см формувалися за густоти стояння рослин 80 тис.шт./га. Однак це супроводжувалося зростанням урожайності, а зі збільшення висоти знижувалася його міцність. Оптимальне співвідношення висоти рослин та продуктивності спостерігалася при густоті стояння рослин 65 тис.шт./га.

4. Найвищі показники структурних елементів врожаю спостерігалися за густоти стояння рослин 65 тис.шт./га гібридом ДКС 4014, кількість зерен в качані склала 303 штуки, а маса 1000 зерен – 362 г. Зі збільшенням густоти стояння рослин до 70 тис.шт./га рослини формували меншу кількість зерен на 16 штук та на 70 штук при загущенні до 80 тис.шт./га. Маса 1000 зерен при густоті стояння рослин 70 тис.шт./га зменшувалась – на 18 г, а при 80 тис.шт./га – на 56 г.

5. Найбільшу врожайність 7,5 т/га було отримано за вирощування гібриду ДКС 4014 при густоті стояння рослин 65 тис.шт./га. Загущення посівів до густоти стояння рослин 70 тис.шт./га призводило до зниження урожайності на 0,4 т/га і на 1,3 - 1,5 т/га при густоті стояння рослин 80 тис.шт./га.

6. Найвищу економічну ефективність забезпечувало вирощування гібриду ДКС 4014 за густоти 65 тис.шт./га, чистий прибуток склав 26000 грн/га, а рівень рентабельності 76,47 %. Збільшення густоти стояння рослин до 80 тис.шт./га для цього гібрида знизило рентабельність до 34,26 %. Гібрид ДКС 4098 виявився найменш економічно ефективним вирощування кукурудзи, його рентабельність знизилася з 45,88 до 5,17 %, при загущенні посівів до значень 80 тис.шт./га.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Кіровоградської області для отримання стабільних та високих врожаїв гібридів кукурудзи на рівні 7,5 т/га необхідно оптимізувати густоту стояння рослин та має становити 65 тис. шт./га, дана густота стояння рослин забезпечить найвищу врожайність та кращі показники структури врожаю, зокрема у гібрида ДКС 4014.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ahmad, I., Ahmad, B., Boote, K., Hoogenboom, G. (2020) Adaption strategies for maize production under climate change for semi-arid environments. *European Journal of Agronomy* <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126040>
2. Aksynov, V., Kotchenko, V. (2024) Response of maize hybrids on increasing plant density in the agrocenosis in the northern steppe of Ukraine. *Grain crops*. 8 (1). <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0321>
3. Bassu, S., Motzo, R., Bertulu, M., Giunta, F. (2024) Narrow rows increase maize grain yield regardless of plant density in a Mediterranean environment. *The journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/S0021859624000583>
4. Boiko, P., Kovalenko, N., Yurkevych, Ye., Albul, S., Valentiuk, N. (2024) The efficiency of maize production under the conditions of climate change in Ukraine: the use of highly productive hybrids and scientific technologies with elements of biologization. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 30 (4), 739-746. <https://www.agrojournal.org/30/04-24/pdf>
5. Brodowska, M., Wyszowski, M., Grzesik, R. (2025) Stimulation of Maize Growth and Development and Improvement of Soil Properties Using New Specialised Organic-Mineral Materials. *Molecules*. 30(14), 3050. <https://doi.org/10.3390/molecules30143050>
6. Carlotta, B. et al. (2024) Genetic and Phenotypic Evaluation of European Maize Landraces as Tool for Conservation and Valorization of Agrobiodiversity. *Biology* 13,454 <https://doi.org/10.3390/biology13060454>
7. Chemura, A., Nangombe, S., Gleinxner, S., Chinoyoka, S., Gornott, C. Changes in Climate Extremes and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Suitability Over Southern Africa. *Frontiers in climate* (2022), Article 890210. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.890210>
8. Corn DKS 3969, DKS 4014, DKS 4098 SuperAgronom. URL: <https://superagronom.com/nasinnya-zerovi-kukurudza/dks3969-id13098>

9. Corn growth stages (BBCH guide) EOS DATA ANALYTICS. URL: <https://eos.com/crop-management-guide/corn-growth-stages/>
10. Djalovic, I., Prasad, V., Dunderski, D., Katanski, S., Latkovic, D., Kolaric, L. (2024) Optimal Plant Density Is Key for Maximizing Maize Yield in Calcareous Soil of the South Pannonian Basin. *Plants*, 13(13):1799. <https://doi.org/10.3390/plants13131799>
11. Drobitko, A., Kachanova, T., Markova, N., Malkina, V. (2024). Modern cultivation technologies in improvement of corn quality. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(1). <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2024.19>
12. Feng, Z., Cheng, Z., ren, L., Liu, B., Zhang, C., Zhao, D., Sun, H., Feng, H., Long, H., Xu, B., Yang, H. Song, X., Ma, X., Yang, G., Zhao, C. (2024). Real-time monitoring of maize phenology with the VI-RGS composite index using time-series UAV remote sensing image and meteorological data. *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109212>
13. Fuksa, P., Hrevusova, Z., Szabo, O., Haki, J. (2023) Effect of Row Spacing and Plant Density on Silage Maize Growth, Dry Matter Distribution and Yield. *Agronomy*. 13(4), 1117. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041117>
14. Hamoda, A., Dabbour, M. (2025) Optimizing corn productivity: Hybrid and intra-row spacing effects on growth, yield and nutritional quality. *Sci Rep*. 15,32601 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-19493-z>
15. Han, X., Dong, L., Cao, Y., Lyu, Y., Shao, X., Wang, Y., Wang, L. (2022). Adaptation to Climate Change Effects by Cultivar and Sowing date Selection for Maize in the Northeast China Plain. *Agronomy*, 12(5), 984. <https://doi.org/10.3390/agronomy12050984>
16. Hee Kim, K., Moo Lee, B. (2023) Effects of Climate Change and Drought Tolerance on Maize Growth. *Plants*, 12(20), 3548 (2023). <https://doi.org/10.3390/plants12203548>

17. Hossain, A., Farhad, M., Johan Aonti, A., Parvez Kabir, M., Monoar Hossain, M., Ahmed, B., Israfi Haq, M., Azim, J. (2024) Cereals production under changing climate. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23707-2.00003-9>
18. Jiang, P., Li, L., Xu, D., Wang, R., Sun, Q. (2024) Response of maize growth and soil biological characteristics to planting density under fertigation in a semi-arid region. *International Journal of Agricultural s Biological Engineering*, 17(2):186-192. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20241702.8090>
19. Kaur, L., Yadav, S., Suby, S., Kalkal, D., Jat, H. (2024) Spatio-temporal variability in insect dynamics under conservation agriculture-based cropping systems. *J Plant Dis Prot* 132, 22. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-01009-6>
20. Krachunova, T., Scholz, M., Bellingrath-Kimura, S., Schmidtke, K., (2023). Ridge Cultivation for the Adaption of Fodder Maize (*Zea mays* L.) to Suboptimal Conditions of Low Mountain Ranges in Organic Farming in Central Europe. *Agriculture*, 13(3):650. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030650>
21. Lai, Z., Kou, H., Fan, J., Yang, R., Xu, X., Zhang, F., Li, S. (2023) Optimized Planting Destiny and Nitrogen Rate Increased Grain Yield and Water-Nitrogen Use Efficiency of Two Maize Cultivars under Mulched Drip Fertigation. *Water*, 15(1):163. <https://doi.org/10.3390/w15010163>
22. Li, H., Yang, M., Zhao, C., Wang, Y., Zhang, R. (2021) Physiological and proteomic analyses revealed the response mechanism of two different drought-resistant maize variates. *BMC Plant Biology*. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03295-w>
23. Li, J., Lei, H. (2022) Impacts of climate changes on winter wheat s summer maize dual-cropping system in the North China Plain. *Environmental Research Communications*, 4, 075014. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac814c>
24. Li, K., Guo, L., Pan, J., Li, M. (2022). Evaluation of Future Maize Yield Changes and Adaptation Strategies in China, *Sustainability*, 14(15), 9246. <https://doi.org/10.3390/su14159246>

25. Liu, C., Yang, H., Gongadze, K., Harris, P., Huang, M., Wu, L. (2022). Climate Changes Impacts on Crop Yield os Winter Wheat (*Triticum aestivum*) and Maize (*Zea mays*) and Soil Organic Carbon Stocks in Northen China. *Agriculture*, (12(5), 614. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050614>
26. Luo, N., Wang, X., Hou, J., Wang, Y., Wang, P., Meng, Q. (2019) Agronomic optimal plant density for yield improvement in the major maize regions of Chine <https://doi.org/10.1002/csc2.20000>
27. Maize seed update (2020). *Corteva* <https://www.corteva.co.uk/content/dam/dragco/corteva/eu/gb/en/files/newsletters/2021%20maize%20Update.pdf>
28. Munarini, A., Onufre Nodars, R., (2021) Effect of sowing time and density for vegetative and reproductive and reproductive traits of genotypes of maize landrace in an agroecological system. *Crop production / Clienc. Rural* 51(5). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200145>
29. Ocwa, A., Harsanyi, E., Szeles, A., Janos Holb, I., Szabo, S., Ratonyi, T., Mohammed, S. (2023). A bibliographic review of climate changes and fertilization as the main drivers of maize yield: implications for food security. *Agriculture s food Security*, 12, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40066-23-00419-3>
30. Panek-Chwastyk, E., Dabrowska-Zielinska, K., Kluczek, M., Markowska, A., Wozniak, E., Bartold, M., Rucinski, M., Wojstowski, C., Aleksandrowicz, S., Grommy, E., Lewinski, E., Laczynski, A., Masiuk, S., Zhurbenko, O., Trofimchuk, T., Burzykowska. (2024). Estimates of crop Yield Anomalies for 2022 in Ukraine Based on Copernicus Sentinel-1, Sentinel-3 Satellite Data, and ERA-5 Agrometeorological Indicator. *Sensors* 24(7), 2257. <https://doi.org/10.3390/s24072257>
31. Qian, Y., Ma, Q., Ren, Z., Zhu, G., Zhu, X., Zhou, G. (2023) Optimizing the Growth of Silage Maize by Adjusting Planting Planting Destiny and Nitrogen

Application Rate. *Agronomy*, 13(11):2785.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13112785>

32. Shen, Y., Zhang, X., Yang, Z. (2022). Mapping corn and soybean phenometrics at field scales over the United States Corn Belt by fusing time series of Landsat 8 and Sentinel-2 data with VIIRS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.01.23>

33. Stypulkowska, J., Rokita, P. (2024) Classification of Maize Growth Stages Using Deep Neural Networks with Voting Classifier. *Machine GRAPHICS & VISION*. 33(3-4):29-53 <https://doi.org/10.22630/MGV.2024.33.3.2>

34. Terzic, D., Rajicic, V., Duric, N., Babic, V., Sevic, B., Tupajic, I., Lukovic, K., Popovik, V., Urosevic, D., Stojiljkovic, J. (2025) Yield and Yield Components of Different Maize Genotypes Depending on Sowing Density and Weather Extremes. <https://doi.org/10.20944/preprints202504.1055.v1>

35. Tian, P., Liu, J., Zhao, Y., Huang, Y., Lian, Y., Wang, Y., Ye, Y. (2022). Nitrogen rates and plant density interactions enhance radiation interception, yield, and nitrogen use efficiencies of maize. *Crop and Product Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.974714>

36. Tolimir, M., Gajic, B., Kresovic, B., Zivotic, L., Gajic, K., Brankov, M., Todorovic, M., (2024). Impact of deficit irrigation and planting destiny on grain yield and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management / Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109009>

37. Trompiz, G., Polityuk, P., (2024) Ukrainian corn seed flows to Europe in further farm trade shift. *Reuters*. <https://www.reuters.com/markets/commodities/ukrainian-corn-seed-flows-europe-further-farm-trade-shift-2024-10-24/>

38. Vetterlein, D., Phalempin, M., Lippold, E., Schluter, S., Schreiter, S., Mutez, A., Carminati, A., Duddek, P., Jorda, H., Bienert, P., Bienert, M., Tarkka, Ganther, M., Oburger, E., Santageli, M.(2022) Root hairs matter at field scale for

maize shoot growth and nutrient uptake, but root trait plasticity is primarily triggered by texture and drought. *Plant Soil* (2022) 478:119-141.

<https://doi.org/10.1007/s11104-022-05434-0>

39. Viswanathan, M., Weber, K., Gayler, S., Mai, J., Streck, T. (2022) A Bayesian sequential updating approach predict phenology of silage maize. *Biogeosciences*. 19, 2187-2209 <https://doi.org/10.5194/bg-19-2187-2022>

40. Voloshchuk, O., Zavirykha, P., Andrushko, O., Kovalchuk, O., Kovalchuk, Y. (2022) Productive of corn hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 25, (8).

[https://doi.org/10.48077/scihor.25\(8\).2022.9-16](https://doi.org/10.48077/scihor.25(8).2022.9-16)

41. Wang, Y., Wang, S., Wu, Y., Cheng, J., Wang, H. (2024) Dynamic Chromatin Accessibility and Gene Expression Regulation During Maize Leaf Development. *Genes*. 15(12), 1630. <https://doi.org/10.3390/genes15121630>

42. Yan, Y., Duan, F., Li, X., Zhao, R., Hou, P., Zhao, M., Li, S., Wang, Y., Dai, T., Zhou, W. (2024) Photosentetic capacity and assimilate transport of the lower canopy influence maize yield under high planting density. *Plant Physiology*.

<https://doi.org/10.1093/plphys/kiae204>

43. Zakharchuk, O., Hutorov, A., Vyshnevetska, O., Nitsenko, V., Balezentis, T., Stremikiene, D. (2023) *Agriculture*. 13(1), 61.

<https://doi.org/10.3390/agriculture13010061>

44. Zhang, L., Zhang, W., Meng, Q., Hu, Y., Schmidhalter, U., Zhong, C., Zou, G., Chen, X. (2023). Optimizing Agronomic, Environmental, Health and Economic Performances in Summer Maize Production though Fertilizer Nitrogen Management Strategies. *Plants* 12(7), 1490. <https://doi.org/10.3390/plants12071490>

45. Zhang, Y., Xu, Z., Li, J., Wang, R. (2021) Optimum Planting Density Improves Resource Use Efficiency and Yield Stability of Rainfed Mainze in Semiarid Climate. *Frontiers in Plant Science* <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.752606>

46. Zhao, J., Liu, Z., Lv, S., Lin, X., Li, T., Yang, X. (2023) Changing maize hybrids helps adapt to climate change in Northeast China: revealed by field experiment and crop modelling <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109693>

47. Zhao. Q., Qu, Y., Liu, D. (2025). Real time monitoring of maize phenology using ground camera fusion information. *Smart Agricultural Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025100850>

48. Zizinga, A., Majaliwa Mwanjalolo, J., Tietjen, B., Bedadi, B., Pathak, H., Gabiri, G., Beesigamukama, D. (2022). Climate changes and maize productivity in Uganda: Simulating the impacts and alleviation with climate smart agriculture practices. *Agricultural Systems*, 199, 103407. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103407>