

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО–ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТИЩЕНКО ВОЛОДИМИР ОЛЕГОВИЧ

УДК 631.15:631.543.2:631.8(251.1-17:477)

ДИСЕРТАЦІЯ

**АГРОБІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ
РОСЛИН ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ
УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **В. О. Тищенко**

Науковий керівник:

Цилюрик Олександр Іванович
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Дніпро – 2025

АНОТАЦІЯ

Тищенко В.О. Агробіологічна ефективність технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення в умовах північного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – Дніпровський державний аграрно–економічний університет, Дніпро, 2025.

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення актуального наукового завдання, що полягає в удосконаленні агротехнічних прийомів вирощування кукурудзи з урахуванням кліматичних умов, морфологічних і біологічних характеристик гібридів різної стиглості, а також їхньої реакції на технологічні елементи вирощування (зокрема, оптимізацію густоти стояння рослин і норм внесення добрив). Метою роботи є підвищення продуктивності цієї зернової культури та забезпечення стабільності валових зборів зерна в умовах Північного Степу України.

Вперше в підзоні Північного Степу України проведено оцінку ефективності та визначено найбільш оптимальні норми добрив і густоти стояння рослин для гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Також досліджено особливості динаміки росту і розвитку рослин, ефективність процесів фотосинтезу, формування структурних елементів урожаю, а також фітосанітарний стан гібридів кукурудзи різної стиглості.

Кукурудза є однією з ключових зернових культур у Північному Степу України. За останні десятиліття, у зв'язку зі змінами клімату, зростанням цін на енергоресурси, переорієнтацією пріоритетів у рослинництві, скороченням використання органічних і мінеральних добрив, погіршенням фітосанітарної ситуації, впровадженням короткоротаційних сівозмін та значним збільшенням площ під цією культурою (до 4–5 млн га), виникла потреба

вдосконалити елементи технології її вирощування. Це спрямовано на підвищення врожайності зерна та покращення його якісних показників.

Одним із провідних чинників, що впливають на продуктивність та якість зерна кукурудзи, є правильне визначення густоти стояння рослин і оптимізація мінерального живлення. Це питання набуває особливої актуальності через те, що до Державного реєстру сортів України внесено значну кількість нових гібридів різних груп стиглості, для яких ще не визначено оптимальних параметрів з урахуванням зональних особливостей вирощування. Встановлення оптимальної густоти стояння для кожного нового гібриду є важливою умовою для досягнення максимальної врожайності, поліпшення якості зерна та ефективного використання ресурсів.

Врожайність і якість кукурудзи великою мірою залежать від густоти стояння рослин, адже цей показник визначає рівень конкуренції за такі ресурси, як світло, вода та поживні речовини. Оптимальна густота стояння створює необхідний баланс між кількістю рослин і доступними ресурсами, забезпечуючи належний рівень освітленості, вологи та поживних речовин. Це сприяє підвищенню вмісту білка та жирів у зерні, а також досягненню високої врожайності на одиницю площі. Для визначення оптимальної густоти необхідно враховувати особливості кожного гібриду та умови вирощування.

Основною метою нашого дослідження було визначення специфіки впливу густоти стояння рослин кукурудзи та рівня мінерального живлення на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Розробити практичні рекомендації щодо оптимального використання густоти стояння рослин та норм внесення добрив для кукурудзи різних груп стиглості, що сприяють забезпеченню максимального росту і розвитку рослин. Це включає формування оптимальної листкової поверхні, збільшення рівня хлорофілу, підвищення вмісту жирів та протеїну в зерні, що в свою чергу сприяє підвищенню якості та врожайності зерна.

Для досягнення поставленої мети програма дослідження включала вирішення таких основних завдань:

- виявити найбільш оптимальну густоту та рівень мінерального живлення для гібридів кукурудзи різної групи стиглості;
- вивчити особливості росту та розвитку рослин, а також встановити закономірності формування врожайності зерна у гібридів кукурудзи з різними термінами стиглості;
- оцінити вплив агротехнічних заходів на вміст хлорофілу (в одиницях SPAD), фотосинтетичну активність, ріст і розвиток рослин, формування структурних елементів врожаю, а також на врожайність і якість зерна кукурудзи;
- здійснити агробіологічне обґрунтування ключових показників продуктивності кукурудзи, встановити їх коливання та визначити вплив на рівень врожайності культури.
- провести економічний аналіз ефективності застосування сучасних елементів технологій на гібридах кукурудзи різних груп стиглості.
- визначити оптимальні агротехнічні параметри для створення високопродуктивних посівів кукурудзи.
- дослідити реакцію гібридів кукурудзи різних груп стиглості на впровадження сучасних елементів технологій.

Вперше для умов Північного Степу України проведено оцінку ефективності та визначено оптимальні показники густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення. Вивчено динаміку росту і розвитку рослин, формування елементів структури врожаю та фітосанітарний стан гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Удосконалено існуючі елементи технології вирощування гібридів кукурудзи для Північного Степу України за допомогою сучасних підходів до технології вирощування, що дозволяє підвищити продуктивність і ефективність виробництва зерна кукурудзи.

Розширено наукові підходи до обґрунтування складових технології вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу, а також проведено економічний аналіз ефективності їх застосування.

Уперше:

- встановлено специфічні особливості росту, розвитку та формування зернової продуктивності кукурудзи різних груп стиглості в умовах Північного Степу України;

- проаналізовано вміст хлорофілу та його вплив на врожайність і якісні показники зерна кукурудзи;

- встановлено вплив щільності стояння рослин і рівня мінерального живлення на процеси формування зернової продуктивності.

Удосконалено:

- наявні елементи технології вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу, які сприяють повнішому розкриттю потенціалу зернової продуктивності гібридів різних груп стиглості та підвищенню загальної продуктивності зерна.

Набули подальшого розвитку:

- наукові підходи до обґрунтування компонентів агротехнічних методів вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу;

- обґрунтування економічної доцільності впровадження технологічних елементів для вирощування кукурудзи.

Для виконання дослідження використовувалися різноманітні загальнонаукові методи. Зокрема, польовий метод був застосований для вивчення взаємодії гібридів кукурудзи різних груп стиглості за різної густоти і живлення з біологічними та абіотичними факторами. Лабораторний метод використовувався для аналізу рослин і зерна з метою дослідження їх взаємодії з навколишнім середовищем. Вимірально-ваговий метод дозволив встановити динаміку росту, виконати біометричні вимірювання, оцінити вміст хлорофілу та визначити елементи структури врожаю, а також урожайність. Для оцінки економічної ефективності був використаний розрахунково-порівняльний метод. Методами математичної статистики, такими як дисперсійний та кореляційний аналіз, здійснювалося оброблення даних, а також використовувались графічні методи представлення результатів досліджень. Для наукового обґрунтування мети та реалізації

завдань, узагальнення результатів експериментів, окрім стандартних методів, застосовувалися також спеціальні методи, зокрема діалектичний, синтетичний, індуктивний, статистичний аналіз і спостереження.

На основі отриманих експериментальних даних для господарств із різними формами землеволодіння та рівнем фінансово–матеріального й технічного забезпечення були вдосконалені існуючі й розроблені нові елементи технологій вирощування кукурудзи.

На основі отриманих експериментальних даних для господарств різних форм власності на землю, з урахуванням різних рівнів фінансово–матеріального та технічного забезпечення, були вдосконалені існуючі та розроблені нові елементи технологій вирощування кукурудзи. Отримані результати експериментів пройшли перевірку в умовах виробництва та були ефективно застосовані в господарствах Північного Степу (С(Ф)Г «Юлія і К» Новомосковського району Дніпропетровської області – 50 га; СК «Україна» Новомосковського району Дніпропетровської області – 400 га; С(Ф)Г «Мечта» Новомосковського району Дніпропетровської області – 60 га) на загальній площі 510 га. В господарствах було отримано щорічне зростання врожаю зерна за високих показників економічної ефективності.

Дисертація містить вступ, п'ять розділів, висновки, рекомендацій виробництву, список використаних джерел і додатки.

В процесі виконання експериментальних досліджень доведено, що тривалість міжфазних періодів кукурудзи визначається комплексом взаємопов'язаних факторів, серед яких основними є агрометеорологічні умови та генетичні особливості гібридів. Сприятливі погодні умови сприяють скороченню періоду «сівба–сходи», як це спостерігалось у 2023 році, коли цей період тривав 9 діб. Водночас у 2024 році за несприятливих погодних умов цей період зріс до 11 діб, перевищуючи попередній показник. Генетичні особливості гібридів є ще одним вагомим чинником. Ранньостиглі та середньоранні гібриди (ДМС Лорд, ДМС Прайм) характеризуються середньою тривалістю періоду «сівба–сходи» у 10 діб, тоді як у

середньостиглих і середньопізніх (ДМС 3015, ДМС Шатл) цей показник досягає 10,6 діб, що на 6% більше. Не виявлено суттєвого впливу агрохімічних заходів у фазі проростання на тривалість періоду «сівба–сходи», оскільки рослини використовують внутрішні резерви поживних речовин, а також густоти стояння рослин (30–60 тис./га) через відсутність значної конкуренції між рослинами за ресурси на ранніх етапах розвитку. В подальшому, зокрема у період «сходи–цвітіння качанів», внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$) сприяє його скороченню. Зокрема для ранньостиглого гібриду ДМС ЛОРД збільшення дози добрив дозволило зменшити цей період на 2–4 доби (3,17–6,35%).

Встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню висоти рослин у середньому на 10–20% порівняно з варіантом без добрив. Збільшення густоти рослин кукурудзи вище 30–40 тис./га призводило до зниження висоти через конкуренцію за ресурси. Максимальні результати висоти рослин досягалися при застосуванні добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$, що забезпечувало збалансоване живлення рослин. Для гібриду ДМС Лорд максимальна висота 228 см (+39 см, або +20,6%) спостерігалася за густоти 40 тис./га при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$, тоді як без добрив висота становила 196 см при тій самій густоті. Гібрид ДМС Прайм досягав максимальної висоти 237 см (+33 см, або +16,4%) при густоті 40 тис./га та внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$, демонструючи зниження висоти до 206 см (–18 см, або –8%) без добрив за густоти 60 тис./га. Гібрид ДМС 3015 характеризувався стабільною висотою без добрив у межах 225–229 см, а максимальне збільшення висоти до 234 см (+9 см, або +4%) було зафіксовано при $N_{60}P_{60}K_{60}$. Гібрид ДМС Шатл показав найвищу висоту серед усіх гібридів – 247 см (+22 см, або +9,8%) при густоті 40 тис./га та внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$, тоді як без добрив висота знижувалася до 225 см (–14 см, або –5,9%) при густоті 60 тис./га.

Доведено, що застосування мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищувало вміст хлорофілу в листках кукурудзи на 8–16 одиниць SPAD (15–28%) порівняно з варіантом без добрив, що сприяло збільшенню

фотосинтетичної активності. Ранньостиглі та середньоранні гібриди, такі як ДМС Лорд і ДМС Прайм, демонстрували найбільший приріст показників хлорофілу (до 28%) завдяки активнішому розвитку. Оптимальна густина стояння рослин становила 30–40 тис./га, при якій забезпечувалося найкраще поєднання фотосинтетичної активності та доступності ресурсів. Збільшення густоти до 60 тис./га викликало конкуренцію між рослинами, що знижувало ефективність удобрення, наприклад, у гібриду ДМС Лорд вміст хлорофілу зменшувався до 60,8 одиниць SPAD, що на 4,8 одиниць менше порівняно з оптимальною густиною. Біологічні особливості гібридів зумовлювали різницю в інтенсивності фотосинтезу, що визначає їхню адаптивність до умов вирощування.

Виявлено, що за густоти стояння рослин (30 тис./га) у поєднанні з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ формується найвища чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи, що сприяє максимальному використанню фотосинтетичних можливостей рослин. У фазу 7–12 листків для середньопізнього гібриду ДМС Шатл цей показник становив $12,8 \text{ г/м}^2$ за добу, що перевищувало контрольний варіант ($11,9 \text{ г/м}^2$) на $0,9 \text{ г/м}^2$ або 7,5%. У середньостиглого гібриду ДМС 3015 за оптимальної густоти показник складав $9,7 \text{ г/м}^2$, тоді як збільшення густоти до 60 тис./га призводило до зниження продуктивності на $1,0 \text{ г/м}^2$ або 11% через конкуренцію за ресурси та затінення.

Встановлено, що внесення мінеральних добрив значно підвищує ефективність фотосинтетичної активності, що проявляється у прирості продуктивності на 7–7,5% залежно від гібрида та фази розвитку. Наприклад, для середньостиглого гібриду ДМС 3015 приріст у фазу 7–12 листків при удобренні $N_{30}P_{30}K_{30}$ становив $0,7 \text{ г/м}^2$, а для ДМС Шатл у фазу 12–13 листків приріст за $N_{60}P_{60}K_{60}$ становив $0,9 \text{ г/м}^2$. Гібриди з довшим вегетаційним періодом (наприклад, ДМС Шатл) демонстрували стабільно вищу продуктивність фотосинтезу у всіх фазах розвитку, що підкреслює їхню перевагу за умов оптимального удобрення та густоти стояння. Однак у фазу цвітіння качанів у всіх гібридів спостерігалось зниження продуктивності,

зокрема у ДМС Шатл – з 11,9 до 7,5 г/м² (на 37%).

Помічено, що довжина качана кукурудзи суттєво залежить від густоти стояння рослин і рівня мінерального удобрення. Зменшення густоти до 30 тис./га та внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ забезпечили максимальну довжину качана, яка досягала 21,85 дм у середньопізнього гібриду ДМС Шатл, що на 18,8% перевищує показник контролю. У ранньостиглого гібриду ДМС Лорд за тих самих умов приріст складав 2,2%.

При цьому, зафіксовано, що кількість рядів зерен залишалася стабільною (14–14,7) у всіх гібридів, тоді як кількість зернин із качана значно зростала за умов внесення добрив. У середньопізнього гібриду максимальна кількість зернин (700 зернин) спостерігалася при густоті 30 тис./га та удобренні N₆₀P₆₀K₆₀, що перевищує контрольний показник на 50 зернин.

Внесення мінеральних добрив суттєво підвищувало масу зерна з качана у всіх гібридів. Найвищі показники були у середньопізнього гібриду ДМС Шатл, де маса зерна збільшилася з 269,9 г у контрольному варіанті до 290,0 г при N₆₀P₆₀K₆₀, що становить приріст на 7,5%. У ранньостиглого гібриду приріст становив 5,0% (з 202,8 г до 213,0 г).

Зафіксовано найвищу врожайність зерна у 2022–2024 роках продемонстрували середньостиглий гібрид ДМС 3015 (3,86–6,02 т/га), середньопізній ДМС Шатл (4,41–6,01 т/га) та середньоранній ДМС Прайм (4,52–5,97 т/га). У свою чергу, ранньостиглий гібрид ДМС Лорд забезпечував врожайність на рівні 3,89–4,60 т/га, що на 13,9–23,5 % (0,63–1,42 т/га) нижче порівняно з іншими гібридами, що пов'язано з посушливими умовами на початку вегетації (травень – липень).

Застосування добрив позитивно впливало на врожайність кукурудзи. Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 внесення N₃₀P₃₀K₃₀ забезпечило приріст врожайності на 2,13–18,3 % (0,12–0,87 т/га), а N₆₀P₆₀K₆₀ – на 11,35–22,6 % (0,66–1,13 т/га). У середньопізнього гібриду ДМС Шатл застосування N₃₀P₃₀K₃₀ підвищило врожайність на 7,7–19,6 % (0,37–1,17 т/га), а N₆₀P₆₀K₆₀ – на 4,23–19,9 % (0,24–1,1 т/га).

Помічено, що найкращі показники врожайності спостерігалися при густоті стояння 50 тис./га, незалежно від року досліджень та системи удобрення, для ДМС Лорд (ранньостиглий) – 4,37–4,60 т/га, ДМС Прайм (середньоранній) – 5,68–5,97 т/га, ДМС 3015 (середньостиглий) – 5,20–6,02 т/га, ДМС Шатл (середньопізній) – 5,80–6,01 т/га. Це підтверджує важливість оптимального регулювання густоти посівів для забезпечення максимального використання ґрунтово–кліматичних ресурсів.

Підтверджено, що рівень мінерального удобрення суттєво впливає на вміст сирого протеїну у зерні кукурудзи. Максимальні показники спостерігалися за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд вміст сирого протеїну зростав із 7,0–7,7% (контроль) до 8,4%, що забезпечило приріст до 8,45%. Середньоранній гібрид ДМС Прайм демонстрував приріст до 16,18% (з 6,5–6,8% до 7,9%). У середньостиглого гібриду ДМС 3015 вміст сирого протеїну зростав із 6,2–6,7% до 7,8%, а середньопізній гібрид ДМС Шатл показав підвищення з 5,9–6,1% до 6,6%. Це підтверджує, що ранньостиглі гібриди більш ефективно використовують азот для синтезу білків.

З'ясовано також, що внесення добрив сприяє підвищенню вмісту сирого жиру, особливо у середньоранніх і середньопізніх гібридів, забезпечуючи високу енергетичну цінність зерна. Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд вміст жиру зростав із 4,0–4,02% (контроль) до 4,81% (приріст до 10,70%). У середньораннього гібриду ДМС Прайм цей показник зростав із 3,45–3,55% до 4,45%, що становило приріст до 17,39%. Максимальні значення були зафіксовані у середньопізнього гібриду ДМС Шатл – до 5,52% (приріст до 17,19%), що вказує на їхню здатність накопичувати більше енергії у зерні.

Науково обґрунтовано, що оптимальне поєднання мінерального удобрення та густоти стояння рослин сприяє підвищенню урожайності кукурудзи до 24,94% і покращенню якісних показників зерна. Це підтверджує доцільність впровадження диференційованих технологій

вищого врожаю залежно від групи стиглості гібридів. Ранньостиглі гібриди демонструють вищу якість зерна за вмістом білка (до 8,4%) порівняно із середньоранніми та середньопізними гібридами завдяки ефективнішому використанню азоту та меншій тривалості конкуренції за ресурси. Середньопізні гібриди характеризуються підвищеним вмістом жиру (до 5,52%), що забезпечує його високу енергетичну цінність.

Дослідження показали, що раціональне управління параметрами вирощування кукурудзи, такими як густина стояння рослин, рівень мінерального удобрення та вибір гібридів, є ключовим чинником досягнення балансу між високою урожайністю та економічною ефективністю. Найвищий рівень рентабельності (452,2 %) забезпечувався за умов відсутності удобрення для гібриду ДМС Прайм при густоті 50 тис. рослин/га. Внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло збільшенню валової вартості продукції до 51187,5 грн/га, але зменшувало рівень рентабельності до 257,9%, водночас забезпечуючи оптимальне співвідношення між витратами та прибутком. Подальше підвищення рівня удобрення до $N_{60}P_{60}K_{60}$ покращувало урожайність, однак через значні витрати на добрива рівень рентабельності знижувався до 166,5%. Тобто, оптимальні економічні показники досягалися за густоти стояння 50 тис. рослин/га та внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, що дозволяло забезпечити високий рівень урожайності поряд із максимальною рентабельністю.

На основі результатів досліджень було покращено агротехнічні заходи з вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості шляхом оптимізації густоти стояння рослин у поєднанні із внесенням помірних доз мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ – $N_{60}P_{60}K_{60}$). Такий підхід сприяє більш повному розкриттю потенціалу зернової продуктивності культури в умовах Північного Степу, а також дозволяє зменшити витрати на виробництво завдяки раціональному використанню ресурсів.

***Ключові слова:** кукурудза, різностиглі гібриди, густина стояння рослин, мінеральні добрива, фотосинтез, урожайність, економічна ефективність.*

ABSTRACT

Tyshchenko V.O. Agro–biological efficiency of the cultivation technology of maize hybrids depending on plant density and fertilization under the conditions of the northern Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Theses for the Doctor of Philosophy degree by specialty 201 – Agronomy. – Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2025.

The dissertation provides a theoretical generalization and proposes a novel solution to an important scientific problem aimed at improving agronomic techniques for maize cultivation. This improvement considers climatic conditions, morphological and biological characteristics of hybrids of different maturity groups, and their response to technological elements of cultivation, particularly optimizing plant density and fertilizer application rates. The study aims to enhance the productivity of this cereal crop and ensure stable grain production in the Northern Steppe of Ukraine.

For the first time in the Northern Steppe subzone of Ukraine, the effectiveness of various fertilizer rates and plant densities for maize hybrids of different maturity groups has been assessed, and the most optimal parameters have been identified. Additionally, the research investigates the dynamics of plant growth and development, photosynthesis efficiency, yield structure formation, and the phytosanitary condition of maize hybrids with varying maturity periods.

Maize is one of the key cereal crops in the Northern Steppe of Ukraine. Over recent decades, climate change, rising energy costs, shifts in agricultural priorities, reduced use of organic and mineral fertilizers, worsening phytosanitary conditions, the adoption of short–rotation crop rotations, and significant increases in maize acreage (up to 4–5 million hectares) have necessitated the improvement of its cultivation technology. These improvements aim to boost grain yield and enhance its quality indicators.

One of the primary factors influencing maize productivity and grain quality

is the correct determination of plant density and the optimization of mineral nutrition. This issue is particularly relevant given the inclusion of numerous new hybrids of various maturity groups in the State Register of Plant Varieties of Ukraine, for which optimal parameters considering regional cultivation conditions have yet to be established. Determining the optimal plant density for each new hybrid is crucial for achieving maximum yields, improving grain quality, and ensuring efficient resource utilization.

Maize yield and grain quality largely depend on plant density, as it determines the level of competition for resources such as light, water, and nutrients. Optimal plant density ensures a balance between the number of plants and available resources, providing adequate light, moisture, and nutrients. This contributes to increased protein and fat content in the grain and higher yields per unit area. Determining the optimal density requires accounting for the characteristics of each hybrid and cultivation conditions.

The primary objective of this research was to determine the specific effects of plant density and mineral nutrition levels on the yield formation of maize hybrids of various maturity groups. The study also aimed to develop practical recommendations for the optimal use of plant density and fertilizer rates for maize hybrids of different maturity groups, ensuring maximum growth and development. This includes forming an optimal leaf area, increasing chlorophyll levels, and enhancing fat and protein content in the grain, which in turn improves grain quality and yield.

To achieve this objective, the research program included the following key tasks:

- identifying the optimal plant density and mineral nutrition levels for maize hybrids of different maturity groups;
- studying the growth and development patterns of maize plants and determining yield formation trends in hybrids with different maturity durations;
- evaluating the effects of agronomic practices on chlorophyll content (in

- SPAD units), photosynthetic activity, plant growth and development, yield structure formation, and maize grain yield and quality;
- providing an agrobiological rationale for key maize productivity indicators, determining their variability, and assessing their impact on crop yield levels;
 - conducting an economic analysis of the effectiveness of modern technological elements applied to maize hybrids of different maturity groups;
 - establishing optimal agronomic parameters for creating high-yield maize crops;
 - examining the response of maize hybrids of various maturity groups to the implementation of modern technological elements.

For the first time in the Northern Steppe of Ukraine, the effectiveness of plant density and mineral nutrition levels has been evaluated, and optimal parameters have been established. The dynamics of plant growth and development, yield structure formation, and the phytosanitary condition of maize hybrids of different maturity groups have been studied. Existing maize cultivation technology elements have been refined using modern approaches, enabling increased productivity and efficiency in maize grain production.

Scientific approaches to justifying maize cultivation technology components in the Northern Steppe have been expanded, and the economic efficiency of their implementation has been analyzed.

Novel Contributions:

- specific growth, development, and grain productivity formation characteristics of maize hybrids of different maturity groups under Northern Steppe conditions have been established for the first time;
- chlorophyll content has been analyzed, and its impact on maize grain yield and quality indicators has been assessed;
- the influence of plant density and mineral nutrition levels on grain productivity formation processes has been determined.

Improvements:

- existing maize cultivation technology elements in the Northern Steppe have been enhanced to better realize the grain productivity potential of hybrids of various maturity groups and to increase overall grain productivity.

Further Developments:

- scientific approaches to the justification of agronomic methods for maize cultivation in the Northern Steppe have been advanced;
- the economic feasibility of implementing technological elements for maize cultivation has been substantiated.

Various general scientific methods were employed to conduct the study. Specifically, the field method was used to examine the interaction of corn hybrids of different maturity groups with biological and abiotic factors under varying plant density and nutrient levels. The laboratory method was applied for plant and grain analyses to study their interaction with the environment. The measurement–weighing method allowed tracking growth dynamics, performing biometric measurements, evaluating chlorophyll content, determining yield structure elements, and assessing productivity. To evaluate economic efficiency, the computational–comparative method was employed. Data processing was carried out using mathematical statistical methods, such as analysis of variance and correlation analysis, along with graphical methods for presenting research results.

For scientific justification of the research objectives and implementation of the tasks, special methods were also applied in addition to standard methods. These included dialectical, synthetic, inductive, statistical analysis, and observation methods.

Based on experimental data, the existing technologies for growing corn were refined, and new technological elements were developed for farms with various land ownership forms and levels of financial, material, and technical resources. The experimental results were validated under production conditions and effectively implemented in farms of the Northern Steppe region, including: SFH "Yulia i K" in Novomoskovsk Raion, Dnipropetrovsk Oblast (50 ha); SC "Ukraina" in Novomoskovsk Raion, Dnipropetrovsk Oblast (400 ha); and SFH

"Mechta" in Novomoskovsk Raion, Dnipropetrovsk Oblast (60 ha), covering a total area of 510 ha. These farms achieved annual grain yield growth with high economic efficiency indicators.

The dissertation comprises an introduction, five chapters, conclusions, production recommendations, a list of references, and appendices.

Experimental research proved that the duration of interphase periods in corn is determined by a set of interconnected factors, with agro-meteorological conditions and genetic characteristics of hybrids being the primary ones. Favorable weather conditions contribute to shortening the "sowing-emergence" period, as observed in 2023, when this phase lasted 9 days. Conversely, unfavorable weather in 2024 extended this period to 11 days, surpassing the previous value. The genetic characteristics of hybrids also play a significant role. Early- and mid-early hybrids (DMS Lord, DMS Prime) were characterized by an average "sowing-emergence" period of 10 days, while mid-maturity and mid-late hybrids (DMS 3015, DMS Shuttle) required an average of 10.6 days, which is 6% longer. Agrotechnical measures during the germination phase had no significant effect on the duration of the "sowing-emergence" period, as plants relied on internal nutrient reserves. Similarly, plant density (30,000–60,000 plants/ha) did not significantly influence the early development stage due to limited competition among plants for resources. During subsequent growth phases, particularly the "emergence-ear flowering" stage, mineral fertilizer application ($N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$) reduced the duration of this phase. For instance, in the early-maturing hybrid DMS Lord, increasing the fertilizer dose shortened this period by 2–4 days (3.17–6.35%).

It was established that the application of mineral fertilizers increased plant height by 10–20% on average compared to the no-fertilizer variant. Increasing plant density beyond 30,000–40,000 plants/ha led to a reduction in height due to resource competition. Maximum plant height was achieved with the $N_{30}P_{30}K_{30}$ fertilizer application, ensuring balanced plant nutrition. For the DMS Lord hybrid, the maximum height of 228 cm (+39 cm or +20.6%) was recorded at a density of 40,000 plants/ha with $N_{60}P_{60}K_{60}$ application, compared to 196 cm in the no-

fertilizer variant at the same density. The DMS Prime hybrid reached a maximum height of 237 cm (+33 cm or +16.4%) at a density of 40,000 plants/ha with $N_{60}P_{60}K_{60}$ application, while the height dropped to 206 cm (−18 cm or −8%) without fertilizers at a density of 60,000 plants/ha. The DMS 3015 hybrid maintained a stable height range of 225–229 cm without fertilizers, with a maximum height increase to 234 cm (+9 cm or +4%) observed with $N_{60}P_{60}K_{60}$ application. The DMS Shuttle hybrid exhibited the highest plant height among all hybrids – 247 cm (+22 cm or +9.8%) at a density of 40,000 plants/ha with $N_{30}P_{30}K_{30}$ application, while the height decreased to 225 cm (−14 cm or −5.9%) without fertilizers at a density of 60,000 plants/ha.

It was demonstrated that mineral fertilizer applications at doses of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ significantly increased the chlorophyll content in corn leaves by 8–16 SPAD units (15–28%) compared to the no-fertilizer variant, enhancing photosynthetic activity. Early- and mid-early hybrids, such as DMS Lord and DMS Prime, showed the most significant chlorophyll increase (up to 28%) due to their more active development. Optimal plant density was determined to be 30,000–40,000 plants/ha, providing the best balance between photosynthetic activity and resource availability. Increasing density to 60,000 plants/ha induced plant competition, reducing fertilizer efficiency; for instance, in the DMS Lord hybrid, the chlorophyll content dropped to 60.8 SPAD units, 4.8 units lower than at the optimal density. Biological characteristics of hybrids influenced the intensity of photosynthesis, determining their adaptability to growing conditions.

It was revealed that at a plant density of 30,000 plants/ha combined with a mineral fertilizer dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$, the highest net photosynthesis productivity was achieved, maximizing the photosynthetic potential of the plants. In the 7–12 leaf stage, the mid-late hybrid DMS Shuttle reached a photosynthetic productivity of 12.8 g/m² per day, surpassing the control variant (11.9 g/m²) by 0.9 g/m² or 7.5%. For the mid-maturity hybrid DMS 3015, the productivity was 9.7 g/m² under optimal density, while increasing the density to 60,000 plants/ha reduced productivity by 1.0 g/m² or 11% due to resource competition and shading.

It has been established that the application of mineral fertilizers significantly enhances the efficiency of photosynthetic activity, resulting in a productivity increase of 7–7.5%, depending on the hybrid and development stage. For instance, in the medium–maturing hybrid DMS 3015, the growth in the 7–12 leaf stage with the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ amounted to 0.7 g/m², while for the late–maturing DMS Shuttle in the 12–13 leaf stage, the growth under $N_{60}P_{60}K_{60}$ was 0.9 g/m². Hybrids with a longer vegetation period (e.g., DMS Shuttle) consistently demonstrated higher photosynthetic productivity across all development stages, underscoring their advantage under optimal fertilization and plant density conditions. However, during the ear flowering stage, all hybrids exhibited a decrease in productivity, particularly in DMS Shuttle, where it dropped from 11.9 to 7.5 g/m² (a 37% reduction).

It was observed that the length of the maize ear is significantly influenced by plant density and the level of mineral fertilization. Reducing density to 30,000 plants/ha and applying fertilizers at $N_{60}P_{60}K_{60}$ achieved the maximum ear length, reaching 21.85 cm in the medium–late hybrid DMS Shuttle, 18.8% higher than the control. In the early–maturing hybrid DMS Lord, under the same conditions, the increase was 2.2%.

Additionally, it was noted that the number of kernel rows remained stable (14–14.7) across all hybrids, whereas the number of kernels per ear significantly increased with fertilizer application. In the medium–late hybrid, the maximum number of kernels (700) was observed at a density of 30,000 plants/ha and fertilization of $N_{60}P_{60}K_{60}$, which exceeded the control by 50 kernels.

Mineral fertilization substantially increased the grain weight per ear in all hybrids. The highest values were recorded in the medium–late hybrid DMS Shuttle, where grain weight increased from 269.9 g in the control to 290.0 g under $N_{60}P_{60}K_{60}$, a 7.5% increase. In the early–maturing hybrid, the increase was 5.0% (from 202.8 g to 213.0 g).

The highest grain yields from 2022–2024 were demonstrated by the medium–maturing hybrid DMS 3015 (3.86–6.02 t/ha), the medium–late DMS

Shuttle (4.41–6.01 t/ha), and the medium–early DMS Prime (4.52–5.97 t/ha). In contrast, the early–maturing hybrid DMS Lord provided yields of 3.89–4.60 t/ha, which were 13.9–23.5% (0.63–1.42 t/ha) lower compared to other hybrids, attributed to dry conditions at the beginning of vegetation (May–July).

Fertilizer application positively affected maize yields. For the medium–maturing hybrid DMS 3015, applying $N_{30}P_{30}K_{30}$ resulted in a yield increase of 2.13–18.3% (0.12–0.87 t/ha), while $N_{60}P_{60}K_{60}$ achieved an 11.35–22.6% (0.66–1.13 t/ha) increase. In the medium–late hybrid DMS Shuttle, $N_{30}P_{30}K_{30}$ increased yield by 7.7–19.6% (0.37–1.17 t/ha), and $N_{60}P_{60}K_{60}$ by 4.23–19.9% (0.24–1.1 t/ha).

The best yield results were observed at a plant density of 50,000 plants/ha, regardless of the year of study and fertilization system: DMS Lord (early–maturing) – 4.37–4.60 t/ha, DMS Prime (medium–early) – 5.68–5.97 t/ha, DMS 3015 (medium–maturing) – 5.20–6.02 t/ha, and DMS Shuttle (medium–late) – 5.80–6.01 t/ha. This confirms the importance of optimizing plant density for maximizing soil and climatic resource utilization.

It was confirmed that the level of mineral fertilization significantly affects the crude protein content in maize grain. The highest levels were observed under $N_{60}P_{60}K_{60}$. In the early–maturing hybrid DMS Lord, crude protein content increased from 7.0–7.7% (control) to 8.4%, achieving a gain of up to 8.45%. The medium–early hybrid DMS Prime showed an increase of up to 16.18% (from 6.5–6.8% to 7.9%). In the medium–maturing hybrid DMS 3015, crude protein content increased from 6.2–6.7% to 7.8%, while the medium–late hybrid DMS Shuttle showed an increase from 5.9–6.1% to 6.6%. This confirms that early–maturing hybrids utilize nitrogen more effectively for protein synthesis.

It was also found that fertilizer application increases crude fat content, especially in medium–early and medium–late hybrids, enhancing the grain's energy value. For the early–maturing hybrid DMS Lord, fat content increased from 4.0–4.02% (control) to 4.81% (a 10.70% gain). In the medium–early hybrid DMS Prime, it rose from 3.45–3.55% to 4.45%, a gain of up to 17.39%. The highest values were recorded in the medium–late hybrid DMS Shuttle – up to 5.52% (a

17.19% gain), highlighting their ability to accumulate more energy in the grain.

It has been scientifically justified that the optimal combination of mineral fertilization and plant density contributes to a yield increase of up to 24.94% and improves grain quality. This confirms the feasibility of implementing differentiated cultivation technologies depending on the hybrid maturity group. Early-maturing hybrids demonstrate higher grain quality in terms of protein content (up to 8.4%) compared to medium-early and medium-late hybrids due to more efficient nitrogen utilization and shorter competition duration for resources. Medium-late hybrids are characterized by increased fat content (up to 5.52%), providing high energy value.

Research indicates that rational management of maize cultivation parameters, such as plant density, mineral fertilization level, and hybrid selection, is key to balancing high yields and economic efficiency. The highest profitability level (452.2%) was achieved without fertilization for the DMS Prime hybrid at a density of 50,000 plants/ha. Fertilizer application ($N_{30}P_{30}K_{30}$) increased the gross product value to 51187.5 UAH/ha but reduced profitability to 257.9%, providing an optimal balance between costs and profit. Further fertilization ($N_{60}P_{60}K_{60}$) improved yields but reduced profitability to 166.5% due to higher fertilizer costs. Thus, optimal economic indicators were achieved at a plant density of 50,000 plants/ha and $N_{30}P_{30}K_{30}$ fertilization, ensuring high yields alongside maximum profitability.

Based on research results, agro-technical measures for cultivating maize hybrids of different maturity groups have been improved by optimizing plant density combined with moderate doses of mineral fertilizers ($N_{30}P_{30}K_{30}$ – $N_{60}P_{60}K_{60}$). This approach promotes the full realization of the grain productivity potential in the Northern Steppe conditions and reduces production costs through rational resource use.

Keywords: *maize, hybrids of different maturity, plant density, mineral fertilizers, photosynthesis, yield, economic efficiency.*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті в наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність зерна кукурудзи в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 319–327. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

2. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Якість зерна кукурудзи під впливом густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139(2). С. 136–143. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

3. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на уміст хлорофілу в листках кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 133–139. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

Статті в науково-практичних виданнях

4. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Якість зерна кукурудзи під впливом густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення в Степу України. *Агробізнес сьогодні (Журнал та мультимедійна платформа успішного аграрія)*. 2025. № 1–2 (536–537). С. 24–27. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

Тези і матеріали наукових конференцій

5. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність кукурудзи в умовах Степу. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: мат. XI Міжнарод. наук.–прак. конф. молодих вчених і спеціалістів

(с. Центральне, 21 квітня 2023 р.) / НААН, МІП ім. В.М. Ремесла. с. Центральне). С. 135–136. *(Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

6. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.**, Сирота В. І., Савчук С. О. Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*: мат. VII Міжнарод. наук.–прак. конф., присвяч. пам'яті до 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно–економічного університету (1934–2024 рр.). (21–22 листопада 2023 року, м. Дніпро / ДДАЕУ). С. 31–32. *(Особистий внесок 40 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

7. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: мат. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 90-річчю з дня народж. проф. Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2023 р. / ПДАУ). С. 142–143. *(Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

8. Цилюрик О.І., **Тищенко В. О.** Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур*: мат. I Всеукр. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. (м. Полтава, 15 травня 2023 р / ПДАУ). С. 171–172. *(Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

9. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в умовах Північного Степу. *Наукові засади*

підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : мат. міжнар. наук.–прак. конф. (м. Харків, 29 листопада 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун–т.). С. 322–323. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	26
РОЗДІЛ 1	ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	32
	1.1 Ефективність основних елементів технології вирощування кукурудзи в Степу України.....	32
	1.2 Вплив різностиглих гібридів кукурудзи, густоти стояння рослин та мінерального удобрення на продуктивність кукурудзи.....	46
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	62
	2.1. Кліматичні і ґрунтові умови.....	62
	2.2. Метеорологічні умови під час проведення досліджень.....	66
	2.3. Методичні та агротехнічні засади проведення досліджень	77
РОЗДІЛ 3	ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ КУКУРУДЗИ І ФОРМУВАННЯ ЇЇ БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	85
	3.1 Формування біометричних показників рослин кукурудзи за дії густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення	85
	3.2. Зміна вмісту хлорофілу в листках кукурудзи під дією елементів технології її вирощування	111
	3.3. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи під впливом густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення.....	117
РОЗДІЛ 4	ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ УРОЖАЮ ТА ЇЇ ПРОДУКТИВНІСТЬ.....	131
	4.1. Елементи структури урожаю кукурудзи залежно від густоти стояння та рівня мінерального живлення рослин.....	131
	4.2. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості	

залежно від густоти стояння та рівня мінерального живлення.. 143

4.3. Якісні показники зерна кукурудзи за дії густоти стояння і
рівня мінерального живлення..... 148

РОЗДІЛ 5	ЕКОНОМІЧНА	ЕФЕКТИВНІСТЬ	ЕЛЕМЕНТІВ	
	ТЕХНОЛОГІЇ	ВИРОЩУВАННЯ	КУКУРУДЗИ.....	158
	ВИСНОВКИ.....			165
	РЕКОМЕНДАЦІЇ	ВИРОБНИЦТВУ		171
	СПИСОК	ВИКОРИСТАНИХ	ЛІТЕРАТУРНИХ	ДЖЕРЕЛ.... 172
	ДОДАТКИ.....			200

ВСТУП

Рослинництво в Північному Степу України в умовах погіршення екологічної ситуації значно залежить від гідротермічних коливань, які є характерними для сучасного клімату. Наразі важливим завданням є адаптація технологій вирощування польових культур, зокрема кукурудзи, до змін клімату для підвищення їх продуктивності. У зв'язку з цим особливо актуальною стає необхідність удосконалення технологічних підходів до вирощування кукурудзи (*Zea mays L.*) у відповідних ґрунтово–кліматичних умовах, що вимагає оптимізації агротехнічних заходів для отримання якісного зерна.

Актуальність роботи. Кукурудза є однією з ключових зернових культур у Північному Степу України. За останні десятиліття, у зв'язку зі змінами клімату, зростанням цін на енергоресурси, переорієнтацією пріоритетів у рослинництві, скороченням використання органічних і мінеральних добрив, погіршенням фітосанітарної ситуації, впровадженням короткоротаційних сівозмін та значним збільшенням площ під цією культурою (до 4–5 млн га), виникла потреба вдосконалити елементи технології її вирощування. Це спрямовано на підвищення врожайності зерна та покращення його якісних показників.

Одним із провідних чинників, що впливають на продуктивність та якість зерна кукурудзи, є правильне визначення густоти стояння рослин і оптимізація мінерального живлення. Це питання набуває особливої актуальності через те, що до Державного реєстру сортів України внесено значну кількість нових гібридів різних груп стиглості, для яких ще не визначено оптимальних параметрів з урахуванням зональних особливостей вирощування. Встановлення оптимальної густоти стояння для кожного нового гібриду є важливою умовою для досягнення максимальної врожайності, поліпшення якості зерна та ефективного використання ресурсів.

Врожайність і якість кукурудзи великою мірою залежать від густоти

стояння рослин, адже цей показник визначає рівень конкуренції за такі ресурси, як світло, вода та поживні речовини. Оптимальна густина стояння створює необхідний баланс між кількістю рослин і доступними ресурсами, забезпечуючи належний рівень освітленості, вологи та поживних речовин. Це сприяє підвищенню вмісту білка та жирів у зерні, а також досягненню високої врожайності на одиницю площі. Для визначення оптимальної густоти необхідно враховувати особливості кожного гібриду та умови вирощування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, пов'язані з темою дисертації, проводили відповідно до тематичного плану Дніпровського державного аграрно-економічного університету в рамках прикладної ініціативної науково-дослідної теми НДР «Розробити та науково обґрунтувати елементи екологічно-збалансованих технологій вирощування польових культур в умовах Степу України» (01.2021–01.2026 рр.) (номер державної реєстрації 0120U104843).

Мета й завдання дослідження. Основною метою нашого дослідження було визначення специфіки впливу густоти стояння рослин кукурудзи та рівня мінерального живлення на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Розробити практичні рекомендації щодо оптимального використання густоти стояння рослин та норм внесення добрив для кукурудзи різних груп стиглості, що сприяють забезпеченню максимального росту і розвитку рослин. Це включає формування оптимальної листкової поверхні, збільшення рівня хлорофілу, підвищення вмісту жирів та протеїну в зерні, що в свою чергу сприяє підвищенню якості та врожайності зерна.

Для досягнення поставленої мети програма дослідження включала вирішення таких основних завдань:

- виявити найбільш оптимальну густоту та рівень мінерального живлення для гібридів кукурудзи різної групи стиглості;
- вивчити особливості росту та розвитку рослин, а також встановити закономірності формування врожайності зерна у гібридів кукурудзи з

різними термінами стиглості;

– оцінити вплив агротехнічних заходів на вміст хлорофілу (в одиницях SPAD), фотосинтетичну активність, ріст і розвиток рослин, формування структурних елементів врожаю, а також на врожайність і якість зерна кукурудзи;

– здійснити агробіологічне обґрунтування ключових показників продуктивності кукурудзи, встановити їх коливання та визначити вплив на рівень врожайності культури.

– провести економічний аналіз ефективності застосування сучасних елементів технологій на гібридах кукурудзи різних груп стиглості.

– визначити оптимальні агротехнічні параметри для створення високопродуктивних посівів кукурудзи.

– дослідити реакцію гібридів кукурудзи різних груп стиглості на впровадження сучасних елементів технологій.

Об'єкт досліджень: процеси росту, розвитку та формування врожайності кукурудзи, що залежать від густоти посівів та рівня мінерального живлення.

Предмет досліджень: гібриди кукурудзи, густина посівів при різних рівнях живлення, врожайність та якість зерна, економічна ефективність вирощування кукурудзи.

Методи дослідження. Для виконання дослідження використовувалися різноманітні загальнонаукові методи. Зокрема, польовий метод був застосований для вивчення взаємодії гібридів кукурудзи різних груп стиглості за різної густоти і живлення з біологічними та абіотичними факторами. Лабораторний метод використовувався для аналізу рослин і зерна з метою дослідження їх взаємодії з навколишнім середовищем. Вимірювально–ваговий метод дозволив встановити динаміку росту, виконати біометричні вимірювання, оцінити вміст хлорофілу та визначити елементи структури врожаю, а також урожайність. Для оцінки економічної ефективності був використаний розрахунково–порівняльний метод.

Методами математичної статистики, такими як дисперсійний та кореляційний аналіз, здійснювалося оброблення даних, а також використовувались графічні методи представлення результатів досліджень. Для наукового обґрунтування мети та реалізації завдань, узагальнення результатів експериментів, окрім стандартних методів, застосовувалися також спеціальні методи, зокрема діалектичний, синтетичний, індуктивний, статистичний аналіз і спостереження.

Наукова новизна. Вперше для умов Північного Степу України проведено оцінку ефективності та визначено оптимальні показники густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення. Вивчено динаміку росту і розвитку рослин, формування елементів структури врожаю та фітосанітарний стан гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Удосконалено існуючі елементи технології вирощування гібридів кукурудзи для Північного Степу України за допомогою сучасних підходів до технології вирощування, що дозволяє підвищити продуктивність і ефективність виробництва зерна кукурудзи.

Розширено наукові підходи до обґрунтування складових технології вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу, а також проведено економічний аналіз ефективності їх застосування.

Уперше:

- встановлено специфічні особливості росту, розвитку та формування зернової продуктивності кукурудзи різних груп стиглості в умовах Північного Степу України;
- проаналізовано вміст хлорофілу та його вплив на врожайність і якісні показники зерна кукурудзи;
- встановлено вплив щільності стояння рослин і рівня мінерального живлення на процеси формування зернової продуктивності.

Удосконалено:

- наявні елементи технології вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу, які сприяють повнішому розкриттю потенціалу зернової

продуктивності гібридів різних груп стиглості та підвищенню загальної продуктивності зерна.

Набули подальшого розвитку:

- наукові підходи до обґрунтування компонентів агротехнічних методів вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу;
 - обґрунтування економічної доцільності впровадження технологічних елементів для вирощування кукурудзи.

Практичне значення одержаних результатів. На основі отриманих експериментальних даних для господарств різних форм власності на землю, з урахуванням різних рівнів фінансово–матеріального та технічного забезпечення, були вдосконалені існуючі та розроблені нові елементи технологій вирощування кукурудзи. Отримані результати експериментів пройшли перевірку в умовах виробництва та були ефективно застосовані в господарствах Північного Степу (С(Ф)Г «Юлія і К» Новомосковського району Дніпропетровської області – 50 га; СК «Україна» Новомосковського району Дніпропетровської області – 400 га; С(Ф)Г «Мечта» Новомосковського району Дніпропетровської області – 60 га) на загальній площі 510 га. В господарствах було отримано щорічне зростання врожаю зерна за високих показників економічної ефективності.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційна наукова робота є завершеним дослідженням, яке автор виконав самостійно, базуючись на польових і лабораторних дослідах, проведених у фермерському господарстві «Юлія і К» у селі Мар'ївка Новомосковського району Дніпропетровської області. У межах дослідження автор самостійно визначив напрямок роботи, розробив робочу програму та схему досліджень, вибрав методику та здійснив польові й лабораторні експерименти, а також супутні спостереження. Всі етапи роботи, включаючи аналіз і інтерпретацію отриманих даних, підготовку дисертації, формулювання висновків і рекомендацій для агровиробництва, а також перевірку і впровадження результатів у господарствах Північного Степу України, були виконані автором особисто

або за його безпосередньої участі.

Апробація результатів дисертації. Ключові результати та основні положення наукових досліджень були представлені та обговорені на міжнародних науково–практичних конференціях «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (с. Центральне, 2023 р.), «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 2023 р.), «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 2024 р.), «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (м. Харків, 2024 р.) на Всеукраїнській науково–практичній інтернет–конференції «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування» (м. Полтава, 2023 р.), «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур» (м. Полтава, 2023 р.). Основні результати досліджень дисертаційної роботи неодноразово презентувалися, обговорювалися і затверджувалися на засіданнях кафедри рослинництва ДДАЕУ, а також широко висвітлювалися автором під час публічних виступів на семінарах, симпозіумах, лекціях та круглих столах.

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження були опубліковані в 9 наукових роботах, зокрема: у 3 наукових фахових виданнях України, науково-практичних виданнях - 1 та 5 тезах і матеріалах наукових науково–практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Кваліфікаційна наукова робота має обсяг 205 сторінок і включає анотацію, вступ, п'ять розділів, що містять 13 таблиць і 17 рисунків, а також висновки, рекомендації для практичного використання, список використаних джерел (255 найменувань) і додатки.

РОЗДІЛ 1

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Ефективність основних елементів технології вирощування кукурудзи в Степу України

В умовах Степу України ефективність основних технологічних елементів вирощування кукурудзи є вирішальним чинником для досягнення стабільної продуктивності та економічної вигоди. Зважаючи на специфіку клімату, технології вирощування спрямовані на максимальне збереження та оптимальне використання ресурсів, таких як волога та поживні речовини.

До основних елементів, що мають ключове значення, належать:

1. Правильний добір гібридів кукурудзи є ключовим фактором для забезпечення стабільного врожаю та високої економічної ефективності її вирощування. Підбір гібридів повинен враховувати зональні характеристики місцевості, що включають кліматичні умови, тип ґрунтів, рівень зволоження, а також можливості застосування сучасних технологій агровиробництва.

У процесі вибору слід орієнтуватися на гібриди, що забезпечують максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності в умовах конкретної зони. Для Північного Степу, наприклад, це гібриди з високою жаростійкістю, посухостійкістю та адаптованістю до різких змін температур, характерних для регіону. Одночасно важливою характеристикою є здатність до швидкого накопичення сухої речовини та рівномірне дозрівання зерна.

Одним із практичних підходів є проведення попередніх випробувань кількох гібридів у межах господарства. Це дозволяє оцінити їх продуктивність в умовах конкретного агрофону, що включає рівень родючості ґрунту, кількість опадів і наявність іригаційних систем. Результати

таких досліджень допомагають визначити, які саме гібриди максимально відповідають вимогам місцевості.

Тобто, успішний добір гібридів кукурудзи вимагає всебічного аналізу агрокліматичних умов, технологічних можливостей господарства та біологічних особливостей рослин, що в сукупності забезпечує підвищення врожайності та рентабельності виробництва.

2. Густота стояння рослин. Правильний вибір густоти висіву забезпечує оптимальне використання площі, знижує конкуренцію між рослинами за світло, вологу та поживні речовини, що сприяє збільшенню врожайності. Встановлення оптимальної густоти рослин дозволяє підвищити ефективність формування структури врожаю та підвищує його якість.

3. Рівень мінерального живлення. Забезпечення збалансованого мінерального живлення, особливо азотних, фосфорних та калійних добрив, є основою для активного росту кукурудзи, стимулює фотосинтетичну активність і підвищує вміст хлорофілу. Це сприяє кращому розвитку листової поверхні, що позитивно впливає на формування повноцінних качанів і загальний вміст білка та жирів у зерні.

4. Своєчасність і оптимальність агротехнічних заходів. Включення раціональних елементів, таких як вибір гібридів, які відповідають умовам Степу, та застосування обґрунтованих технологічних прийомів, допомагає підтримувати стабільну продуктивність. Серед таких заходів – своєчасний обробіток посівів і правильний обробіток ґрунту.

5. Економічна обґрунтованість технологій. Адаптація елементів технології вирощування до специфічних умов Степу дозволяє досягти високої рентабельності виробництва. Підвищення продуктивності культури й ефективне використання агротехнологій забезпечують значний економічний ефект для господарств.

Застосування оптимальних технологічних елементів дозволяє максимально розкрити потенціал урожайності кукурудзи, забезпечити високу

якість зерна та отримати стабільну рентабельність у виробничих умовах Степу України.

У теперішній час вітчизняною селекцією створено низку нових гібридів кукурудзи, які мають різні морфо-біологічні ознаками і характеристики, відміченості у реакції на дію сприятливих (зрошення, удобрення, захист рослин, обробіток ґрунту тощо) та негативних (високі температури і низька вологість повітря, відсутність опадів, суховії, шкідники, збудники хвороб, бур'яни ті ін.) чинників продукційного процесу. Тож, потрібно диференційовано ставитися до добору гібрида [1].

Адаптація рослин до нових умов середовища досягається завдяки модифікаційній та генотиповій мінливості, тобто шляхом перебудови комплексу фізіолого-біохімічних та морфо-анатомічних ознак самої рослини в онтогенезі і створення нових норм реакції в філогенезі [2].

При виборі певних гібридів різних груп стиглості агровиробники приділяють значну увагу їх адаптивності до несприятливих біотичних і абіотичних чинників. Так, дуже важливе значення має стійкість гібридів до високих температур повітря, причому значення цієї властивості буде підвищуватись внаслідок змін клімату та його аридизації. Вітчизняні та закордонні селекціонери спрямовують свою діяльність на створення гібридів, що мають як високий потенціал урожайності, так і толерантність до несприятливих умов зовнішнього середовища – посуха, дефіцит вологи, ураження шкідниками, пошкодження хворобами тощо [3].

У міжнародній практиці існує декілька систем індексування гібридів за тривалістю вегетаційного періоду. В Україні загальноприйнятою є європейська система градації термінів стиглості гібридів кукурудзи за показником ФАО (від англ. FAO – Food Agronomy Organization – Департамент сільського господарства та продовольства Організації Об'єднаних Націй). За цією класифікацією сортове різноманіття розподіляється на 900 одиниць – від 100 до 999. Умовно в групу ФАО 100–199 входять ранньостиглі гібриди, 200–299 – середньоранні, 300–399 –

середньостиглі, 400–499 – середньопізні, 500 і більше – пізньостиглі. Агрокліматичні умови Південної степової зони України мають високий рівень забезпечення тепловими ресурсами, що за умов зрошення забезпечує можливість вирощування гібридів різних груп стиглості – від ранньостиглої групи з ФАО від 100 до 199 до середньопізньої – ФАО від 400 до 499. Створені селекціонерами гібриди кукурудзи ФАО 200–500 забезпечують урожайність 12–14 т/га зерна за вологості зерна 12–14%, що дозволяє проводити збирання з мінімальними витратами на досушування та використовувати гібриди в енергоощадних технологіях [4].

В практиці світового землеробства оптимальну густоту стояння рослин кукурудзи різних груп стиглості необхідно визначати в польових дослідках і коригувати залежно від ступеню інтенсифікації агротехнологій, груп ФАО гібридів, даних агрохімічних досліджень та вмісту поживних речовин в ґрунті, погодних умов у конкретні роки вирощування тощо [5–7].

Закордонними вченими встановлено, що оптимальна ступінь загущення кукурудзи для різних ґрунтово–кліматичних зон нашої планети становить: Південна Африка – 17,5–20,0 тис. шт./га, США – 30–40; країни ЄС – 50–75 тис./га [8]. Дослідженнями встановлено, що для умов Північної частині степової зони України оптимальна густота стояння рослин для середньоранніх та середньостиглих гібридів кукурудзи без зрошення повинна складати 30–35 тис. шт./га, а пізньостиглих – 20 тис. шт./га [9]. При обмежених зрошувальних нормах густоту стояння рослин кукурудзи необхідно зменшувати, а при підвищених, навпаки, збільшувати. Найбільш економно вода використовується при густоті стояння 60 тис. шт. на 1 га [10]. Найвищий рівень урожайності гібрида Дніпровський 203 МВ при ранньому строкові сівби (25 квітня) одержано у варіантах густоти рослин 70 тис. шт./га, а при другому (5 травня) – 60 тис. шт./га. Подібні варіанти густоти на ділянках гібридизації гібрида Дніпровський 284 МВ не дали достовірних змін урожайності, хоча за роки досліджень збереглася тенденція підвищення врожаю за густоти рослин 60 тис. шт./га [7].

Кількість рослин кукурудзи на одиницю площі слід регулювати відповідно з продуктивністю ґрунту та вологозабезпеченістю рослин. Підвищення густоти стояння рослин кукурудзи з 37 до 86 тис. шт./га підвищувало врожай відповідно на 37 і 48%. В польових дослідах на території Інгулецького зрошуваного масиву визначено, що за густоти стояння рослин 50 тис. шт./га швидкість наростання площі листкової поверхні, продуктивність її функціонування та вегетаційний період на таких ділянках був максимальний. За підвищення густоти стояння рослин до 85–90 тис. шт./га призводило прискорення проходження фаз росту й розвитку, передчасному завершенню вегетації. При значному дефіциті вологи в першу половину вегетації та достатньому зволоженні в другу його половину, економічно вигідним є вирощування гібриду Докучаєвський за густоти стояння 60 тис. шт./га [11].

Дослідження Інституту зернового господарства НААН України показали, що при вирощуванні простих гібридів кукурудзи при поливах за схемою 80% НВ, найбільш ефективною була густота 70 тис. рослин на 1 га [12]. При сприятливому водному режимі в умовах Киргизстану найбільша активізація продукційних процесів спостерігалась за густоти стояння 80 і 70 тис. шт./га, у варіантах з такою щільністю посівів сформувалася площа листкової поверхні рослин кукурудзи 68,2 і 62,6 тис.м²/га, відповідно [13]. Вивчення густоти стояння рослин кукурудзи на зрошуваних площах Степу України показало, що за реалізації біологічно оптимального режимі зрошення та високих нормах мінеральних добрив найкращі результати забезпечила густота стояння рослин у межах 60–65 тис. шт./га. Доведено, що гібриди середньостиглої групи формують максимальну врожайність зерна і зеленої маси за використання густоти стояння рослин в діапазоні 70–75 тис. шт./га [6]. Продуктивність середньостиглих гібридів кукурудзи при вирощуванні на силос на зрошуваних світло-каштанових ґрунтах Волгодонського межиріччя була взаємопов'язана з диференціацією густоти стояння й режим зрошення. Так, врожайність кукурудзи на силос кукурудзи

гібрида Краснодарський 440 при підтримці вологості активного шару ґрунту на рівні 60–70% НВ та густоті стояння рослин 70–800 тис. шт./га складала 40 т/га, при 70–80% НВ і густоті 90 тис. шт./га – 62 т/га, при 80% НВ і 90 тис. шт./га – 18 81 т/га, відповідно [8].

Зволоження ґрунту сприяє вимиванню розчинених поживних речовин (особливо нітратів) та переміщенню їх вниз за ґрунтовим профілем. Через деякий час після поливу, коли розпочинається випарування та піднімання води, розчинені поживні речовини знов мігрують в верхні шари ґрунту. При диференційованому режимі зрошення 60–80–60%, 60–70–60 та 80–80–80% НВ (шарі ґрунту 0,5–0,7–0,7 м, відповідно) середньораннього гібриду Піонер 3978 оптимальною виявилася густина стояння рослин 80 тис. шт./га. Крім того, в польових дослідженнях доведено ефективність використання водозберігаючих режимів зрошення з диференційованим передполивним порогом 60–80–60% НВ за трьома фазами розвитку рослин – перший період «сходи – до цвітіння»; другий – «цвітіння – формування зерна»; третій – «формування зерна – молочно-восковий стан зерна» [14]. У дослідях УкрНДІЗЗ винос поживних речовин з врожаєм зрошеної кукурудзи складав: азоту – 180,8, фосфору – 86,4 та калію – 226,7 кг/га, а незрошеною відповідно: 79,1, 24,0 та 90,2 кг/га [15].

Дослідженнями вчених Інституту зернового господарства НААН України встановлено, що на формування 8,0–10,0 т/га зерна рослини кукурудзи при зрошенні в залежності від гібрида, добрив, густоти стояння та інших факторів поглинають з ґрунту: азоту – 190–220 кг/га, фосфору 80–100 та калію 200–230 кг/га [12]. Максимальний врожай зерна кукурудзи в умовах зрошення у межах від 6,93 до 9,91 т/га забезпечує застосування повного мінерального добрива ($N_{180}P_{90}K_{30}$). Мінеральні добрива та зрошення впливали на якість зерна кукурудзи. Так, у середньому за три роки, кукурудза у варіантах без внесення добрив і без поливів містила в зерні азоту 1,60%, фосфору 0,59%, калію 0,54%, золи 1,60% та жиру 6,65%, а з внесенням $N_{150}P_{90}K_{20}$ – відповідно 1,95; 0,65; 0,53; 1,70; 6,25. Практично усі

закордонні дослідники свідчать про позитивний вплив внесення добрив на урожайність і якість зерна кукурудзи [12].

У Європі з підвищення урожайності зернових культур участь нових високоврожайних гібридів або сортів становить у межах 25 %. Збільшення приросту врожайності за рахунок сортів та гібридів, за даним Національного Інституту агробіотаніки у Великобританії, за три десятиріччя відповідно сягає: за перше – 38 %, друге – 42 %, третє – 60 % [12]. Багатьма дослідниками наукових установ Національної академії аграрних наук України та практикою сільськогосподарського виробництва доведено, що, поряд з агротехнічними заходами, гібрид має значення, а в ряді випадків – вирішальне значення для одержання високих і сталих урожаїв культур. На нинішньому етапі використання виробничих ресурсів і в зв'язку із створенням гібридів кукурудзи нового покоління, які відзначаються різною адаптивністю до умов навколишнього середовища і реакцією на зміну 30 агротехнічних заходів, технологія повинна враховувати біологічні особливості кожної форми, тобто базуватись на принципах сортової технології [16].

Дослідження, які проводились в мережі дослідних станцій Інституту зернових культур НААН України та інших установах мережі НААН, показали, що протягом останніх років урожайність зерна кукурудзи залежала в основному від біологічного потенціалу гібридів. Не менш важливі також погодні умови в період вегетації рослин (гідротермічний режим повітря і ґрунту, періодичність посухи) [12]. Під час вибору гібридів різної групи стиглості особливу увагу слід звертати на стійкість гібридів проти ураження хворобами, холодостійкість, посухостійкість, швидку вологовіддачу [17]. Добір гібридів кукурудзи – одне з найважливіших завдань, яке за різних умов року вирощування (сухий, середній, вологий) забезпечує формування сталого врожаю культури [18]. Стабільне виробництво зерна кукурудзи можливе за наявності гібридів із високою потенційною продуктивністю, стійкістю до

шкідників, хвороб, несприятливих факторів середовища, які відповідають сучасним вимогам інтенсивної технології [19].

В комплексі агротехнологічних і організаційно–економічних заходів для покращення обсягів виробництва зерна кукурудзи важливим є раціональне використання генетичного потенціалу її сортових ресурсів. Для інтенсифікації виробництва цієї культури потрібно використовувати новітні досягнення у селекції та насінництві. А саме – впроваджувати більш продуктивні, стійкі до несприятливих до природно–кліматичних умов і хвороб гібриди кукурудзи. Ці заходи здатні надати можливість збільшити врожайність виробництва зерна на 20–25 % [20]. У цьому контексті особливої уваги заслуговує раціональний підбір співвідношення гібридів з урахуванням їх скоростиглості та зональних умов вирощування кукурудзи, який також є одним із радикальних заходів для надійного вирішення проблеми підвищення ефективності виробництва зерна цієї культури. Дослідженнями доведено, що 3:1 в структурі гібридного складу доцільно мати до 55 % скоростиглих форм і 45 % середньо– та пізньостиглих. Безумовно, таке співвідношення є орієнтовним і може змінюватись залежно від спеціалізації господарств, їх маркетингової спрямованості та економічної ситуації [21, 22].

Урожайні дані свідчать про те, що оптимальною передзбиральною густиною стояння рослин у зоні Степу для середньоранніх гібридів Ізяслав 220 МВ, ДМС Гроно і ДМК Чері є рівень 60 тис./га. Рослини гібрида ДМС 2510 здатні формувати більш розвинену листову поверхню, значно переважають попередні за висотою стебла, у зв'язку з чим рівень оптимальної густоти для них дещо нижчий – 50 тис./га. Для середньостиглих гібридів Красилів 327 МВ, Візир і середньопізнього Штандарт кращі умови для нормального водоспоживання і формування врожайності також складаються за густоти 50 тис./га. Характерною ознакою рослин середньопізнього гібрида Турія є еректоїдне розташування листків на стеблі, що створює передумови ефективного використання фотосинтетично–

активної радіації, через що вони здатні формувати високий урожай за підвищеної густоти – 60 тис./га [23, 25].

За даними Маслійова С.В. аналіз впливу густоти рослин зерна гібрида кременистої середньоранньої кукурудзи Кремень 200 СВ на господарсько цінні показники свідчить, що гібриди середньоранньої групи, до яких належить гібрид кременистої кукурудзи Кремень 200 СВ, забезпечують найвищий урожай зерна за густоти рослин 60 тис. на 1 гектар. У разі збільшення густоти рослин кукурудзи довжина качана, маса зрілого качана і маса 1000 насінин зменшуються [26].

У середньому в роки досліджень біометричні показники гібридів кукурудзи мали найвищі значення за мінімальної густоти стояння рослин 40 тис./га для ранньостиглого і середньораннього та 30 тис./га для середньостиглого і середньопізннього біотипів. Найвищу врожайність отримано за щільності стеблостою 60 тис. рослин/га середньостиглого гібриду Красилів 243 МВ і ранньостиглого гібриду Почаївський 190 МВ [27–34].

На підставі отриманих експериментальних даних і виробничої перевірки вчені дійшли висновку, що оптимальна передзбиральна густота рослин в посівах має становити для гібридів: ранньостиглого Дніпровський 187 МВ – 35–40 тис. рослин/га; середньораннього Дніпровський 284 МВ – 30–40 тис.; середньостиглого Дніпровський 337 МВ – 30–40 тис.; середньостиглого Дніпровський 345 МВ – 25–30 тис.; середньопізннього Дніпровський 473 СВ – 25–30 тис. рослин/га [24].

Одним із ключових факторів для досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур є забезпечення їх оптимальним рівнем поживних речовин. Кукурудза потребує значної кількості мінеральних добрив, оскільки має тривалий вегетаційний період і здатна поглинати поживні елементи майже до завершення цього періоду. Важливо враховувати, що потреба в поживних речовинах значною мірою варіює залежно від стадій росту й розвитку рослини. У фазі активного росту,

зокрема від появи волоті до початку цвітіння, кукурудза поглинає близько половини необхідних поживних елементів, а до фази молочної стиглості зерна – до 90 % від загальної кількості споживання [35–39].

Збалансована система удобрення, яка забезпечує рослинам доступність поживних елементів у потрібні фази, є одним із ключових чинників підвищення стійкості кукурудзи до несприятливих умов середовища та забезпечення високої врожайності. Особливе значення має надходження поживних речовин під час критичних фаз розвитку культури. Так, у фазі 3–5 листків, коли починається формування генеративних органів (встановлюється кількість качанів і рядів зерен), кукурудза повільно росте, а її коренева система є слабкою, тому в цей період вона особливо потребує фосфору, цинку, бору та мангану. Фаза 7–8 листків характеризується інтенсивним ростом, і підживлення на цьому етапі сприяє кращій озерненості качанів та підвищенню якості зерна. У цей період також збільшується потреба в мікроелементах, таких як цинк, манган, бор і мідь [40–44].

На початку вегетації кукурудза засвоює азот у невеликій кількості (3–5%), проте активне поглинання починається у фазі 6–8 листків і триває до засихання квіткових стовпчиків качанів, коли рослина засвоює до 85% необхідного азоту. У фазі дозрівання зерна поглинання азоту становить ще 10–13%. Кукурудза добре реагує на удобрення карбамідом або сумішшю аміачної селітри та карбаміду в пропорції 1:1, що дозволяє рослинам краще засвоювати поживні речовини. Найшвидше рослини поглинають нітратний азот, оскільки він відразу доступний для засвоєння. Амонійний азот накопичується у верхньому шарі ґрунту і використовується пізніше, адже потребує часу на перетворення у нітратну форму. Амідна форма азоту спочатку трансформується в амонійну, а потім у нітратну форму, тому рослини споживають її в останню чергу.

Найвищу зернову продуктивність кукурудзи – 13,24 т/га (до контролю $N_{80}P_{40}K_{60}$ на 3,24 т/га або 32,7 %) забезпечила система основного живлення рослин $N_{160}P_{80}K_{140}$ та позакореневого – 5 % розчином карбаміду з сульфатом

магнію і мікродобривами (Рексолін ABC, 2,0 л/га + Maize boost, 0,2 кг/га у фазу BBCH 20 (10 листків) [45].

В комплексі агротехнологічних і організаційно–економічних заходів для покращення обсягів виробництва зерна кукурудзи важливим є раціональне використання генетичного потенціалу її сортових ресурсів. Для інтенсифікації виробництва цієї культури потрібно використовувати новітні досягнення у селекції та насінництві. А саме – впроваджувати більш продуктивні, стійкі до несприятливих до природно–кліматичних умов і хвороб гібриди кукурудзи. Ці заходи здатні надати можливість збільшити врожайність виробництва зерна на 20–25 % [46]. У цьому контексті особливої уваги заслуговує раціональний підбір співвідношення гібридів з урахуванням їх скоростиглості та зональних умов вирощування кукурудзи, який також є одним із радикальних заходів для надійного вирішення проблеми підвищення ефективності виробництва зерна цієї культури. Дослідженнями доведено, що 31 в структурі гібридного складу доцільно мати до 55 % скоростиглих форм і 45 % середньо– та пізньостиглих. Безумовно, таке співвідношення є орієнтовним і може змінюватись залежно від спеціалізації господарств, їх маркетингової спрямованості та економічної ситуації [47].

Серед решти агротехнічних прийомів сучасних інтенсивних технологій вирощування кукурудзи, застосування біологічних (в т. ч. бактеріальних) препаратів сприяло підвищенню виробництва продукції рослинництва на 15–20%. Біологічні препарати, як речовини, які сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур і покращують якість продукції, відіграють не менш важливу роль, аніж мінеральні добрива або засоби захисту рослин. Асортимент фізіологічно активних сполук, які рекомендують для застосування в землеробстві, весь час зростає. Застосування біологічних препаратів забезпечує можливість спрямованого регулювання найважливіших фізіологічних процесів у рослинному організмі з метою найповнішої реалізації потенційних можливостей культурних рослин [48].

Відомо, що кожній культурній рослині властива лише своя фізіологія мінерального живлення. Реалізувати її потенціал високої продуктивності можливо лише на підвищеному або високому фоні мінерального живлення за оптимальних фізико-хімічних властивостей ґрунту [49]. Всі елементи мінерального живлення тісно пов'язані між собою участю в єдиних процесах у рослині, але роль кожного з них строго специфічна. Це сформульовано в законі Лібіха (закон мінімуму): визначальним на урожай та його якість є елемент, який знаходиться в мінімумі, незалежно від того, в якій кількості він вимагається рослиною [50]. Тому значення мікроелементів в отриманні високих та повноцінних врожаїв сільськогосподарських культур настільки ж важливе, як і основних елементів мінерального живлення—азоту, фосфору, калію, кальцію, сірки та магнію [51].

Важливе місце в живленні рослини займають вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій і сірка. Якщо перші елементи рослини отримують в достатній кількості з повітря, то азот, фосфор, калій і сірку – з ґрунту [48]. Ці 32 елементи входять до складу найважливіших ферментів, вітамінів, гормонів і беруть участь в процесах синтезу білків, вуглеводів, жирів, вітамінів, підвищують ефективність багатьох ферментів рослинного організму та покращують засвоєння рослинами елементів живлення з ґрунту [47].

Під їх впливом зростає вміст хлорофілу в листках, посилюється асимілююча діяльність всієї рослини, покращуються процеси фотосинтезу та запліднення, рослини стають більш стійкими до несприятливих умов, посухи, ураження хворобами та шкідниками [52]. Азот (N) – це елемент живлення рослин, який найчастіше лімітує наростання фітомаси. У сільському господарстві потребу рослини у азоті задовольняють внесенням мінеральних добрив. При застосуванні добрив не треба забувати про неповне засвоєння рослинами мінерального азоту, оскільки з ґрунту засвоюється тільки 40–60 %, а решта втрачається (на денітрифікацію припадає 15–30 % від внесених добрив). Ці втрати зростають із збільшенням доз азотних добрив.

Легкорозчинні нітрати і амонійні сполуки потрапляють у ґрунтові води, потім у водоймища, забруднюють атмосферу оксидами азоту [53, 54].

Слід також враховувати економічну та енергетичну вартість їх внесення. Фосфор (P) часто лімітує азотфіксацію фітобактеріальної системи. Тому активізувати цей процес за рахунок біопрепаратів на основі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, які трансформують важкорозчинні фосфати з ґрунту в доступні для рослин сполуки [55].

Калій (K) зберігає та утримує воду, підсилює утворення цукрів та їх переміщення, підвищує стійкість до хвороб, посухи та заморозків. Магній (Mg) підвищує інтенсивність фотосинтезу і утворення хлорофілу. Впливає на окислювально–відновлювальні та ферментативні процеси. Кальцій (Ca) стимулює ріст рослин та розвиток кореневої системи. Підсилює обмін речовин, активізує ферменти, зміцнює клітинні стінки, підвищуючи в'язкість протоплазми. Сірка (S) бере участь в азотному та білковому обмінних процесах, входить до складу амінокислот, вітамінів та 33 рослинних олій, впливає на окислювально–відновлювальні процеси [56].

Мікроелементи – їх винос з врожаєм вираховується в грамах на тону продукції [56, 57]. Залізо (Fe) бере участь у фотосинтезі, диханні, білковому обміні та біосинтезі ростових речовин – ауксинів. Мідь (Cu) регулює дихання, фотосинтез, вуглеводний та білковий обмін. Підвищує засухо–, морозо– та жаростійкість. Марганець (Mn) входить до складу ферментів і за дією схожий на мідь. Цинк (Zn), як і залізо, регулює білковий, ліпідний, вуглеводний, фосфорний обмін та біосинтез вітамінів й ауксинів. Бор (B) відповідає за запилення та запліднення, вуглеводний та білковий обмін. Підвищує стійкість до хвороб. Молібден (Mo) регулює азотний, вуглеводний та фосфорний обмін, синтез хлорофілу та вітамінів, стимулює фіксацію азоту повітря [56]. Відтак для поліпшення засвоєння біогенів рослинним організмом необхідно їх збалансоване живлення за макро–, мезо– та мікроелементами у системах мінерального забезпечення. Основною причиною дефіциту мікроелементів в ґрунті є недостатня їх доступність для

рослин. За даними агрохімічних обстежень, більшість ґрунтів Полісся достатньо забезпечені марганцем і задовільно міддю, але мало містять бору, молібдену та цинку. У Лісостепу, Степу та Донбаському регіоні у зв'язку з наявністю ґрунтів із більш високим вмістом гумусу значно підвищується вміст мікроелементів, вони багаті на марганець, достатньо забезпечені міддю, задовільно молібденом, слабко бором та цинком. Доступність визначається наявністю рухомих сполук, які для міді, цинку, молібдену та кобальту становлять 10–15 % валового вмісту, для бору – 2–4 %. Вміст мікроелементів у ґрунтах невисокий: рухомого бору в межах 0,1–2,0 мг/кг, молібдену – 0,03–0,06, цинку – 0,2–2,0, марганцю – 25–190 мг/кг. Тому не всі ґрунти можуть повністю задовольнити потребу рослин у мікроелементах. За різними даними, мікроелементи можуть засвоюватися рослинами від 3 до 10 % від наявних рухомих форм у ґрунті [57, 58].

Підживлення сільськогосподарських культур добривами шляхом їх 34 внесення безпосередньо в ґрунт можливе лише на початкових етапах розвитку рослин. Важкість подальшого внесення добрив пояснюється зростанням надземної маси рослин у більш пізні періоди, що значно ускладнює доступ робочих органів машин до ґрунту. Тому, вищеназвані обставини дали поштовх для розвитку нового агротехнічного заходу – позакореневого підживлення [58]. Воно являє собою обприскування надземних частин рослин розчинами макро-, мікродобрив та регуляторів росту.

Таким чином, в умовах Степу України ефективність вирощування кукурудзи залежить від комплексного підходу до застосування основних технологічних елементів, які спрямовані на адаптацію до специфічних кліматичних умов та раціональне використання ресурсів.

Правильний добір гібридів, що враховує зональні характеристики, забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу культури. Оптимальна густина стояння рослин сприяє ефективному використанню площі та мінімізації внутрішньої конкуренції, що позитивно впливає на

врожайність і якість зерна. Збалансоване мінеральне живлення та забезпечення своєчасності агротехнічних заходів підвищують фізіологічну активність рослин і формування структури врожаю.

Реалізація економічно обґрунтованих технологій, адаптованих до умов регіону, дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити рентабельність та забезпечити стаке господарювання. Усе це разом створює основу для досягнення стабільної продуктивності кукурудзи та максимізації економічної вигоди агровиробництва.

1.2 Вплив різностиглих гібридів кукурудзи, густоти стояння рослин та мінерального удобрення на продуктивність кукурудзи

Вплив різностиглих гібридів кукурудзи, густоти стояння рослин та мінерального удобрення на продуктивність культури є важливим аспектом сучасного агровиробництва. Кожен із цих факторів має значний вплив на формування врожайності, що залежить від агроєкологічних умов та обраної технології вирощування.

Різностиглі гібриди кукурудзи розрізняються тривалістю вегетаційного періоду, що визначає їх пристосованість до певних кліматичних умов. Ранньостиглі гібриди відзначаються швидким розвитком, меншими вимогами до тепла та вологи, що дозволяє отримувати стабільний урожай у несприятливих умовах. Однак їхній потенціал продуктивності є обмеженим. У свою чергу, середньостиглі та пізньостиглі гібриди мають триваліший період накопичення органічної маси, що дозволяє отримувати вищі врожаї за умови достатнього забезпечення теплом і вологою [27].

Густота стояння рослин є ключовим агротехнічним параметром, що визначає конкуренцію між рослинами за світло, воду та поживні речовини. Низька густота забезпечує краще освітлення листкового апарату та формування більших качанів, але зменшує загальний урожай через обмежену кількість рослин на одиницю площі. З іншого боку, надмірна густота

спричиняє затінення, зниження фотосинтетичної активності та формування дрібних качанів, що також негативно позначається на врожайності. Оптимальна густина стояння, зазвичай у межах 70–80 тисяч рослин на гектар, дозволяє досягти балансу між кількістю качанів і їхньою масою, забезпечуючи максимальну продуктивність.

Дослідженнями встановлено, що елементи технології вирощування кукурудзи, а саме: гібриди, густина рослин, система удобрення мають позитивний вплив на процес формування врожайності культури. Істотний вплив на формування рівня урожайності кукурудзи чинить фактор гібриду (27 %), система удобрення визначає рівень продуктивності на 21 % та тісно взаємодіє з умовами вегетаційного періоду (фактор БВ 9 %), умови вегетаційного періоду теж визначають рівень продуктивності рослин кукурудзи (19 %), а передзбиральна густина визначає цю ознаку на 18 %.

Для зони Степу сьогодні рекомендовано в структурі її посівів додержуватися такого співвідношення різних біотипів: ранньостиглих гібридів – 10–15%, середньоранніх – 30–35, середньостиглих – 45–50, середньопізніх та пізньостиглих – 5–10% [27, 59].

Відмічено, що в умовах Правобережної частини Лісостепу України спостерігається зростання рівня продуктивності гібридів кукурудзи від ранньостиглих до середньостиглих гібридів незалежно від впливу інших факторів дослідів.

На основі результатів проведених досліджень і виробничих випробувань Десятник Л. М., Карнаух М. М. [24] встановлено оптимальну передзбиральну густоту стояння рослин для різних гібридів кукурудзи. Для ранньостиглого гібрида Дніпровський 187 МВ найкращі показники врожайності та якості зерна досягаються при густоті 35–40 тис. рослин/га. У середньораннього гібрида Дніпровський 284 МВ, а також середньостиглих Дніпровський 337 МВ і Дніпровський 345 МВ оптимальна густина становить 30–40 та 25–30 тис. рослин/га відповідно. Для середньопізнього гібрида Дніпровський 473 СВ рекомендована густина становить 25–30 тис. рослин/га.

За даними Красненкова С. В., Дудки М. І., Чабана В. І. [60] оптимальною передзбиральною густиною для гібридів Почаївський 190 МВ та Яровець 243 МВ є 50 тис. рослин/га, Красилів 327 МВ – 40 тис., Бистриця 400 МВ – 30 тис.рослин/га.

За даними Паламарчука В. Д., Рудської Н. О., Борисова В. В. [61] густина стояння рослин істотно впливала на формування морфологічних характеристик досліджуваних гібридів кукурудзи, забезпечуючи різну висоту рослин та рівень розташування качанів. Для гібриду Анові КС (ФАО 220) максимальні показники висоти рослин (235,7 см) і висоти кріплення качанів (86,1 см) спостерігалися при густоті 90 тис. рослин/га. У гібриду ЕС Сіріус (ФАО 200) найвища висота рослин (223,7 см) також була зафіксована за густоти 90 тис. рослин/га, тоді як найоптимальніша висота кріплення качанів (82,7 см) була досягнута при густоті 70 тис. рослин/га.

Гібрид ЕС Перспектив (ФАО 240) демонстрував максимальну висоту рослин (270,9 см) при густоті 80 тис. рослин/га, а найвища висота кріплення качанів (100,8 см) спостерігалася за густоти 70 тис. рослин/га. У гібриду ДКС 3609 (ФАО 260) висота рослин досягала 266,5 см, а висота кріплення качанів – 110,9 см за густоти 80 тис. рослин/га.

Гібрид ДКС 3939 (ФАО 320) показав максимальну висоту рослин (270,8 см) при густоті 60 тис. рослин/га, тоді як найвища висота кріплення качанів (102,7 см) також була зафіксована за цієї густоти. Для гібриду Гармоніум (ФАО 380) найвищий показник висоти рослин (271,3 см) був досягнутий при густоті 50 тис. рослин/га, а висота кріплення качанів (113,8 см) – при густоті 80 тис. рослин/га.

Аналіз отриманих даних свідчить, що врахування впливу густоти посіву на морфологічні ознаки гібридів кукурудзи дозволяє визначати оптимальні параметри для досягнення максимальної продуктивності. Такі дослідження є основою для розробки ефективних технологій вирощування кукурудзи, адаптованих до конкретних умов та цілей виробництва.

В результаті досліджень також було виявлено тенденцію до зниження вмісту азоту в зерні при збільшенні густоти посівів, тоді як вміст фосфору та калію залишався стабільним і не залежав від площі живлення. Вміст білка в зерні варіювався в межах 7,3–7,6% для більшості гібридів, однак у зерні середньостиглого гібрида Дніпровський 337 МВ цей показник досягав 8,2%. Зростання густоти посівів від 20 до 50 тис. рослин/га спричиняло зниження вмісту білка, при цьому найвищі його показники спостерігалися за мінімальної густоти, хоча в таких умовах знижувалася загальна продуктивність гібридів [62].

Аналіз вмісту крохмалю в зерні показав, що найбільші його показники зафіксовані у середньораннього гібрида Дніпровський 284 МВ (74,3%) і ранньостиглого Дніпровський 187 МВ (73,3%). У середньостиглих гібридів Дніпровський 337 МВ і Дніпровський 345 МВ вміст крохмалю становив 72,2% і 70,6% відповідно, а найнижчий рівень крохмалю (69,0%) спостерігався у середньопізнього гібрида Дніпровський 473 СВ. Зі збільшенням густоти посівів відзначалося поступове зростання вмісту крохмалю.

Вміст клітковини в зерні варіював залежно від гібрида і був найвищим у ранньостиглого Дніпровський 187 МВ (2,2%), середньопізнього Дніпровський 473 СВ (2,12%) і середньостиглого Дніпровський 345 МВ (1,89%). У середньораннього Дніпровський 284 МВ і середньостиглого Дніпровський 337 МВ цей показник становив 1,71% і 1,67% відповідно. Із загущенням посівів спостерігалось незначне збільшення вмісту клітковини.

За вмістом жиру зерно середньостиглих гібридів демонструвало найвищі показники (4,01–4,35%), тоді як у ранньостиглих і середньоранніх гібридів цей показник становив 3,61–3,79%. Зі збільшенням густоти посівів вміст жиру знижувався, і найвищі його значення зафіксовані у варіантах із найменшою густиною (20 тис. рослин/га) [63–65].

Передзбиральна вологість зерна коливалася залежно від гібрида: у ранньостиглого Дніпровський 187 МВ вона становила 18,3–19,6%, у

середньораннього Дніпровський 284 МВ – 22,6–23,3%, у середньостиглих Дніпровський 345 МВ і Дніпровський 337 МВ – 24,6–26,8% та 29,6–31,0% відповідно, а у середньопізнього Дніпровський 473 СВ – 26,4–28,0%. Для ранньостиглого гібрида відзначалася залежність вологості зерна від гідротермічних умов, тоді як для інших гібридів різниця за цим показником залежно від густоти посівів була незначною [62].

Тобто, оптимізація густоти стояння рослин і врахування біологічних особливостей гібридів дозволяє забезпечити високі показники урожайності кукурудзи та якісні характеристики зерна, адаптовані до умов Північного Степу України.

Застосування досліджуваних гібридів кукурудзи з оптимальними параметрами густоти стояння рослин дозволяє сформувати високопродуктивні посіви, придатні для механізованого вирощування та збирання, забезпечуючи високі врожаї [62–65].

За даними Білоцерківського національного аграрного університету максимальні показники урожайності зерна за вирощування ранньостиглого гібриду кукурудзи ДН Пивиха з ФАО 180 отримано за передзбиральної густоти 75 тис. шт./га та застосування комбінованої орґано–мінеральної системи удобрення – 11,09 т/га; середньоранній гібрид кукурудзи ДН Орлик, ФАО 280 загалом забезпечує урожай зерна 9,60 т/га, а в розрізі років 7,86 т/га у 2017–му, 11,22 т/га у 2018–му та 9,72 т/га у 2019–му році, а от середньостиглий гібрид кукурудзи ДН Сармат, ФАО 380 забезпечив урожай зерна на рівні – 10,81 т/га, що становило в розрізі років 9,31 т/га у 2017–му, 11,68 т/га у 2018–му та 11,44 т/га у 2019–му році [66].

Результати досліджень було використано для оптимізації елементів технології вирощування кукурудзи на зерно в Україні для отримання максимально можливого виходу продукції [67–75].

За даними закорданних вчених, зокрема Koffi Djaman, Samuel Allen та інших [76] проведеними дослідженнями на заході США в Науково–дослідному аграрному центрі NMSU у Фармінгтоні при вивченні 6 густот

посіву (54,7; 64,6; 74,6; 88,0; 101,7 та 120,1 тис. рослин на гектар) встановлено, що в 2019 році найвищий врожай зерна (16,8 т/га) був отриманий при густоті 101,7 тис. рослин на гектар, яка показала статистично подібний врожай до густоти 88,0 тис рослин на гектар, У 2020 році найвищий врожай зерна (17 т/га) був отриманий при густоті 88,0 тис. рослин на гектар. Найоптимальнішою густотою була виявлено 88,0 тис. рослин на гектар, що максимізує врожайність зерна та ефективність вик ористання води.

Завдяки широкому асортименту гібридів кукурудзи різних груп стиглості є можливість вибрати напрям їх використання у тій чи іншій ґрунтово–кліматичній зоні. А враховуючи біологічні особливості нових гібридів кукурудзи та розвиток адаптованих сучасних технологій їх вирощування, виникає необхідність в науковому обґрунтуванні взаємодії гібриду з наявними гідротермічними ресурсами довкілля та організованими чинниками [77, 78].

За біологічними особливостями кукурудза хоча і потребує підвищеної температури повітря для росту і розвитку (20–25 °С), проте за тривалого перебування у стані стресу через дефіцит вологи та підвищення середньодобової температури повітря урожайність її знижується в окремі роки від 20 до 50 % і більше. Тому важливого значення набуває пошук шляхів підвищення врожайності кукурудзи з врахуванням біологічних особливостей і агрокліматичних умов вирощування для максимальної реалізації генетичного потенціалу [79–81].

Відомо, що кукурудза має найвищий винос та коефіцієнт засвоєння мікроелементів із ґрунту. Так, на формування 1 т зерна і відповідної кількості вегетативних органів кукурудза виносить з ґрунту, кг/га: N – 20–30, P₂O₅ – 8–10, K₂O – 15–17, а також багато кальцію, магнію (Mg) – 6–10, сірки (S) – 4–5, марганцю (Mn) – 0,15, цинку (Zn) – 0,05–0,1, бору (B) – 0,01–0,02, молібдену (Mo) – 0,01, заліза (Fe) – 0,2 та інших мікроелементів. За даними Інституту зрошеного землеробства НААН в умовах півдня України винос поживних

речовин з урожаєм на зрошенні складав: азоту 181 кг/га, фосфору – 86 та калію 227 кг/га, а в богарних умовах відповідно 79, 24 та 90 кг/га. Тому, для забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку та формування урожаю культури рекомендують вносити мінеральні добрива у дозі $N_{120-180}P_{60-90}$ [82].

Рослини кукурудзи найбільшу кількість азоту і фосфору накопичують від фази цвітіння волоті до підсихання початків, що становила 3,3 і 1,4 кг/га відповідно, тоді як калію – 92,4 кг/га за добу у період від викидання волоті до цвітіння. Звідси можна констатувати, що ефективність застосування мінеральних добрив неможливе без урахування ґрунтово–кліматичних умов, без ретельного вивчення впливу добрив на продуктивність культури та якість продукції за прийнятої технології вирощування. Тому, умовою раціонального застосування мінеральних добрив є всебічне вивчення, контроль та регулювання їх впливу на культурні рослини, ґрунт та довкілля [83–85].

Мінеральне удобрення є ще одним вагомим фактором, що безпосередньо впливає на врожайність кукурудзи. Азотні добрива сприяють інтенсивному вегетативному росту, збільшенню кількості зерен у качані та підвищенню їхньої маси. Фосфорні добрива стимулюють розвиток кореневої системи та накопичення крохмалю, що особливо важливо для середньо– та пізньостиглих гібридів. Калійні добрива підвищують стійкість рослин до посухи та покращують водний баланс. Важливою є також оптимізація норм внесення добрив, адже надмірне застосування, особливо азоту, може призвести до негативних наслідків, таких як полегання рослин або зниження якості зерна.

Раціонально збалансована система удобрення, яка передбачає доступність елементів живлення у ключові періоди розвитку рослин, є вирішальним фактором для підвищення їх стійкості до стресових умов навколишнього середовища та формування високопродуктивних посівів. Особливе значення має забезпечення кукурудзи поживними речовинами у критичні фази її росту, коли закладаються основи майбутнього врожаю [86, 87].

На етапі формування 3–5 листків відбувається закладка генеративних органів, зокрема кількості качанів на рослині та рядів зерен у качані. У цей період ріст рослин відбувається дуже повільно, а коренева система залишається недостатньо розвиненою, що ускладнює засвоєння поживних речовин із ґрунту. Тому надзвичайно важливо забезпечити рослини такими елементами, як фосфор, цинк, бор та манган, які сприяють оптимальному розвитку генеративних структур.

Фаза 7–8 листків характеризується інтенсивним ростом, під час якого рослини потребують підвищеного живлення для покращення озерненості качанів та підвищення якості зерна. У цей період спостерігається збільшення потреби в мікроелементах, таких як цинк, манган, бор та мідь, що сприяють активним фізіологічним процесам і формуванню високої продуктивності.

Забезпечення збалансованого живлення в зазначені критичні фази розвитку кукурудзи є важливим агротехнічним заходом, що сприяє досягненню стабільних високих урожаїв навіть за умов впливу несприятливих факторів середовища [86, 87].

Азот є ключовим елементом, що визначає урожайність кукурудзи, оскільки входить до складу білкових речовин та багатьох інших важливих органічних сполук. Раціональне регулювання азотного живлення сприяє підвищенню продуктивності рослин та поліпшенню якісних показників зерна. Забезпечення рослин оптимальною кількістю азоту не лише стимулює їхній ріст, але й суттєво впливає на засвоєння інших важливих елементів живлення, таких як фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, мідь, залізо, манган та цинк [88, 89].

Достатній рівень азотного живлення активізує синтез білкових сполук, що є основою для формування високоякісного зерна. Крім того, азот стимулює інтенсивний ріст рослин у вегетаційний період, підвищує їхню стійкість до несприятливих умов середовища та сповільнює процеси старіння. Таким чином, азотне живлення відіграє вирішальну роль у

формуванні врожайності та забезпеченні стійкого розвитку рослин кукурудзи навіть за складних агроекологічних умов [88, 89, 90].

У дослідженні, проведеному Маткевичем В. Т., Коровіною М. О., Коломієць Л. В. та іншими [91], визначено, що в умовах північного Степу України оптимальним є застосування азотних добрив у межах норм N_{60} – N_{120} . Такий рівень удобрення сприяє досягненню врожайності зерна кукурудзи на рівні 5,20–5,35 т/га.

Зазначені дози азотних добрив забезпечують збалансоване живлення рослин, що сприяє активізації їхнього росту, формуванню генеративних органів і підвищенню продуктивності. Ці результати підтверджують важливість правильного дозування азотних добрив для отримання стабільно високих урожаїв в умовах даного регіону [91].

Дослідження Броннікової Л. [92] та Логінової І. [93, 94] показали, що тривале систематичне внесення добрив у технології вирощування кукурудзи сприяє збагаченню ґрунту рухомими формами поживних речовин, зокрема азоту, фосфору та калію. Найбільше нагромадження азоту відбувається у формі амонійного азоту, що зумовлено впливом аміачної селітри, яка опосередковано змінює кислотність ґрунту, активізує обмінні процеси та стимулює мікробіологічну діяльність.

Покращення показників ґрунтової родючості через застосування аміачної селітри створює сприятливі умови для росту та розвитку кукурудзи, забезпечуючи стабільне підвищення продуктивності культури. Ці висновки підтверджують важливість тривалого системного підходу до удобрення для підтримання та відновлення родючості ґрунту.

У дослідженнях Котельникова Д. [95] встановлено, що в умовах південних регіонів України підвищення доз азотних добрив з N_{120} до N_{180} забезпечувало істотне зростання врожайності зерна кукурудзи. Зокрема, приріст врожаю становив 19,5%, що підтверджує ефективність збільшеного рівня азотного живлення для підвищення продуктивності культури.

Такі результати свідчать про ключову роль азоту в процесах росту і розвитку рослин кукурудзи, зокрема в інтенсифікації фотосинтетичної активності, покращенні азотного балансу і формуванні високоякісного зерна. Зазначені дані є основою для оптимізації системи удобрення з урахуванням ґрунтово–кліматичних умов регіону.

Калій, як і фосфор, відіграє важливу роль у формуванні та розвитку кореневої системи кукурудзи, яка відповідає за ефективне засвоєння поживних речовин з ґрунту. За умов достатнього забезпечення калієм рослини формують добре розвинену кореневу систему, що сприяє покращенню водного режиму та загальної життєздатності. У разі дефіциту цього елемента спостерігається ослаблення росту коренів, що негативно впливає на постачання рослин іншими важливими елементами живлення [96].

Недостатнє калійне живлення також знижує стійкість рослин до вилягання, оскільки калій сприяє формуванню міцних стебел і покращує їхню механічну стабільність. Таким чином, забезпечення оптимального рівня калію в ґрунті є важливою умовою для отримання високих урожаїв кукурудзи з належними морфологічними та фізіологічними характеристиками [96].

Недостатність калію у живленні кукурудзи суттєво впливає на фізіологічні процеси рослин, що призводить до значного зниження їхньої продуктивності. За умов дефіциту цього елемента відбувається уповільнення росту рослин, що зумовлено порушенням функціонування клітинних структур та обмеженням їхнього метаболізму. Внаслідок цього погіршується озерненість качанів, що є одним із ключових показників урожайності культури [97].

Дефіцит калію також негативно позначається на інтенсивності фотосинтезу. Гальмування цього процесу спричиняє зниження утворення органічних сполук, таких як амінокислоти, цукри та крохмаль, які є основними продуктами фотосинтетичної активності. Це не лише знижує

накопичення енергетичних ресурсів у рослинах, але й обмежує формування повноцінного зерна, що безпосередньо впливає на якість і кількість отриманої продукції. Тобто, забезпечення достатнього рівня калію є невід'ємною умовою для стабільного росту кукурудзи, оптимального функціонування її фізіологічних процесів та досягнення високої продуктивності [97–103].

Вітчизняні вчені Гетмана Н. Я. та Браніцького Ю. Ю. [104] вивчали вплив добрив на формування урожайності зеленої маси кукурудзи середньоранньостиглого гібриду Світязь ФАО 250, середньостиглого Аквазор ФАО 320 та пізньостиглого Гетера ФАО 420. За результатами досліджень в період вегетації рослини кукурудзи перебували під дією несприятливих погодних умов, які супроводжувались підвищеною середньодобовою температурою повітря та нерівномірним вологозабезпеченням. Найкращі погодні умови відмічено у 2018 році (ГТК 1,34) та найгірші були в 2016–2017 рр. (ГТК 0,64–0,81). Такі несприятливі погодні умови впливали на ростові процеси культури у висоту, показники яких відрізнялись за роками та мали вигляд синусоїди залежно від фази росту і розвитку. У фазі викидання волоті висота рослин кукурудзи у гібрида Світязь ФАО 250 становила 197 см, Аквазор ФАО 320 – 199 см та Гетера ФАО 420 – 203 см, яка у фазі воскової стиглості зерна зроста відповідно до 262 см, 263 та 276 см на фоні $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Одним із показників, що характеризують урожай зеленої маси є висота рослин та відсоток качанів і стебла в структурі біомаси. За нашими даними найбільша частка качанів була на варіантах без добрив, що становила 40,6–43,1 та 37,3–42,1 % на максимальному фоні добрив. При цьому, качани за масою були найважчими і досягали 197,0–216,7 г на одну рослину за використання мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Встановлено підвищення урожайності зеленої маси кукурудзи у фазі воскової стиглості на 1,29–1,58 рази на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 1,33–1,48 рази, порівняно із збиранням у фазі викидання волоті. Найбільша

урожайність сухої речовини кукурудзи встановлена за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{120}K_{120}$, яка становила у гібрида Світязь ФАО 250 – 22,46 т/га, у гібридів Аквазор ФАО 320 та Гетера ФАО 420 – 25,13 та 28,03 т/га відповідно. Встановлено високу перетравність зеленої маси кукурудзи від фази викидання волоті до молочної стиглості, де вміст кормових одиниць в 1 кг сухої речовини зростає з 0,93 до 1,04 [104].

У дослідженнях, проведених Присташ І. [105], Barlog Р. [99], Господаренком Г. [106] та Пілярською О. [107], науково обґрунтовано вплив мінеральних добрив на формування врожайності кукурудзи залежно від ґрунтово–кліматичних умов. Результати цих праць підтверджують, що застосування мінеральних добрив є одним із ключових чинників, які забезпечують високу продуктивність культури.

Ефективність добрив змінюється залежно від особливостей регіону, таких як тип ґрунту, забезпеченість елементами живлення, вологозабезпеченість та температурний режим. У сприятливих умовах підживлення мінеральними добривами сприяє підвищенню врожайності за рахунок посилення росту та розвитку рослин, поліпшення засвоєння поживних речовин та оптимізації фізіологічних процесів. Водночас у посушливих або несприятливих умовах ефективність добрив може бути нижчою через обмежений доступ рослин до вологи або порушення балансу елементів живлення.

Загалом ці дослідження свідчать про необхідність адаптації системи удобрення до конкретних ґрунтово–кліматичних умов, що дає змогу досягати максимальних показників врожайності та забезпечувати стійкість виробництва кукурудзи [99, 105–107].

Ефективність використання добрив визначається комплексом факторів, серед яких важливу роль відіграють погодні умови, рівень родючості ґрунту, біологічні характеристики сорту чи гібриду кукурудзи, а також вид, спосіб внесення та норма застосування добрив. Також значний вплив мають способи обробітку ґрунту та збалансованість поживних речовин.

Погодні умови, такі як температура, кількість та розподіл опадів, визначають доступність елементів живлення для рослин, а також швидкість їх засвоєння. У сприятливих погодних умовах добрива використовуються максимально ефективно, тоді як посуха чи надмірна вологість можуть значно знижувати їхню дію [108].

Рівень родючості ґрунту визначає початкову забезпеченість рослин поживними речовинами. У малородючих ґрунтах добрива відіграють вирішальну роль у забезпеченні необхідних елементів живлення, тоді як на родючих ґрунтах оптимізація їхнього внесення сприяє підвищенню врожайності без значних втрат ресурсів.

Біологічні особливості сорту чи гібриду також впливають на здатність рослин ефективно засвоювати поживні речовини. Деякі гібриди мають вищу потребу в певних елементах живлення, що слід враховувати при складанні системи удобрення [109–111].

Вид добрив, спосіб їх застосування (локально, поверхнево, під час посіву тощо) та норма внесення мають безпосередній вплив на доступність поживних речовин для кореневої системи рослин. Крім того, дотримання оптимального співвідношення основних елементів живлення (азот, фосфор, калій) забезпечує гармонійний розвиток рослин і високу продуктивність.

Обробіток ґрунту визначає умови для розподілу добрив, збереження вологи та розвиток кореневої системи, що також впливає на ефективність їх використання. Успішне використання добрив базується на комплексному врахуванні всіх зазначених факторів, що дає змогу досягти максимальних результатів в умовах конкретного господарства [108–111].

Норма добрив для досягнення запланованої урожайності кукурудзи на рівні 5,0–7,0 т/га в зоні Лісостепу визначається залежно від родючості ґрунту. У цій агрокліматичній зоні оптимальні норми внесення добрив для кукурудзи становлять $N_{90-120}P_{60-90}K_{90-100}$. Ці норми забезпечують належне живлення рослин і сприяють досягненню високих врожаїв, зокрема завдяки збалансованому внесенню основних макроелементів – азоту, фосфору та

калію, що забезпечує повноцінний розвиток рослин та їх продуктивність. Врахування родючості ґрунту є важливим фактором, оскільки на малородючих ґрунтах може виникнути необхідність збільшення доз добрив, а на родючих ґрунтах – зменшення їх внесення для уникнення перевищення потреб рослин [112, 113].

За даними Геня С. П. [114] максимальну врожайність зерна на всіх варіантах удобрення в ранньостиглій групі забезпечив гібрид ДН Патріот (в середньому 10,5 т/га). У середньоранній групі найбільші показники врожайності зерна були в гібрида ДБ Хотин (в середньому 10,6 т/га). При удобренні посівів кукурудзи повним мінеральним добривом у нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$ спостерігали зростання маси 1000 зерен на 105,0–113,3 %. Збільшення норми внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ забезпечило приріст до контролю в межах 113,5–132,5 %. Схожі результати досліджень були отримані рядом інших вчених [115–124].

Згідно з результатами досліджень Волощук О. П., Стасіва О. Ф. та ін. [125], збільшення норми добрив з $N_{120}P_{60}K_{60}$ до $N_{150}P_{90}K_{90}$ при вирощуванні кукурудзи призводить до значного підвищення врожайності, що становить 17,2–22,6 %. Це свідчить про позитивний вплив підвищених норм мінеральних добрив на продуктивність рослин, оскільки додаткове живлення забезпечує оптимальні умови для їх розвитку, зокрема в забезпеченні необхідними елементами для формування качанів, а також для інтенсифікації фотосинтетичних процесів, що, в свою чергу, сприяє підвищенню врожайності.

У ході досліджень, проведених Геня С. [126], встановлено, що застосування добрив у дозі $N_{120}P_{90}K_{120}$ забезпечувало формування врожайності зерна кукурудзи в межах 8,18–8,70 т/га. Такий результат свідчить про значний вплив збалансованого внесення азоту, фосфору та калію на продуктивність культури. Оптимальне співвідношення елементів живлення сприяло не лише збільшенню загального врожаю, але й покращенню фізіологічних процесів у рослин, таких як наростання

вегетативної маси, закладання генеративних органів та ефективне використання води і поживних речовин із ґрунту.

У дослідженнях, проведених Танчиком С. та Центилом Л. [127], встановлено, що внесення добрив у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ сприяло підвищенню врожайності на 24,7 %, тоді як збільшення дози до $N_{120}P_{120}K_{120}$ забезпечувало ще більший приріст врожаю – на 30,6 %. Це свідчить про високу ефективність раціонального застосування мінеральних добрив у забезпеченні живлення рослин. Такі показники демонструють залежність продуктивності сільськогосподарських культур від доз і співвідношення елементів живлення, що дозволяє досягти оптимальних результатів у вирощуванні за умови збалансованого використання азоту, фосфору та калію.

Згідно з результатами досліджень Свидилюка І. [128], у північному Лісостепу України продуктивність гібридів кукурудзи за умов внесення добрив у нормі $N_{135}P_{135}K_{180}$ варіювала в межах 8,13–8,99 т/га. Величина врожайності залежала як від генетичних особливостей гібридів, так і від застосованих методів боротьби з бур'янами. Поєднання оптимального живлення із ефективним контролем бур'янової рослинності забезпечувало сприятливі умови для росту та розвитку культури, що сприяло максимальному реалізуванню її потенціалу врожайності.

Багато дослідників у різних ґрунтово–кліматичних зонах вивчали систему живлення кукурудзи, однак з виходом на ринок нових форм мінеральних добрив та суттєвим їх подорожчанням система удобрення потребує удосконалення, а особливо в посушливому Північному Степу.

Максимальна продуктивність кукурудзи досягається за умови комплексного врахування цих факторів. Зокрема, вибір гібридів слід здійснювати з урахуванням тривалості вегетаційного періоду та кліматичних умов регіону вирощування. Регулювання густоти стояння залежить від потенціалу родючості ґрунту та забезпечення водою. Водночас оптимізація системи мінерального удобрення є основою для забезпечення рослин необхідними поживними речовинами протягом усього періоду вегетації.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі узагальнено наукові дослідження та практичний досвід провідних вітчизняних і зарубіжних фахівців щодо впровадження різноманітних агротехнічних прийомів у технології вирощування кукурудзи, а також окреслено напрями, які вимагають подальшого вивчення та вдосконалення.

Результати досліджень свідчать, що продуктивність кукурудзи варіюється в межах від 5 до 12 тонн з гектара залежно від обраного поєднання факторів. Використання пізньостиглих гібридів у поєднанні з густотою стояння 30–75 тисяч рослин на гектар та внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{120}P_{80}K_{80}$ дозволяє реалізувати генетичний потенціал культури і досягти максимальних показників урожайності в умовах достатнього зволоження. Такий підхід забезпечує стабільність виробництва та підвищення ефективності агротехнологій.

Попри велику кількість наукових робіт, присвячених агротехнічним аспектам вирощування кукурудзи в північному Степу України, зокрема дослідженням впливу удобрення за різної густоти посіву та особливостей сучасних гібридів різних груп стиглості, залишаються окремі питання, які досі не отримали достатнього наукового обґрунтування.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні і ґрунтові умови

Рослини кукурудзи постійно зазнають впливу погодних і кліматичних умов зони вирощування. Взаємодія генотипу культури із зовнішнім середовищем значною мірою визначає її продуктивність. Кліматичні чинники, такі як вологість, температура, освітленість і стан ґрунту, виступають важливими регуляторами життєдіяльності рослин.

Кліматичні умови північної підзони степової зони мають широкий діапазон коливань (рис. 2.1). Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за травень–вересень становить 0,89–0,68. Річна кількість опадів варіює від 400 до 520 мм, з яких у холодний період (листопад–березень) випадає 120–210 мм, а у вегетаційний (травень–вересень) – 200–265 мм. Середні температури січня коливаються від $-7,9$ °С до $-0,7$ °С, липня – від $20,8$ °С до $23,7$ °С. Сума середньодобових температур вище 10 °С протягом теплого періоду досягає 2750 – 2950 °С, зокрема за травень–вересень – 2750 – 3050 °С. Періоди із середньодобовими температурами понад 0 °С тривають 250–300 днів, понад 5 °С – 210–245 днів, понад 10 °С – 160–195 днів, а безморозний період становить 160–220 днів [129].

Клімат регіону досліджень характеризується помірно континентальним типом із суттєвими змінами погодних умов у різні роки. Середньорічна температура повітря становить $9,6$ °С із відхиленням від $8,4$ до $10,8$ °С. Річна кількість опадів у середньому дорівнює 509 мм, варіюючи від $420,7$ до $832,7$ мм. Основна частина опадів (68% від річної норми) припадає на теплий період (квітень–жовтень) і значною мірою витрачається на випаровування або стікає через зливовий характер дощів і хвилястий рельєф місцевості [129].

Період				t °C січня	Опади за рік, мм	Інтенсивність накопичення гумусу	
V-IX		XI-III				КПНГ	КВАГ
Сума t > 10 °C	ГТК	Опади, мм	Опади, мм				
Зона північного Степу чорноземів звичайних (С)							
2750-2950	0,68-0,89	200-265	120-210	-7,9- -0,7	400-520	0,055-0,065	0,68-0,97
<i>Підзона степова північна недостатньо зволожена чорноземів звичайних глибоких помірно добре гумосоаккумулятивних (ПСП-1)</i>							
2750-2800	0,83-0,89	230-265	120-210	-7,9- -3,3	440-520	0,055-0,065	0,90-0,97
<i>Підзона степова північно-центральна помірно засушлива чорноземів звичайних середньогумосоаккумулятивних (ПСПЦ-2)</i>							
2800-2900	0,76-0,82	215-240	120-210	-7,9- -2,0	400-500	0,055-0,065	0,80-0,89
<i>Підзона степова південно-центральна засушлива чорноземів звичайних помірно слабогумосоаккумулятивних (ПСПДЦ-3)</i>							
2900-2950	0,68-0,75	200-225	120-210	-5,5- -0,7	400-460	0,055-0,065	0,68-0,79
Зона південного Степу чорноземів південних слабогумосоаккумулятивних (СПд)							
2950-3050	0,61-0,67	180-200	120-160	-4,4- -0,7	370-430	0,045-0,055	0,55-0,66
Зона Сухого Степу каштанових ґрунтів і солонців (СС)							
3000-3050	0,45-0,60	140-185	120-140	-4,4- -2,0	310-390	0,030-0,045	0,35-0,53
<i>Підзона сухостепова суха темно-каштанових низькогумосоаккумулятивних ґрунтів (ПССТ-1)</i>							
3000-3050	0,52-0,60	155-185	120-140	-4,4- -2,0	340-390	0,035-0,045	0,45-0,53
<i>Підзона сухостепова дуже суха каштанових дуже низькогумосоаккумулятивних ґрунтів і солонців ультранизькогумосоаккумулятивних (ПССК-2)</i>							
3000-3050	0,45-0,51	140-165	120-140	-3,2- -2,0	310-345	0,030-0,035	0,35-0,44

Рис. 2.1. Кліматичні параметри ґрунтово–екологічних зон, підзон, фацій, провінцій степової території України (примітка: КПНГ – коефіцієнт профільного накопичення гумусу; КВАГ – коефіцієнт відносної акумуляції гумусу; ГТК – гідро–термічний коефіцієнт)

Північно–степова зона України характеризується домінуванням південно–східних вітрів у весняно–літній період, що приносять сухе повітря, сприяючи утворенню посух. Найбільша кількість днів із суховіями припадає на травень і липень. Сильний вітер, швидкість якого сягає 10–20 м/с, спостерігається в середньому 15–20 днів на рік, іноді спричиняючи пилові бурі, які значно знижують урожайність польових культур. У посушливі роки втрати врожаю досягають 10–50 % і більше. Ймовірність середніх і сильних посух у Степу становить приблизно 3–4 рази на десятиліття. За останні два десятиліття кількість посушливих років зросла на 25 %, що потребує

врахування під час впровадження сучасних технологій вирощування кукурудзи [27]. В останні десятиріччя у світі, а також і на території України спостерігаються помітні зміни кліматичних, що пов'язані з глобальним потеплінням клімату [130–135].

Літні місяці характеризуються малоохмарною, жаркою погодою з максимальними температурами в межах 35–42 °С. Відносна вологість повітря становить 40–50 %, іноді знижуючись до 15–25 %. Осінь характеризується повільним зниженням температур порівняно з весняним їхнім наростанням. Оподи є нерегулярними, а їхня відсутність восени затримує проростання озимих культур і знижує якість розвитку рослин. У червні – серпні зростає ймовірність проливних дощів.

Річна сума активних температур понад 10 °С у районі дослідного господарства складає 2900–3000 °С, тривалість безморозного періоду – 165–170 днів, чого достатньо для вирощування всіх польових культур. Стійкий сніговий покрив понад місяць утворюється рідко через часті відлиги, що сприяє формуванню льодяної кірки та підвищеному стоку талої й дощової води.

Взимку часті коливання температур від плюсових до мінусових за відсутності снігового покриву призводять до втрат вологи в ґрунті, утворення пилу на поверхні та посилення вітрової ерозії. Пилові бурі трапляються в середньому 1–2 рази за десятиліття, локальна дефляція – практично щорічно. Зміни клімату в Україні призводять до підвищення середніх температур, зменшення періоду з від'ємними температурами на 20 днів, нестійкості снігового покриву та підвищення стресу рослин через температурні коливання [136].

Для успішного вирощування кукурудзи важливим фактором є накопичення та раціональне використання ґрунтової вологи, основним джерелом якої є атмосферні опади. Проте їхня кількість і час випадання є нерівномірними навіть на невеликих територіях [136–138].

Основними ґрунтотворними породами в зоні Степу є леси, що належать до важкосуглинкових або середньосуглинкових, а на терасах долин – до легкосуглинкових. У північній частині переважають чорноземи, у південній – каштанові ґрунти. Чорноземи звичайні займають найбільшу площу – 10,4 млн га, формуючись під різнотравно–типчакowo–ковильною рослинністю. Зі зростанням посушливості клімату потужність гумусового горизонту цих ґрунтів зменшується, що дозволяє виділити потужні (85–110 см), середньопотужні (65–85 см) і малопотужні (45–65 см) чорноземи. За вмістом гумусу вони поділяються на середньогумусні та малогумусні.

Полеві дослідження проводилися у фермерському господарстві «Юлія і К», яке знаходиться в селі Мар'ївка Новомосковського району Дніпропетровської області. Територія господарства розташована на південному сході Придніпровської височини на висоті 130 метрів над рівнем моря. Відповідно до агрокліматичної класифікації, ця місцевість належить до Північної підзони Степу України, що характеризується нестабільним і недостатнім рівнем зволоження.

Ґрунтовий покрив дослідного поля переважно представлений чорноземами звичайними малогумусними середньосуглинковими. Гумусовий горизонт має потужність 38,0–43,0 см. Уміст гумусу становить 3,6% у шарі 0–30 см і 3,31% у шарі 20–40 см. Основна частка поглинутих катіонів представлена кальцієм (20,4 мг–екв) та магнієм (7,8 мг–екв) на 100 г ґрунту. Ступінь насичення основами досягає 94,18%, що обумовлює слабокислу до нейтральної реакцію ґрунтового розчину (рН 6,6–6,8).

Вміст основних поживних елементів у ґрунті варіює в межах: загального азоту – 0,15–0,19%, загального фосфору – 0,11–0,14%, загального калію – 2,0–2,4%. Концентрація рухомих форм фосфору (за методом Чирікова) становить 9–10 мг, а обмінного калію (за Масловою) – 14–15 мг на 100 г ґрунту.

Хоча чорноземи звичайні вирізняються високою природною родючістю, забезпечення стабільних і високих урожаїв на цих ґрунтах потребує

впровадження ефективних агротехнічних заходів, спрямованих на оптимізацію використання обмежених запасів вологи.

Морфологічний опис профілю ґрунту:

Шар Н (0–34 см) характеризується темно–сірим кольором, сухий із грудкувато–зернистою структурою. Орний горизонт (0–30 см) містить брилисту пиловату структуру. Перехід до наступного шару відбувається поступово.

Шар Н_{рк} (34–68 см) має сірий колір з буруватим відтінком, важкосуглинковий з грудкувато–зернистою текстурою. На глибині 58 см помітні карбонати у вигляді цвілі. Перехід до нижчого шару також поступовий.

Шар Ph_к (68–92 см) темно–бурий, важкий суглинок, має грудкувато–брилисту структуру. Карбонати представлені у вигляді білозірки. Перехід до материнської породи поступовий.

Шар P_к (152 см і більше) представлений важко суглинистим лесом. Карбонати подекуди у вигляді білозірки.

Кліматичні умови в регіоні досліджень сприяють вирощуванню всіх основних польових культур. Однак в окремі роки, зливові літні дощі та сильні вітри призводять до ерозії ґрунтів. У літній період сільськогосподарські культури часто страждають від нестачі вологи, що особливо посилюється в умовах суховіїв.

Загалом, родючість ґрунту, його агрофізичні характеристики та кліматичні умови є сприятливими для вирощування кукурудзи та забезпечення високих врожаїв зерна високої якості.

2.2. Метеорологічні умови під час проведення досліджень

Клімат Степової зони відрізняється своєю посушливістю, що призводить до регулярного дефіциту вологи для рослин. В цьому регіоні майже щороку спостерігаються періоди без дощів тривалістю від 20 до 25 днів, а раз на два

роки – до 35 днів. З цих періодів близько 10–15 днів припадає на легку посуху, а 25 днів – на більш інтенсивну. Загалом, на рік на Степу може бути від 55 до 69 посушливих днів [129, 130, 131, 134].

Метеорологічні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2022 року суттєво відрізнялися від багаторічних середніх даних, що відображалося як у температурному режимі, так і в кількості опадів (рис. 2.2, табл. 2.1).

У квітні перша декада мала середню температуру повітря 10,5 °С, що перевищувало багаторічну норму (7,7 °С) на 2,8 °С, або на 36,4%. Сума опадів склала лише 5,8 мм, що на 9,2 мм (61,3%) менше за середні багаторічні показники (15 мм). У другій декаді температура знизилася до 7,5 °С, що на 1,5 °С (16,7%) нижче норми (9,0 °С). Натомість опади значно перевищували середній рівень, досягнувши 47,2 мм, що на 32,2 мм (214,7%) більше за норму (15 мм). У третій декаді температура зросла до 12,2 °С, що на 0,6 °С (5,2%) вище середніх показників (11,6 °С), а кількість опадів склала 7,4 мм, що на 5,6 мм (43,1%) менше за норму (13 мм).

У травні перша декада характеризувалася температурою 13,1 °С, що на 1,1 °С (7,7%) нижче норми (14,2 °С). Опади були відсутні, тоді як середня багаторічна сума становить 13 мм. У другій декаді температура досягла 15,3 °С, що на 1,3 °С (7,8%) нижче норми (16,6 °С), а кількість опадів склала 17,6 мм, перевищивши середні значення на 0,6 мм (3,5%). У третій декаді температура становила 17,1 °С, що майже відповідала нормі (17,3 °С), але опади склали лише 1,5 мм, що на 14,5 мм (90,6%) менше за норму (16 мм).

Червень почався із температури 22,3 °С у першій декаді, що на 2,9 °С (14,9%) вище багаторічного показника (19,4 °С). Опади склали 16,1 мм, що на 1,1 мм (7,3%) більше норми (15 мм). У другій декаді температура зросла до 22,5 °С, перевищуючи норму (21,1 °С) на 1,4 °С (6,6%), а опади знизилися до 6,1 мм, що на 12,9 мм (67,9%) менше за норму (19 мм). У третій декаді температура була близькою до багаторічної – 21,9 °С (на 0,7 °С або 3,3% більше), а кількість опадів склала 7,4 мм, що на 10,6 мм (58,9%) менше за норму (18 мм).

Липень мав стабільний температурний режим. У першій декаді температура відповідала середньому значенню (22,3 °C), але опади були нижчими – 10,1 мм, що на 6,9 мм (40,6%) менше за норму (17 мм). У другій декаді температура підвищилася до 23,4 °C, що на 0,7 °C (3,1%) вище норми (22,7 °C), а опади склали 8,2 мм, що на 8,8 мм (51,8%) менше за норму (17 мм). У третій декаді температура становила 23,5 °C, що майже відповідало нормі (23,4 °C), але кількість опадів знову була меншою – 5,8 мм, що на 12,2 мм (67,8%) нижче за норму (18 мм).

У серпні перша декада мала температуру 24,2 °C, що перевищувало норму (23,3 °C) на 0,9 °C (3,9%), із опадами 10,3 мм, що на 3,7 мм (26,4%) нижче за норму (14 мм). У другій декаді температура становила 23,1 °C, що на 0,7 °C (3,1%) вище норми (22,4 °C), а опади склали 15,0 мм, що відповідало нормі. У третій декаді температура підвищилася до 24,1 °C, що на 3,6 °C (17,6%) вище за норму (20,5 °C), але кількість опадів була дуже низькою – лише 2,3 мм, що на 12,7 мм (84,7%) менше за норму (15 мм).

У вересні в першій декаді температура була 18,0 °C, що на 1,0 °C (5,3%) нижче норми (19,0 °C), із опадами 5,8 мм, що на 12,2 мм (67,8%) менше за середнє значення (18 мм). У другій декаді температура становила 17,2 °C, що на 0,4 °C (2,3%) нижче за норму (17,6 °C), а опади склали 15,0 мм, що на 1,3 мм (7,4%) менше норми (16,3 мм). У третій декаді температура була 17,0 °C, що майже відповідало нормі (17,6 °C), із опадами 13,0 мм, що на 1,1 мм (7,8%) нижче середніх показників (14,1 мм).

Таким чином, погодні умови 2022 року виявляли як позитивні відхилення в температурі, так і дефіцит опадів у більшості декад, що могло суттєво вплинути на вегетацію кукурудзи.

Метеорологічні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2023 року демонструють значні відхилення як у температурі, так і в кількості опадів у порівнянні із середніми багаторічними показниками, що вплинуло на умови росту та розвитку рослин (рис. 2.3, табл. 2.1).

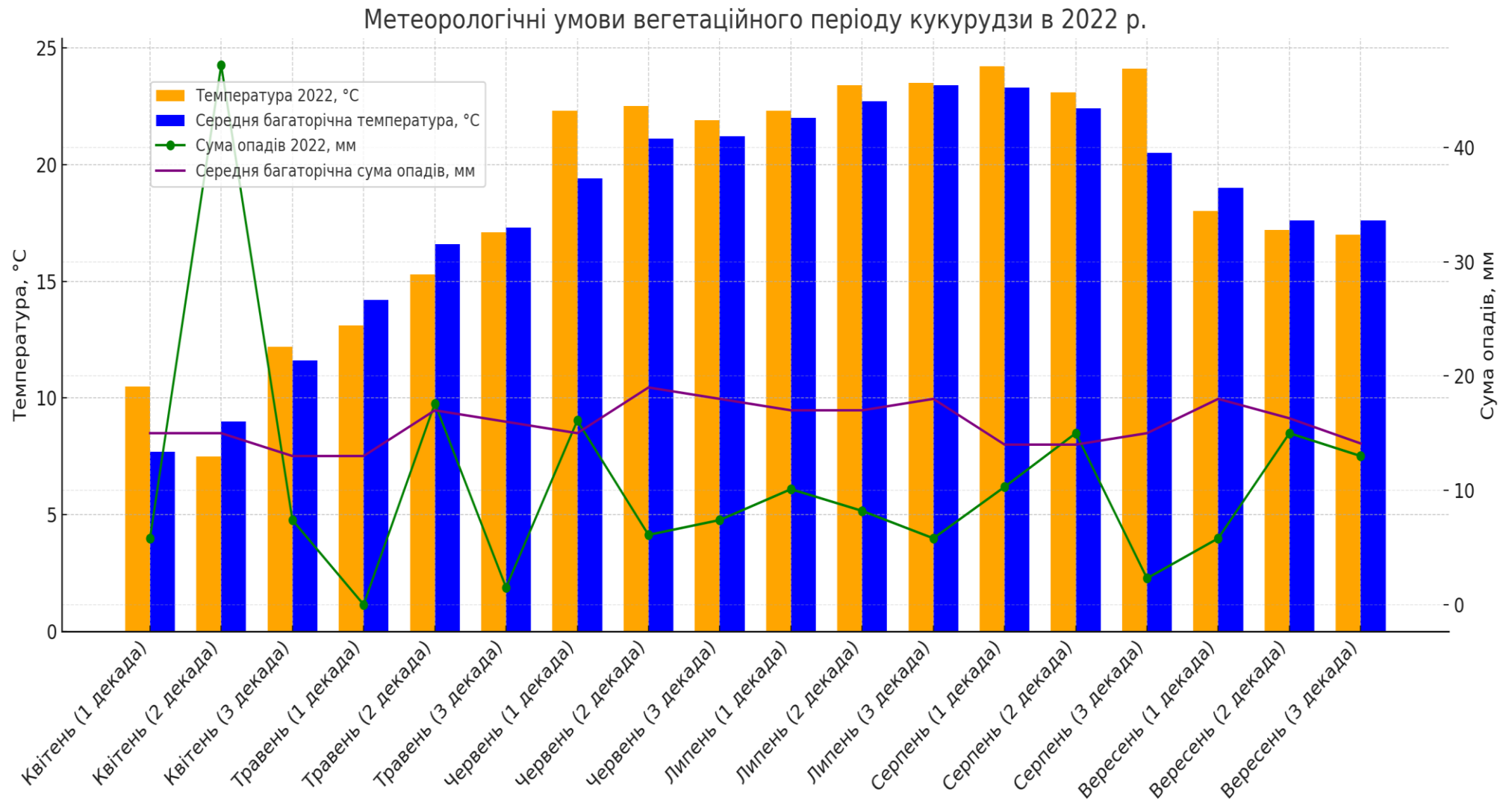


Рис. 2.2 Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2022 року

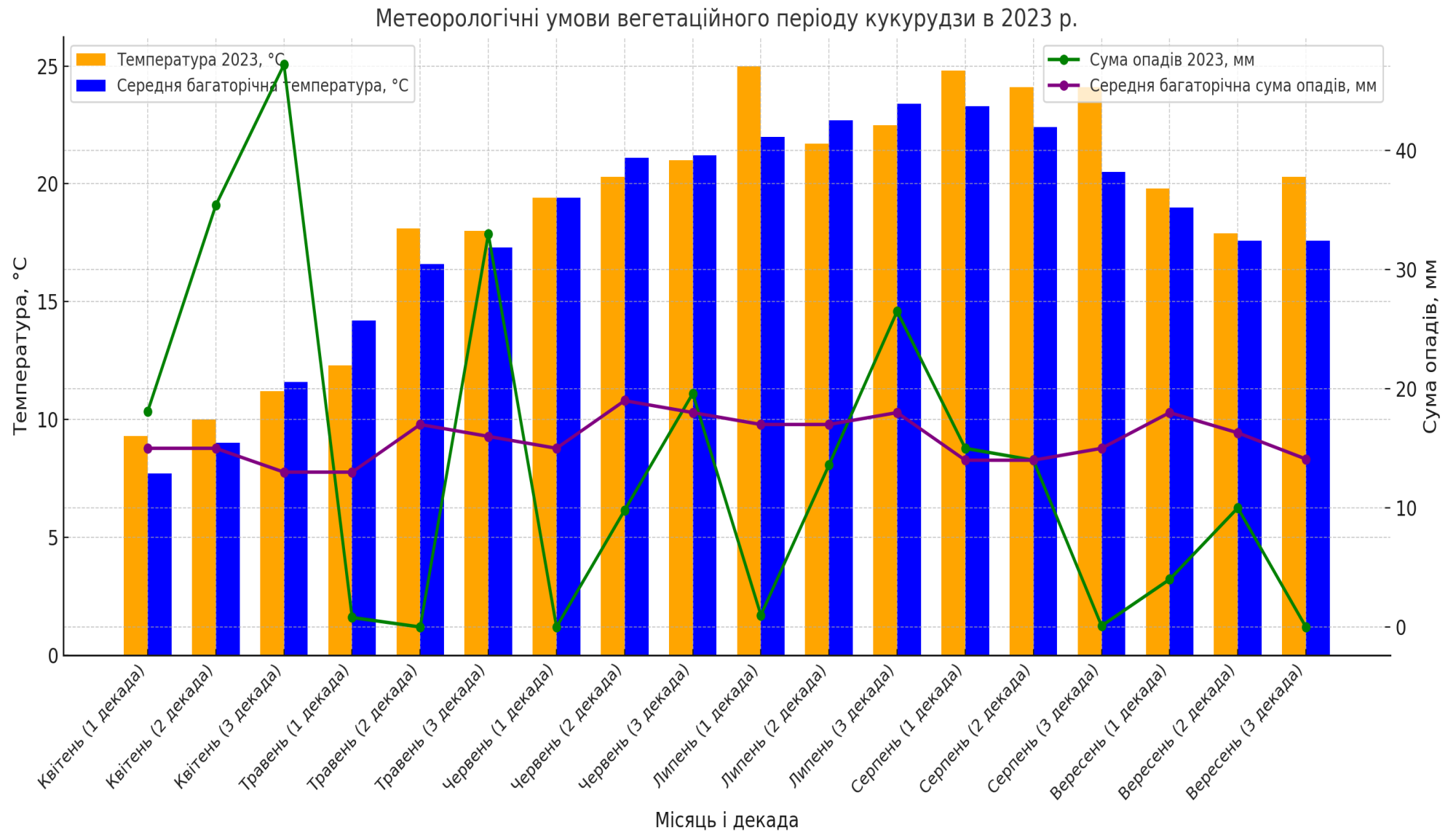


Рис. 2.3 Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2023 року

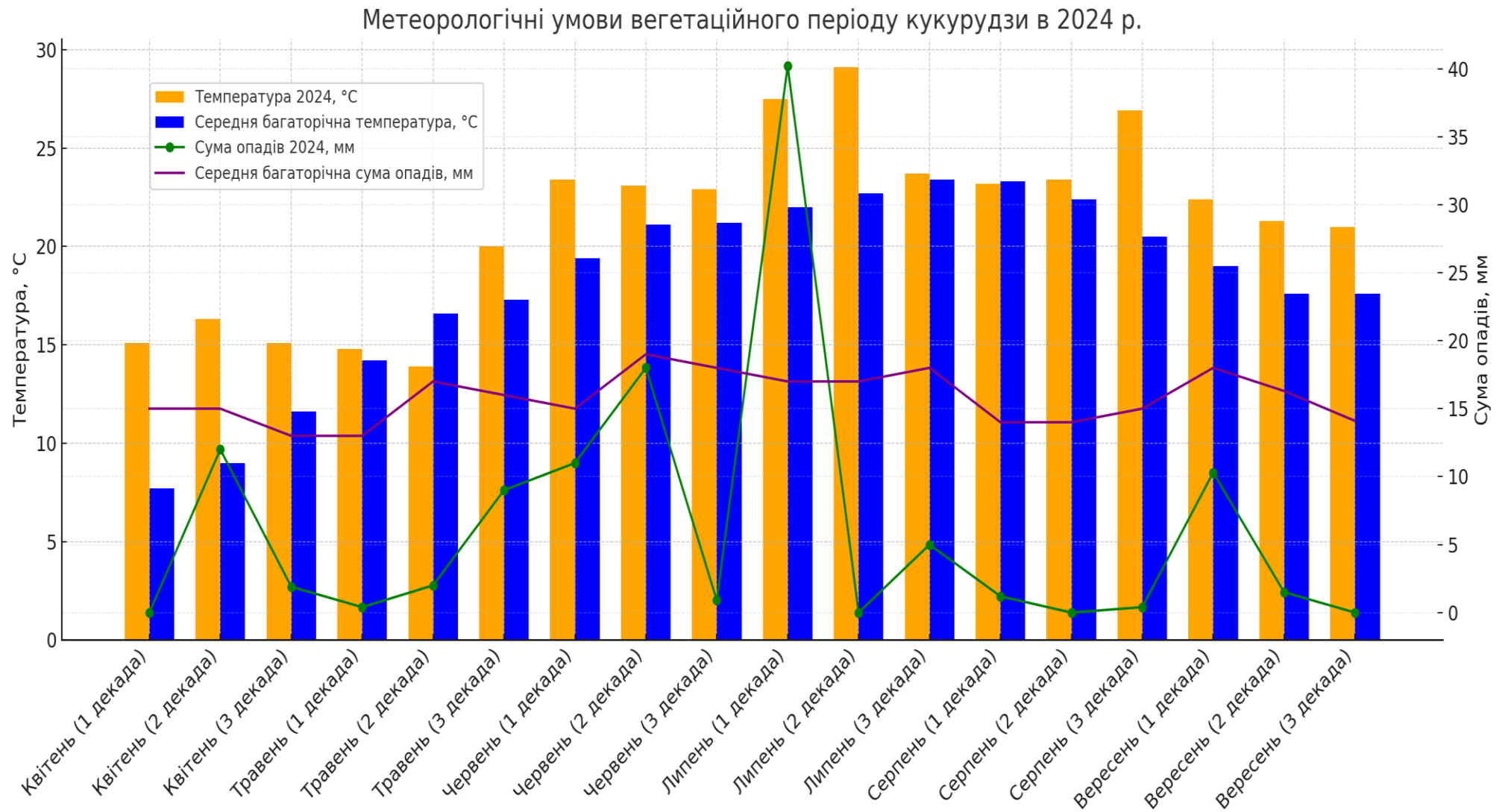


Рис. 2.4 Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи 2024 року

Таблиця 2.1

Метеорологічні умови вегетаційного періоду кукурудзи в 2022–2024 рр. (дані ДМЦ з гідрометеорології)

Місяць	Декада	Температура повітря, °С				Сума опадів, мм			
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня багаторічна	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня багаторічна
Квітень	1	10,5	9,3	15,1	7,7	5,8	18,1	0,0	15
	2	7,5	10,0	16,3	9,0	47,2	35,4	12,0	15
	3	12,2	11,2	15,1	11,6	7,4	47,2	1,9	13
Травень	1	13,1	12,3	14,8	14,2	0,0	0,8	0,4	13
	2	15,3	18,1	13,9	16,6	17,6	0,0	2,0	17
	3	17,1	18,0	20,0	17,3	1,5	33,0	9,0	16
Червень	1	22,3	19,4	23,4	19,4	16,1	0,0	11,0	15
	2	22,5	20,3	23,1	21,1	6,1	9,8	18,0	19
	3	21,9	21,0	22,9	21,2	7,4	19,6	0,9	18
Липень	1	22,3	25,0	27,5	22,0	10,1	1,0	40,2	17
	2	23,4	21,7	29,1	22,7	8,2	13,6	0,0	17
	3	23,5	22,5	23,7	23,4	5,8	26,5	5,0	18
Серпень	1	24,2	24,8	23,2	23,3	10,3	15,0	1,2	14
	2	23,1	24,1	23,4	22,4	15,0	14,0	0,0	14
	3	24,1	24,1	26,9	20,5	2,3	0,1	0,4	15
Вересень	1	18,0	19,8	22,4	19,0	5,8	4,0	10,3	18
	2	17,2	17,9	21,3	17,6	15,0	10,0	1,5	16
	3	17,0	20,3	21,0	17,6	13,0	0,0	0,0	14

У квітні середня температура першої декади становила 9,3 °С, що на 1,6 °С (20,8%) вище багаторічного значення (7,7 °С). Сума опадів досягла 18,1 мм, що на 3,1 мм (20,7%) перевищує норму (15 мм). У другій декаді температура піднялася до 10,0 °С, що на 1,0 °С (11,1%) більше за норму (9,0 °С), а кількість опадів склала 35,4 мм, перевищивши середні значення на 20,4 мм (136%). У третій декаді температура була трохи нижчою за норму – 11,2 °С, що на 0,4 °С (3,4%) менше середнього показника (11,6 °С). Проте опади значно перевищували норму, досягнувши 47,2 мм, що на 34,2 мм (263%) більше багаторічного рівня (13 мм).

У травні перша декада мала температуру 12,3 °С, що на 1,9 °С (13,4%) нижче середнього багаторічного рівня (14,2 °С). Кількість опадів становила лише 0,8 мм, що на 12,2 мм (93,8%) менше за норму (13 мм). У другій декаді температура піднялася до 18,1 °С, перевищуючи середній показник (16,6 °С) на 1,5 °С (9%), але опади були відсутні, що на 17 мм (100%) нижче норми. У третій декаді температура становила 18,0 °С, що на 0,7 °С (4%) вище норми (17,3 °С), а кількість опадів була 33,0 мм, що на 17,0 мм (106,3%) більше середнього рівня (16 мм).

Червень почався із температури, що відповідає нормі – 19,4 °С, проте опади були відсутні, що на 15 мм (100%) менше за середні багаторічні значення. У другій декаді температура склала 20,3 °С, що на 0,8 °С (3,8%) нижче середнього рівня (21,1 °С), а кількість опадів становила 9,8 мм, що на 9,2 мм (48,4%) менше норми (19 мм). У третій декаді температура сягнула 21,0 °С, що на 0,2 °С (0,9%) нижче багаторічного показника (21,2 °С), а опади склали 19,6 мм, що на 1,6 мм (8,9%) більше за норму (18 мм).

У липні перша декада мала температуру 25,0 °С, що на 3,0 °С (13,6%) вище багаторічного показника (22,0 °С), але опади становили лише 1,0 мм, що на 16,0 мм (94,1%) нижче норми (17 мм). У другій декаді температура знизилася до 21,7 °С, що на 1,0 °С (4,4%) нижче середнього значення (22,7 °С), а кількість опадів становила 13,6 мм, що на 3,4 мм (20%) менше норми (17 мм). У третій декаді температура сягнула 22,5 °С, що на 0,9 °С (3,8%)

нижче норми (23,4 °C), тоді як опади становили 26,5 мм, що на 8,5 мм (47,2%) більше середнього рівня (18 мм).

Серпень почався з температури 24,8 °C у першій декаді, що на 1,5 °C (6,4%) вище норми (23,3 °C), а опади відповідали середньому значенню – 15,0 мм. У другій декаді температура становила 24,1 °C, що на 1,7 °C (7,6%) вище середнього рівня (22,4 °C), тоді як кількість опадів дорівнювала нормі (14,0 мм). У третій декаді температура також залишалася на рівні 24,1 °C, що на 3,6 °C (17,6%) вище середнього значення (20,5 °C), але опади становили лише 0,1 мм, що на 14,9 мм (99,3%) менше за норму (15 мм).

У вересні перша декада мала температуру 19,8 °C, що на 0,8 °C (4,2%) вище норми (19,0 °C), але опади склали 4,0 мм, що на 14,0 мм (77,8%) нижче середнього рівня (18 мм). У другій декаді температура була близькою до норми – 17,9 °C (на 0,3 °C або 1,7% вище), а опади склали 10,0 мм, що на 6,3 мм (38,7%) менше норми (16,3 мм). У третій декаді температура становила 20,3 °C, що на 2,7 °C (15,3%) вище середнього рівня (17,6 °C), але опади були відсутні, що на 14,1 мм (100%) менше багаторічних показників.

Таким чином, погодні умови 2023 року характеризувалися частковим дефіцитом опадів і переважно підвищеним температурним режимом, що могло мати різноспрямований вплив на розвиток кукурудзи.

У вегетаційний період 2024 року метеорологічні умови відзначалися значними відхиленнями як у температурі повітря, так і в кількості опадів, у порівнянні із середніми багаторічними даними. Аналіз відхилень проведено у абсолютних величинах і відсотках (рис. 2.4, табл. 2.1).

У квітні в першій декаді температура повітря досягла 15,1 °C, що на 7,4 °C (96,1%) вище багаторічного показника (7,7 °C). Опади були відсутні, що на 15 мм (100%) менше середнього рівня. У другій декаді температура піднялася до 16,3 °C, перевищуючи норму на 7,3 °C (81,1%), а кількість опадів становила 12,0 мм, що на 3 мм (20%) менше норми. У третій декаді температура залишалася на рівні 15,1 °C, що на 3,5 °C (30,2%) вище

середнього рівня, а опади склали лише 1,9 мм, що на 11,1 мм (85,4%) менше норми.

У травні перша декада мала температуру 14,8 °С, що на 0,6 °С (4,2%) вище багаторічного показника (14,2 °С). Опади були мізерними – 0,4 мм, що на 12,6 мм (96,9%) менше норми (13 мм). У другій декаді температура становила 13,9 °С, що на 2,7 °С (16,3%) нижче норми (16,6 °С), а опади були лише 2,0 мм, що на 15 мм (88,2%) менше середнього рівня. У третій декаді температура зросла до 20,0 °С, що на 2,7 °С (15,6%) більше багаторічного показника, а кількість опадів склала 9,0 мм, перевищивши норму на 6,0 мм (37,5%).

Червень розпочався температурою 23,4 °С у першій декаді, що на 4,0 °С (20,6%) вище норми (19,4 °С). Опади становили 11,0 мм, що на 4 мм (26,7%) менше середнього рівня. У другій декаді температура була 23,1 °С, що на 2,0 °С (9,5%) вище норми (21,1 °С), а опади досягли 18,0 мм, що на 1 мм (5,3%) менше багаторічного показника. У третій декаді температура була 22,9 °С, що на 1,7 °С (8%) вище норми (21,2 °С), проте опади склали лише 0,9 мм, що на 17,1 мм (95%) менше середнього рівня.

У липні перша декада відзначалася температурою 27,5 °С, що на 5,5 °С (25%) вище середньої (22,0 °С), а опади становили 40,2 мм, що на 23,2 мм (136,5%) більше за норму. У другій декаді температура піднялася до 29,1 °С, що на 6,4 °С (28,2%) вище норми (22,7 °С), але опади були відсутні, що на 17 мм (100%) менше середнього рівня. У третій декаді температура досягла 23,7 °С, що на 0,3 °С (1,3%) вище норми, а кількість опадів склала 5,0 мм, що на 13,0 мм (72,2%) менше багаторічного показника.

Серпень у першій декаді мав температуру 23,2 °С, що на 0,1 °С (0,4%) нижче норми (23,3 °С), а опади були 1,2 мм, що на 12,8 мм (91,4%) менше середнього рівня. У другій декаді температура становила 23,4 °С, що на 1,0 °С (4,5%) вище норми, а опади були відсутні, що на 14 мм (100%) нижче багаторічного рівня. У третій декаді температура піднялася до 26,9 °С, що на

6,4 °C (31,2%) вище норми, тоді як опади склали лише 0,4 мм, що на 14,6 мм (97,3%) менше середнього показника.

Вересень розпочався із температури 22,4 °C у першій декаді, що на 3,4 °C (17,9%) вище середнього рівня (19,0 °C), а опади становили 10,3 мм, що на 7,7 мм (42,8%) менше норми. У другій декаді температура досягла 21,3 °C, що на 3,7 °C (21%) більше норми, а опади становили лише 1,5 мм, що на 14,8 мм (90,8%) менше середнього рівня (16,3 мм). У третій декаді температура була 21,0 °C, що на 3,4 °C (19,3%) більше багаторічного показника, а опади були відсутні, що на 14,1 мм (100%) нижче норми.

Таким чином, у 2024 році погодні умови характеризувалися аномально високими температурами, які значно перевищували багаторічні значення, а кількість опадів часто була значно меншою за норму або зовсім відсутня. Це створило складні умови для вирощування кукурудзи, особливо в періоди тривалої посухи.

Загальний аналіз погодних умов вегетаційних періодів кукурудзи 2022–2024 років демонструє значну варіабельність метеорологічних показників, що суттєво впливало на умови вирощування цієї культури. У 2022 році спостерігалися як позитивні відхилення температурного режиму, так і дефіцит опадів у більшості декад, що створювало неоднозначні умови для росту і розвитку кукурудзи. У 2023 році температурний режим залишався переважно підвищеним, а дефіцит опадів був помірним, що могло викликати як позитивні, так і негативні наслідки для вегетації культури. Натомість 2024 рік характеризувався аномально високими температурами, які значно перевищували середні багаторічні значення, у поєднанні зі значним дефіцитом або повною відсутністю опадів. Це спричинило екстремальні умови для вирощування кукурудзи, особливо під час тривалих посушливих періодів, що істотно обмежувало можливість формування високого врожаю.

Отже, погодні умови в зазначені роки мали різноспрямований вплив, варіюючись від сприятливих до екстремальних, що підкреслює необхідність

адаптації агротехнічних заходів до кліматичних змін для забезпечення стабільного врожаю кукурудзи.

2.3 Методичні та агротехнічні засади проведення досліджень

Дисертаційні дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. Польові дослідження було проведено в фермерському господарстві «Юлія і К», розташованому в селі Мар'ївка Новомосковського району Дніпропетровської області.

Ґрунт на дослідному полі – звичайний малогумусний чорнозем з вмістом гумусу 3,3 %. Вміст рухомих форм N–NO₃, P₂O₅ і K₂O становив відповідно 2,5, 10,0 та 8,9 мг/100 г ґрунту, рН дорівнює 6,9, а щільність ґрунту – 1,2 г/см³.

Технологія вирощування різночиглих гібридів кукурудзи була загальноприйнятою для Північного степу України, окрім елементів технології, що вивчалися. Обробіток ґрунту почали з лушення стерні за допомогою важкої дискової борони БДВП–4.2 після збору врожаю озимої пшениці. Схема експерименту передбачала посів чотирьох гібридів, що належать до різних груп стиглості: ранньостиглий ДМС Лорд, середньоранній ДМС Прайм, середньостиглий ДМС 3015 та середньопізній ДМС Шатл.

Для кожного гібрида було застосовано три фони удобрення:

1. Без добрив;
2. N₃₀P₃₀K₃₀;
3. N₆₀P₆₀K₆₀.

Внесення добрив здійснювалося навесні розкидним способом перед передпосівною культивацією з використанням комплексного мінерального добрива нітроамофоски.

Сівбу гібридів кукурудзи здійснювали сівалкою УПС–8 в агрегаті з

трактором МТЗ–82. Спосіб сівби – широкорядний, із шириною міжрядь 70,0 см. Крім того, зазначені гібриди висівалися за густоти стояння рослин у 30, 40, 50 та 60 тис./га. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см (табл. 2.2).

Догляд за кукурудзою проводився згідно з прийнятими технологіями для степової зони, зокрема, внесення ґрунтового гербіциду Харнес – 2,5 л/га, а в фазі 5–6 листків обприскування страховим гербіцидом Дісулам – 0,5 л/га.

Усі обліки та спостереження проводили відповідно до методики агрономічних досліджень. [139–145].

Таблиця 2.2

Схема досліду з вивчення ефективності густоти стояння рослин кукурудзи

Гібриди кукурудзи та їх група стиглості	Внесені мінеральні добрива	Густота рослин кукурудзи, тис./га
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	1. без добрив	30, 40, 50, 60
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30, 40, 50, 60
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30, 40, 50, 60
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	1. без добрив	30, 40, 50, 60
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30, 40, 50, 60
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30, 40, 50, 60
ДМС 3015 (середньостиглий)	1. без добрив	30, 40, 50, 60
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30, 40, 50, 60
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30, 40, 50, 60
ДМС ШАТЛ (середньопізній)	1. без добрив	30, 40, 50, 60
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30, 40, 50, 60
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30, 40, 50, 60

Характеристика гібридів кукурудзи, що були висіяні в досліді:

1. ДМС ЛОРД (ранньостиглий, ФАО 220–230). Гібрид кукурудзи ДМС Лорд належить до ранньостиглої групи стиглості та є трилінійним типом, що призначений для вирощування на зерно та силос. Гібрид

придатний для регіонів із різними кліматичними умовами, особливо для зон Степу та Лісостепу. Рослина має середню висоту близько 250–270 см, із качаном, розташованим на висоті 90–100 см. Зерно зубоподібного типу, жовтого кольору.

ДМС Лорд славиться своєю високою врожайністю, яка за сприятливих умов може досягати 10–12 тонн на гектар, і швидким вологовіддаванням, що знижує витрати на післязбиральне сушіння зерна. Гібрид добре переносить посуху, а також проявляє високу стійкість до поширених хвороб, таких як пухирчаста сажка, фузаріоз і гельмінтоспоріоз. Це забезпечує стабільну продуктивність навіть у несприятливих умовах.

Гібрид підходить для вирощування за традиційною та інтенсивною технологією. Норма висіву становить 70–75 тисяч рослин на гектар у зонах із достатнім зволоженням та 55–60 тисяч у посушливих регіонах, із глибиною висіву від 4 до 6 см залежно від типу ґрунту. Завдяки своїм перевагам ДМС Лорд забезпечує фермерів якісним врожаєм і є ефективним вибором для сільськогосподарського виробництва.

2. ДМС ПРАЙМ (середньоранній ФАО 250) – це середньоранній гібрид трилінійного типу. Він вирізняється високою врожайністю, адаптивністю та стійкістю до несприятливих умов. Завдяки своїм характеристикам, цей гібрид широко застосовується для вирощування на зерно в умовах Лісостепу та Степу.

Рослини мають середню висоту 260–280 см із розташуванням качана на рівні 100–110 см. Зерно зубоподібного типу, жовтого кольору, придатне для отримання високоякісного продукту. ДМС Прайм демонструє високу продуктивність, із потенційною врожайністю до 12–13 тонн з гектара. Гібрид характеризується швидким дозріванням і ефективним вологовіддаванням, що мінімізує витрати на сушіння.

Однією з головних переваг цього гібриду є його стійкість до посухи, а також до основних хвороб кукурудзи, таких як пухирчаста сажка, фузаріоз і

гельмінтоспоріоз. Це забезпечує стабільний урожай навіть у складних кліматичних умовах.

Для досягнення найкращих результатів рекомендується висівати ДМС ПРАЙМ із нормою 70–75 тисяч рослин на гектар у зонах із достатнім зволоженням або 55–60 тисяч у посушливих регіонах. Глибина посіву становить 4–6 см залежно від типу ґрунту.

ДМС Прайм – це ефективний вибір для аграріїв, які прагнуть отримати стабільний і якісний урожай із мінімальними ризиками.

3. ДМС 3015 (середньостиглий ФАО 310) – трилінійний гібрид, що ідеально підходить для вирощування в умовах Степу та Лісостепу, демонструючи високу стабільність врожаю та адаптацію до різних агрокліматичних умов.

Рослина має міцну структуру й середню висоту, що варіюється в межах 270–290 см, із качаном, розташованим на висоті близько 110–120 см. Зерно зубоподібного типу, жовто–оранжевого кольору, що забезпечує високу якість урожаю.

ДМС 3015 відзначається високою врожайністю, яка за сприятливих умов може досягати 13–14 тонн на гектар. Гібрид також вирізняється швидким і рівномірним дозріванням, ефективним вологовіддаванням і чудовою стійкістю до стресів, таких як посуха, висока температура та низька вологість ґрунту.

Цей гібрид має високу стійкість до основних хвороб кукурудзи, включаючи пухирчасту сажку, фузаріоз і гельмінтоспоріоз. Це зменшує ризики втрати врожаю та підвищує ефективність його вирощування.

Рекомендована густина посіву залежить від умов вирощування: у зонах із достатнім зволоженням висівають 70–75 тисяч рослин на гектар, у посушливих регіонах – 55–60 тисяч. Оптимальна глибина висіву становить 4–6 см залежно від типу ґрунту та його вологості.

Гібрид ДМС 3015 поєднує високий потенціал врожайності, стійкість до стресових факторів і якісне зерно, що робить його чудовим вибором для агровиробників, які прагнуть досягти максимального результату.

4. ДМС ШАТЛ (середньопізній ФАО 380) – це трилінійний гібрид, що характеризується високою продуктивністю, адаптивністю до різних ґрунтово–кліматичних умов і якісними показниками врожаю.

Рослини ДМС Шатл вирізняються міцною структурою та високою енергією росту. Висота рослини сягає 280–300 см, із качаном, розташованим на висоті 110–120 см. Зерно зубоподібного типу, насиченого жовтого кольору, має високий вміст крохмалю, що робить його придатним не лише для використання на зерно, але й для промислової переробки.

Основними перевагами цього гібриду є його висока врожайність, яка за оптимальних умов досягає 14–15 тонн на гектар, і стабільність продуктивності в різних агрокліматичних умовах. ДМС Шатл добре переносить періоди посухи, а також проявляє високу стійкість до основних хвороб кукурудзи, зокрема до пухирчастої сажки, фузаріозу та гелмінтоспоріозу.

Для ефективного вирощування цього гібриду рекомендується висівати його з густотою 65–70 тисяч рослин на гектар у зонах із достатнім зволоженням і 50–55 тисяч у посушливих регіонах. Глибина посіву становить 4–6 см залежно від типу ґрунту та його вологості.

Гібрид ДМС Шатл ідеально підходить для інтенсивних технологій вирощування та забезпечує високу якість зерна з мінімальними втратами завдяки своїм агрономічним характеристикам. Це надійний вибір для фермерів, які прагнуть отримати максимальну врожайність і стабільний результат [146].

Під час проведення експериментальних досліджень застосовували різноманітні загальнонаукові методи, серед яких основними є польовий, вимірювально–метрологічний та математико–статистичний. Польовий метод використовували для аналізу впливу регуляторів росту на гібриди кукурудзи

різних груп стиглості, а також їхньої взаємодії з біотичними та абіотичними факторами. Вимірювально–метрологічний метод дозволив оцінити динаміку росту, біометричні параметри, структурні елементи врожаю та загальну урожайність. Математико–статистичний аналіз, зокрема дисперсійний і кореляційний, використовували для обробки отриманих даних і визначення взаємозв'язків між досліджуваними факторами.

Серед застосованих методик виділяли такі:

Польову схожість насіння визначали у всіх варіантах експерименту, проводячи спостереження щоденно в динаміці. Фенологічні спостереження здійснювали для реєстрації фаз росту, таких як сходи, цвітіння волоті, поява приймочкових ниток, молочна, воскова та повна стиглість. Відзначали як початок фази (10 % рослин), так і її завершення (75 %).

Висоту рослин і прикріплення качанів вимірювали з фази 6–7 листків до цвітіння качанів через кожні 10 днів. Висоту фіксували мірною рейкою, спочатку до верхівки найдовшого листка, а у фазу цвітіння – до верхівки волоті. Вимірювання проводили в різних точках ділянки, аналізуючи 25 рослин. Діаметр стебел визначали штангенциркулем у фазу цвітіння, аналізуючи 20 рослин на кожній ділянці.

Підрахунок кількості листків, як функціонуючих, так і сухих, проводили на 20 рослинах із використанням маркування. Площу листової поверхні розраховували шляхом множення довжини та ширини листків на коефіцієнт 0,75, із періодичністю кожні 20 днів.

Приріст надземної маси оцінювали на основі зразків із двох повторень, сушених до абсолютно сухого стану при температурі 100–105 °С. Вміст хлорофілу в листках визначали за допомогою приладу SPAD–502 Plus, що вимірює спектральне поглинання, пропорційне кількості хлорофілу.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) розраховували протягом усього вегетаційного періоду за загальноприйнятими формулами. Індивідуальну продуктивність рослин оцінювали за кількістю качанів на 100

рослин у фазу воскової стиглості зерна, враховуючи лише придатні для господарського використання качани.

Структуру врожаю аналізували шляхом дослідження проб качанів, визначаючи їх довжину, діаметр, масу, кількість зерен і масу 1000 зерен. Вологість зерна перед збиранням оцінювали термічно–ваговим методом. Урожайність визначали вручну, із подальшим зважуванням і перерахунком на стандартну вологість 14%.

Основні показники якості зерна, включаючи вміст білка, вуглеводів і жирів, визначали згідно з державними стандартами в акредитованих лабораторіях. Економічну ефективність використання стимуляторів росту розраховували відповідно до рекомендацій ННЦ «Інститут аграрної економіки».

Біоенергетичну ефективність оцінювали через аналіз енергоємності виробництва, приросту валової енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}). Статистичну обробку даних виконували методом дисперсного аналізу на ПК [141–145].

Висновки до розділу 2

Ґрунтово–кліматичні умови території, де проводилися польові дослідження, відповідають типовим характеристикам Північного Степу України та є придатними для вирощування кукурудзи.

Протягом 2022–2024 років погодні умови демонстрували значну змінність у часі, що створило можливість для комплексного аналізу їхнього впливу на ріст, розвиток і формування врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Особлива увага приділялася дослідженню залежності врожайності від густоти стояння рослин і застосування мінеральних добрив. Загалом погодні умови були сприятливими для вегетації кукурудзи, однак у періоди посух, зокрема в надзвичайно посушливому 2024 році, коли майже

повна відсутність опадів суттєво вплинула на зниження врожайності, спостерігалися негативні наслідки для рослин.

Схема експерименту та методика проведення досліджень були побудовані на принципах об'єктивності, наукової обґрунтованості, цілісності, практичної спрямованості та відповідності поставленим цілям і завданням. Програма досліджень охоплювала перелік конкретних задач, виконання яких забезпечило досягнення визначених цілей.

Основні наукові результати, викладені в другому розділі, автор опублікував у наукових працях, що наведені у списку використаних джерел [147–154].

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ КУКУРУДЗИ І ФОРМУВАННЯ ЇЇ БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Ріст і розвиток кукурудзи мають ключове значення, оскільки безпосередньо впливають на формування елементів структури врожаю, таких як довжина та діаметр качана, кількість рядів і зерен у качані, маса зерна з качана та маса 1000 зерен, а також визначають загальну урожайність зерна. Окрім використання добрив, значний вплив на покращення росту та розвитку кукурудзи можуть мати стимулятори росту рослин, які регулюють низку важливих фізіологічних процесів у культурних рослин кукурудзи.

3.1 Формування біометричних показників рослин кукурудзи за дії густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення

Оптимізація густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення є ключовими факторами, що впливають на біометричні показники кукурудзи, такі як висота рослин, площа листової поверхні та розвиток кореневої системи. Дослідження показують, що збільшення густоти стояння рослин може призвести до підвищення висоти рослин, але водночас зменшує площу листової поверхні на одну рослину та послаблює розвиток кореневої системи через посилену конкуренцію за ресурси [155–156].

Рівень мінерального удобрення також суттєво впливає на біометричні показники кукурудзи. Забезпечення рослин необхідними елементами живлення сприяє збільшенню площі листової поверхні та підвищенню фотосинтетичної активності. Зокрема, застосування азотних добрив у відповідних дозах позитивно впливає на висоту рослин та розвиток генеративних органів [157–162].

Узгодження оптимальної густоти стояння та рівня мінерального удобрення є важливим аспектом для досягнення високої продуктивності кукурудзи. Дослідження в умовах Північного Степу України показали, що найкращі біометричні показники спостерігаються за густоти стояння 70 тис./га та внесення комплексних добрив ($N_{120}P_{90}K_{60}$), що забезпечує гармонійний розвиток рослин і сприяє досягненню високої врожайності [163–169].

Тривалість періоду «сівба–сходи» у кукурудзи залежить від кількох факторів, зокрема строків сівби, температури ґрунту та особливостей гібриду.

Проростання насіння кукурудзи починається за температури ґрунту на глибині загортання насіння $+8...+10$ °С. При оптимальній вологості ґрунту тривалість періоду «сівба–сходи» залежить переважно від температури: чим вона вища, тим коротший цей період. Наприклад, при середньодобовій температурі $+16,8$ °С сходи можуть з'явитися через 8–10 днів після сівби.

Дослідження показують, що за сівби 25 квітня цей період може тривати 12–16 днів, тоді як за пізніших строків сівби (5 та 15 травня) тривалість зменшується до 8–13 днів. Ранні строки сівби (наприклад, 20 квітня) можуть подовжувати період «сівба–сходи» до 20,5 діб через нижчі температури, тоді як пізніші строки (10 травня) скорочують цей період до 12,3 діб завдяки підвищенню температури повітря та густота стояння рослин також впливає на тривалість цього періоду. За густоти 70–90 тис. рослин на гектар тривалість періоду «сівба–сходи» може змінюватися, проте різниця зазвичай не перевищує 1–2 дні [170–174].

Удобрення та мінеральне живлення впливають на загальний розвиток рослин, проте їхній безпосередній вплив на тривалість періоду «сівба–сходи» менш виражений. Дослідження показують, що за різних рівнів мінерального удобрення тривалість цього періоду змінюється незначно.

Наші дослідження, проведені в 2022–2024 роках, показали, що тривалість міжфазних періодів у кукурудзи значною мірою залежить від

погодних умов, зокрема температури, кількості опадів, а також від характеристик конкретного гібрида. У середньому за ці роки тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» становила 10–10,6 діб, з тенденцією до збільшення від ранньостиглих до середньопізніх гібридів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Тривалість періоду «сівба–сходи» рослин кукурудзи залежно від факторів досліді, діб (середнє за 2022–2024 рр.)

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрєння (фактор В)	Густота стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	Сере днє
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	1. без добрив	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	1. без добрив	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	10	9	11	10
		40	10	9	11	10
		50	10	9	11	10
		60	10	9	11	10
ДМС 3015 (середньостиглий)	1. без добрив	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6

Продовження таблиці 3.1

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густота стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	Середнє
ДМС ШАТЛ (середньопізній)	1. без добрив	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	11	9	12	10,6
		40	11	9	12	10,6
		50	11	9	12	10,6
		60	11	9	12	10,6
НІР _{0,5} , діб, для гібриду (фактор А)			0,8	0,3	0,8	
для добрив (фактор В)			0,9	0,3	0,9	-
для густоти (фактор С)			0,9	0,4	0,9	-
для взаємодії факторів (АВС)			1,0	0,5	1,0	-

Тривалість періоду «сівба–сходи» рослин кукурудзи є важливим показником, який залежить як від генетичних особливостей гібридів, так і від комплексу зовнішніх факторів, серед яких переважають погодні умови у роки досліджень. На основі представлених даних, можна зробити висновок, що ранньостиглі гібриди, такі як ДМС Лорд, та середньоранні гібриди, як–от ДМС Прайм, характеризуються однаковою середньою тривалістю цього періоду, що становить 10 діб. Натомість середньостиглий гібрид ДМС 3015 та середньопізній ДМС Шатл мають довший період «сівба–сходи», середній показник якого становить 10,6 діб, що перевищує тривалість у ранньостиглих і середньоранніх гібридів на 0,6 діб або на 6%. Ця різниця зумовлена біологічними особливостями середньостиглих і середньопізніх гібридів, які, зазвичай, характеризуються тривалішим вегетаційним періодом і дещо повільнішими темпами початкового розвитку рослин.

Розглядаючи вплив погодних умов, можна відзначити, що рік 2023 був найсприятливішим для швидкого проростання кукурудзи. У цей рік середній показник тривалості періоду «сівба–сходи» становив лише 9 діб, що на 1 добу або 10% менше у порівнянні зі середнім багаторічним значенням. Це

пояснюється сприятливим температурним режимом і достатньою кількістю вологи у ґрунті, що створило оптимальні умови для проростання насіння. У 2024 році середня тривалість періоду зроста до 11 діб, що на 10% більше порівняно з 2023 роком. Причиною цього могла стати нестача вологи або коливання температур у критичний період проростання, що уповільнило процес появи сходів.

Аналізуючи вплив удобрення, слід зазначити, що у фазі проростання рослин кукурудзи внесення мінеральних добрив, таких як $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$, не дало відчутного результату. Незалежно від рівня удобрення, тривалість періоду «сівба–сходи» залишалася незмінною і відповідала показникам контрольного варіанту без добрив. Це можна пояснити тим, що на початковому етапі розвитку насіння використовує переважно внутрішні резерви поживних речовин, накопичених у зародку, і менш залежить від наявності доступних елементів живлення у ґрунті.

Також важливим спостереженням є те, що густина стояння рослин, яка варіювалася від 30 до 60 тис./га, не впливала на тривалість періоду «сівба–сходи». Це свідчить про те, що конкуренція між рослинами за ресурси на цьому етапі розвитку є мінімальною, а основним обмежувальним фактором залишаються зовнішні умови, такі як температура і вологість.

Таким чином, найбільший вплив на тривалість періоду «сівба–сходи» рослин кукурудзи мають погодні умови у роки досліджень і генетичні особливості гібридів. Агрохімічні заходи, включаючи удобрення та варіювання густоти стояння, у фазі проростання відіграють другорядну роль, оскільки рослини в цей час більшою мірою залежні від внутрішніх резервів і природних умов.

Тривалість періоду від сходів до цвітіння качанів кукурудзи є одним із ключових етапів її онтогенезу, що значною мірою визначає рівень майбутнього врожаю. Цей період характеризується активним ростом та формуванням репродуктивних органів і залежить від багатьох чинників,

серед яких найбільш впливовими є густина стояння рослин, рівень мінерального удобрення та агрометеорологічні умови.

Густина стояння рослин кукурудзи є важливим технологічним параметром, який впливає на фотосинтетичну активність, конкуренцію за поживні речовини, світло та вологу. За підвищеної густоти стояння (понад оптимальну для певного гібриду) рослини змушені конкурувати між собою, що призводить до подовження тривалості періоду від сходів до цвітіння через зменшення доступності ресурсів. Як зазначено в літературі, оптимальна густина стояння для середньостиглих гібридів становить 30–35 тис./га, а для ранньостиглих – 40–50 тис./га. Перевищення цих показників може знижувати рівень доступних ресурсів і, як наслідок, подовжувати фазу вегетаційного росту [174].

Рівень удобрення також відіграє визначальну роль у формуванні тривалості фаз розвитку рослин. Азот, як основний елемент живлення кукурудзи, стимулює активний ріст і розвиток, сприяючи прискоренню початку цвітіння за рахунок інтенсивного утворення біомаси. За даними дослідників, оптимальні дози мінерального живлення (наприклад, $N_{60}P_{60}K_{60}$) забезпечують скорочення періоду «сходи – цвітіння» на 10–15 % порівняно з контролем без удобрення. Однак надмірне застосування азоту може мати зворотний ефект, затримуючи розвиток через надмірне накопичення вегетативної маси, що гальмує генеративні процеси.

Не менш важливими є погодні умови, особливо температурний режим. Дослідження показують, що за оптимальної середньодобової температури повітря (20–22 °C) та ґрунту (понад 15 °C) тривалість періоду «сходи – цвітіння» може скорочуватися, тоді як низькі температури сповільнюють фізіологічні процеси та подовжують фазу розвитку рослин [176]. В умовах надмірної посухи або тривалих опадів також можливе гальмування розвитку, оскільки такі стресові умови змінюють розподіл доступної енергії для росту [174].

Узагальнюючи, можна зазначити, що тривалість періоду від сходів до цвітіння качанів кукурудзи є комплексним показником, який залежить від

оптимізації агротехнічних заходів, таких як густина стояння та рівень удобрення, а також від природних умов. Раціональне поєднання зазначених факторів дозволяє досягти стабільних і високих урожаїв культури, що підтверджується численними дослідженнями вітчизняних і закордонних авторів.

Наведені дані у таблиці 3.2, що характеризують тривалість періоду «сходи – цвітіння качанів» кукурудзи залежно від густоти стояння рослин і рівня удобрення, демонструють певну варіативність у тривалості цього періоду під впливом досліджуваних факторів. У розрізі гібридів кукурудзи відзначається чітка тенденція до змін тривалості вегетаційного періоду залежно від застосованого рівня добрив та густоти стояння рослин.

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд тривалість періоду «сходи – цвітіння качанів» у варіантах без удобрення становила 63 доби для всіх густот стояння. У той же час за застосування мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ спостерігалось скорочення тривалості цього періоду до 61 доби, що на 2 доби (3,17 %) менше у порівнянні з контролем. При підвищенні норми добрив до $N_{60}P_{60}K_{60}$ період скоротився до 59 діб, що на 4 доби (6,35 %) менше за контрольні показники. Це скорочення можна пояснити стимулювальним впливом добрив на ріст і розвиток рослин, що дозволяє їм швидше досягати фаз генеративного розвитку.

Середньоранній гібрид ДМС Прайм демонструє схожу тенденцію, однак його реакція на підвищення доз удобрення була менш вираженою. У контрольних варіантах без удобрення тривалість періоду «сходи – цвітіння качанів» становила 65 діб. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ цей показник скоротився до 64 діб, що становить різницю у 1 добу (1,54 %). У варіантах з $N_{60}P_{60}K_{60}$ тривалість періоду зменшилася ще на 1 добу і становила 63 доби, що на 2 доби (3,08 %) менше за контроль. Менш виражений ефект зумовлений, ймовірно, генетичними особливостями гібриду та адаптивними властивостями до умов вирощування.

Таблиця 3.2

Тривалість періоду «сходи – цвітіння качанів» рослин кукурудзи залежно від густоти стояння та удобрення за 2022–2024 рр., діб

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густота стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	середнє
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	1. без добрив	30	50	49	53	50,6
		40	50	49	53	50,6
		50	50	50	54	51,3
		60	51	50	54	51,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	49	49	52	50,0
		40	50	49	53	50,6
		50	50	49	53	50,6
		60	50	50	54	51,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	48	48	51	49,0
		40	49	49	52	50,0
		50	49	49	53	50,3
		60	50	49	53	50,6
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	1. без добрив	30	52	51	55	52,6
		40	52	51	55	52,6
		50	52	52	56	53,3
		60	53	52	56	53,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	51	51	54	52,0
		40	52	51	55	52,6
		50	52	51	55	52,6
		60	52	52	56	53,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	49	50	53	51,0
		40	51	51	54	52,0
		50	51	51	55	52,3
		60	52	51	55	52,6
ДМС 3015 (середньостиглий)	1. без добрив	30	53	52	56	53,6
		40	53	51	56	53,6
		50	53	53	57	54,3
		60	54	53	57	54,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	52	52	55	53,0
		40	53	52	56	53,6
		50	53	52	56	53,6
		60	53	53	57	54,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	51	51	54	52,0
		40	52	52	55	53,0
		50	52	52	56	53,3
		60	53	52	56	53,6
ДМС ШАТЛ (середньопізній)	1. без добрив	30	56	55	59	56,6
		40	56	54	59	53,6
		50	56	56	60	57,3
		60	57	56	60	57,6

Продовження таблиці 3.2

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густота стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	середнє
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	55	55	58	56,0
		40	56	55	59	56,6
		50	56	55	59	56,6
		60	56	56	60	57,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	54	54	57	55,0
		40	56	55	58	55,0
		50	56	55	59	56,3
		60	56	55	59	56,6
НІР _{0,5} , діб, для гібриду (фактор А)			0,8	0,9	0,8	-
для добрив (фактор В)			0,9	1,0	0,9	-
для густоти (фактор С)			0,9	1,0	1,0	-
для взаємодії факторів (ABC)			1,0	1,1	1,2	-

Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 період «сходи – цвітіння качанів» у контрольних варіантах складав 68 діб. Внесення добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀ скоротило цей показник до 66 діб, що на 2 доби (2,94 %) менше, а за внесення N₆₀P₆₀K₆₀ – до 65 діб, що на 3 доби (4,41 %) коротше у порівнянні з контролем. Подібний ефект можна пояснити тим, що добрива забезпечують рослини оптимальним рівнем поживних речовин, необхідних для формування генеративних органів, скорочуючи тим самим тривалість періоду вегетативного росту.

Середньопізній гібрид ДМС Шатл також продемонстрував скорочення тривалості фази «сходи – цвітіння качанів» під впливом добрив. У варіантах без удобрення цей показник становив 70 діб. Застосування N₃₀P₃₀K₃₀ зменшило тривалість до 68 діб, що на 2 доби (2,86 %) менше, тоді як внесення N₆₀P₆₀K₆₀ скоротило цей період до 67 діб, тобто на 3 доби (4,29 %) у порівнянні з контролем. Генетична тривалість вегетації середньопізніх гібридів обумовлює меншу чутливість до добрив у порівнянні з ранньостиглими формами, проте їх ефективність у скороченні фаз розвитку все ж є очевидною.

Розбіжності між варіантами пояснюються, в першу чергу, рівнем забезпечення рослин макроелементами, що впливають на фізіологічні процеси та швидкість переходу рослин від вегетативного росту до

генеративного розвитку. Крім того, адаптивні властивості гібридів кукурудзи до різних умов вирощування відіграють важливу роль у диференційованій реакції на удобрення. Таким чином, застосування мінеральних добрив дозволяє значно оптимізувати процеси росту і розвитку кукурудзи, скорочуючи тривалість окремих фаз вегетації, що в підсумку позитивно впливає на строки досягання та врожайність.

Схожі результати, як і на попередніх етапах росту та розвитку, було отримано під час вивчення періоду «сходи – фізіологічна стиглість», причому така закономірність спостерігалася як у середньому за період 2022–2024 років, так і в кожному окремому році дослідження (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Тривалість періоду «сходи – фізіологічна стиглість» рослин кукурудзи залежно від густоти стояння та удобрення за 2022–2024 роки, діб

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобреньня (фактор В)	Густина стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	Середнє
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	1. без добрив	30	110	109	113	110,6
		40	110	109	113	110,6
		50	110	110	114	111,3
		60	111	110	114	111,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	109	109	112	110,0
		40	110	109	113	110,6
		50	110	109	113	110,6
		60	110	110	114	111,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	108	108	111	109,0
		40	109	109	112	110,0
		50	109	109	113	110,3
		60	110	109	113	110,6
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	1. без добрив	30	112	111	115	112,6
		40	112	111	115	112,6
		50	112	112	116	113,3
		60	113	112	116	113,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	111	111	114	112,0
		40	112	111	115	112,6
		50	112	111	115	112,6
		60	112	112	116	113,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	109	110	113	111,0
		40	111	111	114	112,0
		50	111	111	115	112,3
		60	112	111	115	112,6

Продовження таблиці 3.3

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густота стояння рослин тис/га (фактор С)	Роки досліджень			
			2022	2023	2024	Середнє
ДМС 3015 (середньостиглий)	1. без добрив	30	113	112	116	113,6
		40	311	111	116	113,6
		50	113	113	117	114,3
		60	114	113	117	114,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	112	112	115	113,0
		40	113	112	116	113,6
		50	113	112	116	113,6
		60	113	113	117	114,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	111	111	114	112,0
		40	112	112	115	113,0
		50	112	112	116	113,3
		60	111	112	116	113,6
ДМС ШАТЛ (середньопізній)	1. без добрив	30	116	115	119	116,6
		40	116	114	119	113,6
		50	116	116	120	117,3
		60	117	116	120	117,6
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	511	115	118	116,0
		40	116	115	119	116,6
		50	116	115	119	116,6
		60	116	116	120	117,3
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	114	114	117	115,0
		40	116	115	118	115,0
		50	116	115	119	116,3
		60	116	115	119	116,6
NIP _{0,5} , діб, для гібриду (фактор А)			1,0	1,2	1,2	-
для добрив (фактор В)			0,9	1,3	1,0	-
для густоти (фактор С)			1,0	1,2	1,1	-
для взаємодії факторів (ABC)			1,2	1,4	1,3	-

Тривалість періоду «сходи – фізіологічна стиглість» рослин кукурудзи значною мірою залежала від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення, що проявилось як у середньому за три роки досліджень (2022–2024), так і за кожен окремий рік. Аналіз таблиці дозволяє виявити закономірності впливу досліджуваних факторів на тривалість вегетаційного періоду.

Для гібриду ДМС Лорд, який належить до ранньостиглих, у варіантах без застосування добрив середня тривалість вегетації при густоті 30 тис./га становила 110,6 діб. Зі збільшенням густоти до 60 тис./га цей показник зріс до 111,6 діб, що на 1 добу більше, або на 0,9% у відносному вираженні. Застосування добрив у нормі

$N_{30}P_{30}K_{30}$ дещо зменшило тривалість вегетації, особливо при густоті 30 тис./га, де вона склала 110,0 діб, що на 0,6 діб менше, ніж без добрив (зменшення на 0,54%). При нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ середня тривалість вегетації ще більше скоротилася – до 109,0 діб за густоти 30 тис./га, що на 1,6 діб (1,44%) менше порівняно з контролем.

Схожі тенденції спостерігалися у середньораннього гібриду ДМС Прайм. У варіанті без добрив середня тривалість вегетації при густоті 30 тис./га становила 112,6 діб. Зі збільшенням густоти до 60 тис./га цей показник зріс до 113,6 діб (різниця в 1 добу, або 0,89%). Застосування добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$) також призвело до скорочення тривалості вегетації до 112,0 діб за густоти 30 тис./га, що на 0,6 діб менше, ніж у варіанті без добрив (зменшення на 0,53%). Норма $N_{60}P_{60}K_{60}$ спричинила ще більше скорочення вегетаційного періоду – до 111,0 діб за тієї ж густоти, що на 1,6 діб (1,42%) менше порівняно з контролем.

У середньостиглого гібриду ДМС 3015 середня тривалість вегетації у контрольному варіанті при густоті 30 тис./га становила 113,6 діб, а при густоті 60 тис./га зросла до 114,6 діб (збільшення на 1 добу, або 0,88%). Використання добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило скоротити вегетаційний період до 113,0 діб за густоти 30 тис./га (на 0,6 діб або 0,53% менше порівняно з контролем). При нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ тривалість періоду зменшилася ще більше – до 112,0 діб за густоти 30 тис./га, що на 1,6 діб (1,41%) менше відносно контрольного варіанту.

Середньопізній гібрид ДМС Шатл мав найтриваліший вегетаційний період серед досліджуваних гібридів. У контрольному варіанті середня тривалість за густоти 30 тис./га становила 116,6 діб, а за густоти 60 тис./га зросла до 117,6 діб (збільшення на 1 добу, або 0,86%). Застосування добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ скоротило вегетацію до 116,0 діб за густоти 30 тис./га, що на 0,6 діб (0,51%) менше, ніж у контролі. При нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ тривалість зменшилася до 115,0 діб за густоти 30 тис./га, що на 1,6 діб (1,37%) менше порівняно з контрольним варіантом.

Отже, тривалість періоду «сходи – фізіологічна стиглість» кукурудзи залежала від густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення. Зростання густоти стояння сприяло незначному збільшенню тривалості вегетації, тоді як

застосування добрив, особливо у високих нормах, зменшувало цей період завдяки прискоренню фізіологічних процесів у рослинах.

Висота рослин кукурудзи для гібриду ДМС Лорд у варіанті без добрив за густоти 30 тис/га становила 189 см. За густоти 40 тис/га висота збільшилася до 196 см, що становить приріст на 7 см, або 3,7%. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ при густоті 30 тис/га висота досягла 223 см, що на 34 см більше (або 18%) у порівнянні з варіантом без добрив. У цьому ж варіанті удобрення за густоти 40 тис/га висота становила 225 см, що на 2 см більше, ніж при густоті 30 тис/га. При застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальна висота досягала 228 см за густоти 40 тис/га, що на 39 см (або 20,6%) перевищує контрольний варіант без добрив (табл. 3.4, рис. 3.1).

Для гібриду ДМС Прайм у варіанті без добрив висота рослин змінювалася від 224 см за густоти 30 тис/га до 206 см за густоти 60 тис/га, тобто спостерігалось зменшення на 18 см, що становить 8%. За застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ висота рослин була максимальною при густоті 60 тис/га і досягала 229 см, що на 23 см більше (або 11,2%) порівняно з контролем. У варіанті з $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальне значення висоти (237 см) спостерігалось при густоті 40 тис/га, що перевищує контроль на 33 см (або 16,4%).

Гібрид ДМС 3015 характеризується поступовим збільшенням висоти рослин із підвищенням рівня мінерального живлення. У варіанті без добрив висота варіювалася від 225 см до 229 см залежно від густоти стояння. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило досягти максимального значення висоти 231 см за густоти 40 тис/га, що на 6 см (або 2,6%) більше порівняно з варіантом без добрив. У варіанті з $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота рослин становила 234 см при густоті 40 тис/га, що на 9 см (або 4%) перевищує контроль.

Гібрид ДМС Шатл показав найвищі результати серед усіх представлених. У варіанті без добрив висота знижувалася від 239 см при густоті 30 тис/га до 225 см при густоті 60 тис/га, що становить зменшення на 14 см (або 5,9%). Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило досягти максимального значення висоти 247 см за густоти 40 тис/га, що на 22 см (або 9,8%) більше

порівняно з контролем. У варіанті з N₆₀P₆₀K₆₀ висота рослин досягала 244 см при густоті 30 тис/га, що перевищує контроль на 5 см (або 2%).

Табл. 3.4

Біометричні показники рослин кукурудзи в залежності від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення за 2022–2024 роки

Біометричні показники	Густота стояння рослин, тис./га (фактор С)	Гібрид кукурудзи (фактор А) та їх удобрення (фактор В)											
		Ранньостиглий ДМС Лорд			Середньоранній ДМС Прайм			Середньостиглий ДМС 3015			Середньопізній ДМС Шатл		
		без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Висота рослин см	30	189	223	223	224	220	228	225	229	233	239	245	244
	40	196	225	228	219	223	237	228	231	234	238	247	242
	50	190	219	223	215	227	229	234	228	230	230	238	239
	60	193	216	222	206	229	219	229	229	225	225	235	230
Висота прикріплення качана, см	30	70	84	79	81	89	89	83	89	82	90	93	90
	40	74	81	78	87	89	87	85	87	86	95	92	93
	50	72	86	82	92	92	89	89	88	88	98	94	89
	60	79	89	83	90	89	84	87	85	85	96	92	85
Діаметр стебла, мм	30	32	33	33	36	37	36	33	39	38	42	43	43
	40	31	32	35	37	38	38	35	40	40	41	42	41
	50	33	33	35	39	39	38	37	39	40	40	42	43
	60	31	33	32	36	39	35	33	38	38	38	40	40
Довжина листків, см	30	79	79	82	80	83	77	83	87	85	89	83	85
	40	81	77	85	78	82	79	85	88	87	85	85	80
	50	79	74	79	87	83	83	86	83	84	86	86	89
	60	77	76	83	83	85	82	87	82	83	85	87	81
Площа листків з рослини, см ²	30	3870	3870	3960	3900	3990	3810	3990	4110	4050	4170	3990	4050
	40	3930	3810	4050	3840	3960	3870	3950	4140	4110	4050	4050	4100
	50	3870	3820	3870	4110	3990	3990	4080	3990	4020	4080	4080	4170
	60	3810	3780	3990	3990	4050	3960	4110	3960	3990	4050	4110	3930
NP _{0,5} , для гібриду (А) для добрив (В) для густоти (С) для взаємодії (АВС)	для висота рослин, см		для висоти прикріплення качана, см			для діаметра стебла, мм			для довжини листків, см				
	3,2		4,5			4,7			5,8				
	4,3		5,1			4,0			4,4				
	2,5		4,4			3,7			4,1				
4,8		5,5			5,3			6,2					

Висота рослин залежно від удобрення та густоти стояння

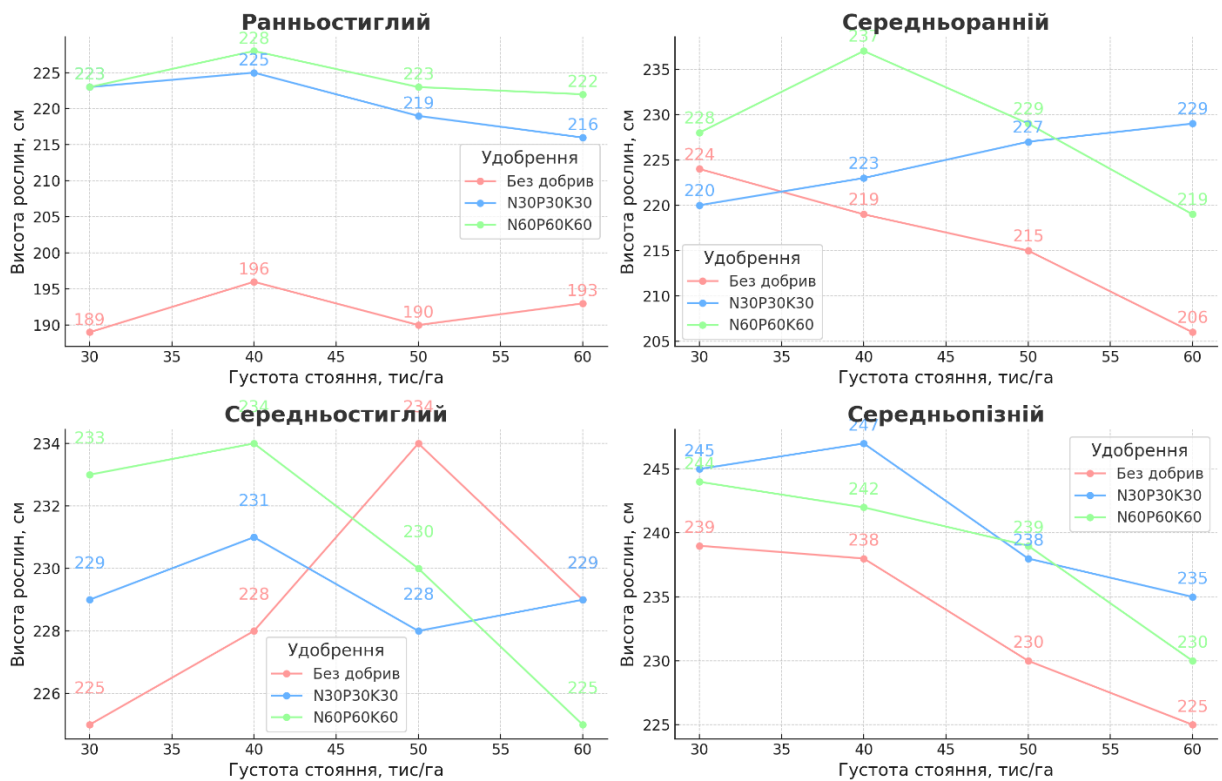


Рис. 3.1. Висота рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр., см

Загальні тенденції показують, що внесення мінеральних добрив позитивно впливає на висоту рослин кукурудзи, збільшуючи цей показник у середньому на 10–20% порівняно з варіантом без добрив. Оптимальна густина стояння для більшості гібридів становить 30–40 тис/га, при цьому подальше збільшення густоти призводить до зниження висоти рослин, що пояснюється конкуренцією за ресурси, зокрема світло, вологу та поживні речовини. Найвищий ефект спостерігався при застосуванні добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$, що забезпечило оптимальний баланс між рівнем живлення і густотою посіву.

На рисунку 3.2 зображено залежність висоти прикріплення качана у рослин кукурудзи від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. Дані представлені для чотирьох гібридів: ДМС Лорд, ДМС Прайм, ДМС 3015 і ДМС Шатл. Висота прикріплення качана змінюється залежно від

варіанта удобрення та густоти, при цьому спостерігаються суттєві відмінності між гібридами та рівнями живлення.

Гібрид ДМС Лорд у варіанті без добрив мав найнижчу висоту прикріплення качана, яка становила 70 см за густоти 30 тис/га. При густоті 50 тис/га висота прикріплення зростає до 74 см, що на 4 см (або 5,7%) більше. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило підвищити висоту прикріплення до 84 см при густоті 30 тис/га, що на 14 см (або 20%) більше порівняно з контролем. У варіанті з $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальна висота становила 89 см за густоти 60 тис/га, що перевищує контрольний варіант на 19 см (або 27,1%).

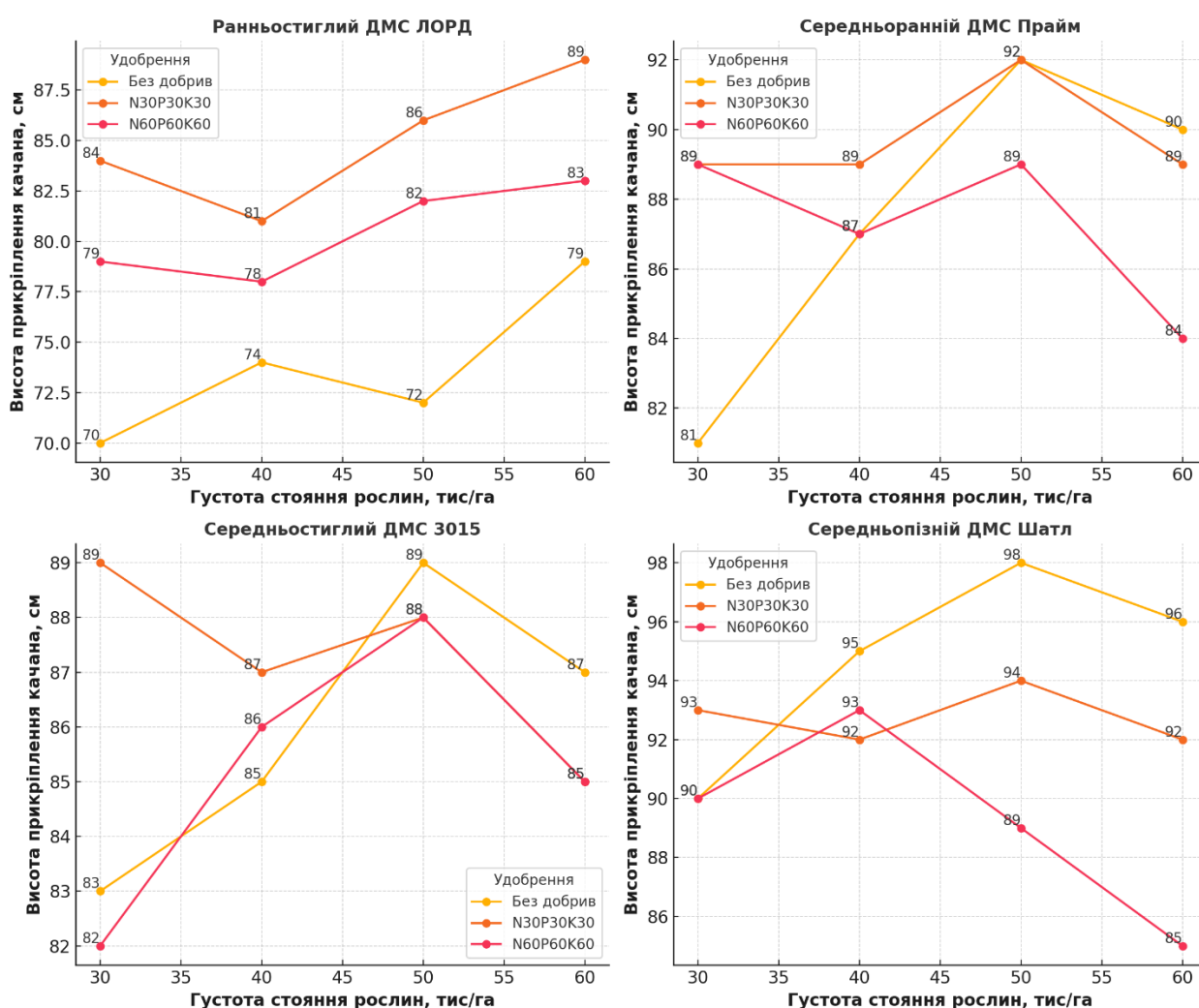


Рис. 3.2. Висота прикріплення качана у рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр., см

Для гібриду ДМС Прайм у варіанті без добрив висота прикріплення качана варіювалася від 81 см при густоті 30 тис/га до 90 см при густоті 50 тис/га, що становить приріст на 9 см (або 11,1%). Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило максимальну висоту 92 см за густоти 50 тис/га, що на 11 см (або 13,6%) більше порівняно з контролем. При внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота досягала 89 см за густоти 30–50 тис/га, що свідчить про стабільний вплив цього рівня удобрення.

Гібрид ДМС 3015 у варіанті без добрив показав висоту прикріплення качана від 83 см при густоті 30 тис/га до 89 см при густоті 50 тис/га, що на 6 см (або 7,2%) більше. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило досягти максимального значення 88 см за густоти 40 тис/га, що на 5 см (або 6%) перевищує контроль. У варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота зростає до 90 см при густоті 40 тис/га, що перевищує контроль на 7 см (або 8,4%).

Гібрид ДМС Шатл продемонстрував найвищі значення висоти прикріплення качана. У варіанті без добрив цей показник досягав 90 см при густоті 50 тис/га, що на 5 см (або 5,9%) більше порівняно з густотою 30 тис/га. При внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ максимальна висота досягала 95 см за густоти 50 тис/га, що на 10 см (або 11,8%) більше за контроль. У варіанті з $N_{60}P_{60}K_{60}$ висота становила 93 см за густоти 50 тис/га, що на 8 см (або 9,4%) перевищує контроль.

Отримані результати вказують на те, що внесення мінеральних добрив позитивно впливає на висоту прикріплення качана у кукурудзи. Найвищі показники досягаються при застосуванні $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$, причому вплив першого варіанта є найбільш вираженим у більшості випадків. Підвищення густоти стояння сприяє збільшенню висоти прикріплення качана до певного оптимального рівня (40–50 тис/га), після чого відмічається стабілізація або навіть зниження цього показника, що обумовлено конкуренцією рослин за ресурси.

Діаметр стебел кукурудзи залежно від густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 роки наведений на

рисунку 3.3. Тут гібрид ДМС Лорд у варіанті без добрив демонструє мінімальний діаметр стебла, який становив 36 мм за густоти 30 тис/га, але поступово знижувався до 34 мм при густоті 50 тис/га і 32 мм при 60 тис/га. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило збільшення діаметра стебла до 40 мм при густоті 30 тис/га, що на 4 мм (або 11,1%) більше, ніж у контрольному варіанті. У варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ діаметр стебла досягнув 42 мм за густоти 30 тис/га, перевищуючи контроль на 6 мм (або 16,7%), однак при густоті 60 тис/га цей показник зменшився до 38 мм.

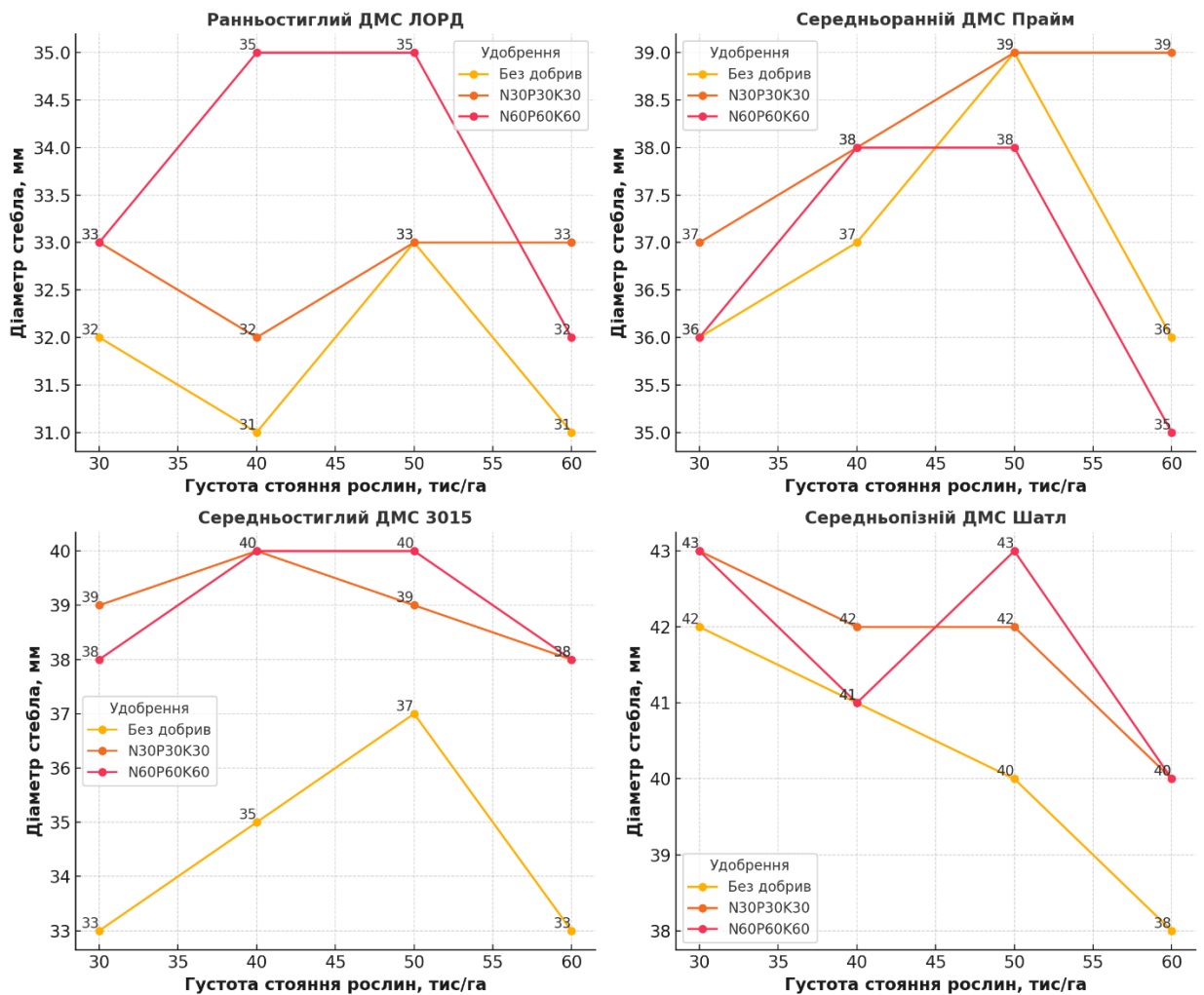


Рис. 3.3. Діаметр стебел у рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр., см

Для гібрида ДМС Прайм без добрив діаметр стебла становив 34 мм при густоті 30 тис/га, поступово знижуючись до 32 мм при густоті 60 тис/га.

Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило збільшення діаметра стебла до 38 мм при густоті 30 тис/га, що на 4 мм (або 11,8%) більше, ніж у контролі. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ дозволило досягти максимальної величини 40 мм при густоті 30 тис/га, що на 6 мм (або 17,6%) більше, ніж без добрив.

Гібрид ДМС 3015 у варіанті без добрив мав діаметр стебла 32 мм при густоті 30 тис/га. При збільшенні густоти до 60 тис/га діаметр зменшувався до 30 мм. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило підвищити діаметр до 36 мм за густоти 30 тис/га, що на 4 мм (або 12,5%) більше відносно контролю. У варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ діаметр досягав 38 мм при густоті 30 тис/га, що на 6 мм (або 18,8%) більше, але при густоті 60 тис/га спостерігалось зменшення до 34 мм.

Гібрид ДМС Шатл показав найвищі значення діаметра стебла. У варіанті без добрив діаметр становив 38 мм при густоті 30 тис/га, зменшуючись до 36 мм при густоті 60 тис/га. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило максимальний діаметр 42 мм при густоті 30 тис/га, що на 4 мм (або 10,5%) більше порівняно з контролем. У варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ діаметр залишався на рівні 42 мм за густоти 30–40 тис/га, однак зменшувався до 38 мм при густоті 60 тис/га.

Отримані дані свідчать, що збільшення густоти стояння рослин призводить до зменшення діаметра стебел через зростаючу конкуренцію за поживні речовини, світло та вологу. Застосування мінеральних добрив, особливо у вигляді $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$, значно покращує показники діаметра стебла, що пов'язано з покращенням живлення рослин. Найвищі значення спостерігалися за низької густоти стояння, що свідчить про оптимізацію умов для розвитку рослин.

Визначення кількості листків у кукурудзи показало значні відмінності як між гібридами так і дією добрив та густотою стояння рослин (рис. 3.4). Аналіз даних показує, що із збільшенням густоти стояння рослин спостерігається загальна тенденція до зменшення кількості листків у більшості варіантів. Це пов'язано з посиленням конкуренції між рослинами за

основні ресурси, такі як світло, вода та поживні речовини. Наприклад, у гібрида ДМС Лорд без внесення добрив при густоті стояння 30 тис./га кількість листків становила 19,5, а при густоті 60 тис./га зменшилася до 19,0. Така закономірність є типовою для рослин, які реагують на збільшення густоти зниженням інтенсивності росту та кількості фотосинтетичних органів.

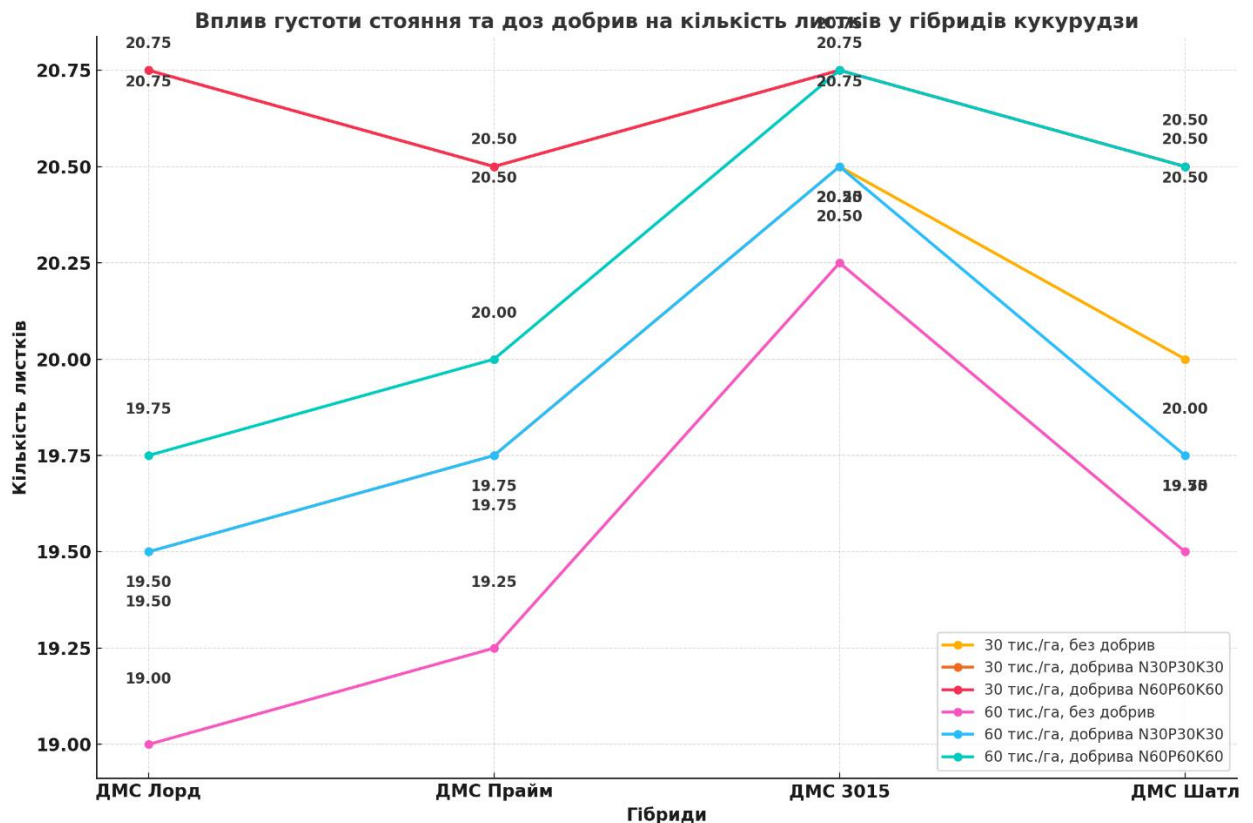


Рис. 3.4 Зміна кількості листків у різних гібридів кукурудзи під дією густоти стояння рослин та удобренняв середньому за 2022–2024 рр.

Внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ позитивно впливає на кількість листків у всіх досліджуваних гібридів порівняно з контролем, незалежно від густоти стояння. У гібрида ДМС Лорд при густоті 30 тис./га кількість листків без добрив становила 19,5, тоді як за удобрення зросла до 20,25, що відповідає приросту на 0,75 листка або 3,85%. У гібрида ДМС Прайм кількість листків збільшилася на 0,75 листка або 3,80%, у гібрида ДМС 3015 – на 0,25 листка або 1,22%, а у гібрида ДМС Шатл – на 0,5 листка або 2,5%. Зростання кількості листків під впливом добрив свідчить про підвищення фізіологічної

активності рослин завдяки покращенню умов живлення, що дозволяє максимально реалізувати їхній генетичний потенціал.

Гібрид ДМС Лорд продемонстрував найбільший абсолютний приріст кількості листків (0,75 листка) при внесенні добрив, що свідчить про його високу чутливість до покращення умов живлення. Максимальне відносне зростання (3,85%) також спостерігалось у цього гібрида, що робить його перспективним для вирощування у системах із застосуванням мінеральних добрив.

Збільшення густоти стояння рослин до 60 тис./га призводило до зниження кількості листків навіть за внесення добрив, що вказує на необхідність оптимізації густоти для кожного гібрида залежно від умов вирощування. Наприклад, у гібрида ДМС Шатл при густоті 60 тис./га кількість листків за внесення добрив була меншою, ніж при густоті 30 тис./га, що демонструє важливість врахування взаємодії між густотою та рівнем живлення.

У гібрида ДМС Лорд за густоти стояння 30 тис./га внесення добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ кількість листків збільшувалася до 20,75, що становить приріст на 1,25 листка або 6,41% порівняно з контролем і на 0,5 листка або 2,47% порівняно з дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$. Аналогічну тенденцію можна спостерігати у всіх інших гібридів. У гібрида ДМС Прайм кількість листків збільшилася до 20,5, що на 1 листок (5,13%) більше, ніж у контролі, і на 0,25 листка (1,23%) більше, ніж за дози $N_{30}P_{30}K_{30}$. У гібридів ДМС 3015 та ДМС Шатл також виявлена така ж тенденція зростання кількості листків на 0,5–0,75 листка залежно від густоти стояння рослин.

Водночас за внесення підвищених доз добрив слід враховувати ймовірність зниження ефективності через перенасичення ґрунту поживними речовинами або можливе посилення конкуренції між рослинами при високій густоті стояння (60 тис./га). Це особливо важливо для менш адаптивних гібридів, таких як ДМС 3015, де ефект від збільшення дози добрив може бути менш вираженим.

Таким чином, внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує збільшення кількості листків у кукурудзи, що є свідченням кращого розвитку рослин. Найкращий ефект спостерігається при середніх густотах стояння (30–40 тис./га), що дозволяє рослинам уникнути конкуренції за ресурси та ефективно використовувати доступні поживні речовини. Гібриди ДМС ЛОРД та ДМС Прайм продемонстрували найвищу чутливість до удобрення, що свідчить про їхню перспективність для вирощування за інтенсивної технології. Оптимізація густоти стояння та систем удобрення дозволить забезпечити високий рівень продуктивності кукурудзи в конкретних умовах вирощування.

Як показали результати досліджень визначення довжини листків кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення вони суттєво залежать від зазначених показників та представлені на рисунку 3.5.

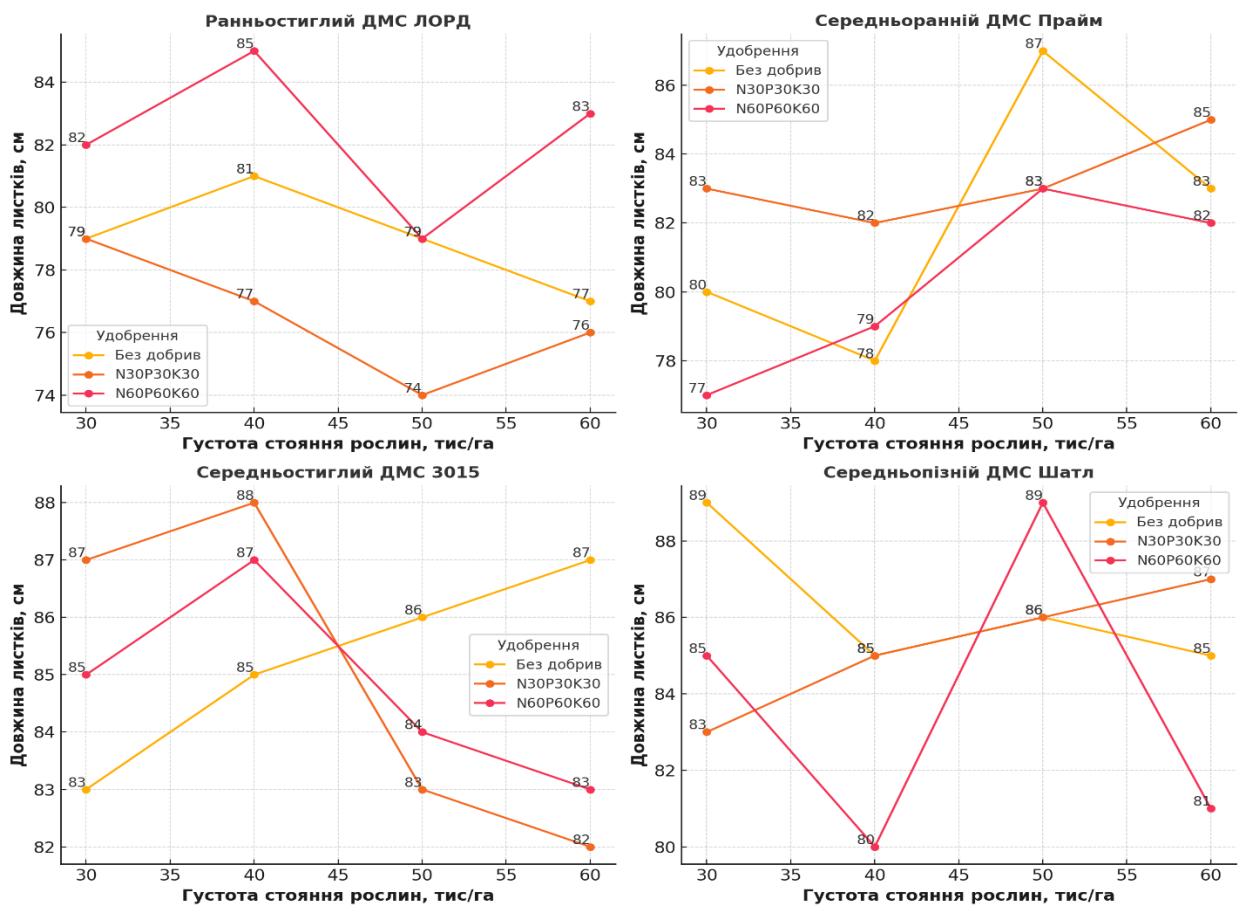


Рис. 3.5. Довжина литсків у рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр., см

Гібрид ДМС Лорд без добрив демонструє довжину листка 80 см за густоти 30 тис/га, яка зменшується до 78 см при густоті 60 тис/га. Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшило довжину листків до 86 см при густоті 30 тис/га, що на 6 см (або 7,5%) більше, ніж у контролі. Варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ дозволив досягти максимальної довжини 88 см за густоти 30 тис/га, що перевищує контрольний варіант на 8 см (або 10%). Проте при густоті 60 тис/га довжина зменшується до 84 см, що свідчить про вплив густоти на зниження цього показника.

Гібрид ДМС Прайм без добрив має довжину листків 78 см при густоті 30 тис/га. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищило довжину до 84 см, що на 6 см (або 7,7%) більше порівняно з контролем. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило максимальну довжину 86 см при густоті 30 тис/га, що на 8 см (або 10,3%) більше відносно контролю, але за густоти 60 тис/га цей показник знизився до 80 см.

У гібрида ДМС 3015 без добрив довжина листків становила 76 см при густоті 30 тис/га, поступово зменшуючись до 74 см при густоті 60 тис/га. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ дозволило досягти довжини 82 см при густоті 30 тис/га, що на 6 см (або 7,9%) більше, ніж у контролі. При застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}$ довжина зростала до 84 см при густоті 30 тис/га, перевищуючи контрольний варіант на 8 см (або 10,5%).

Гібрид ДМС Шатл показує найбільшу варіативність довжини листків. У варіанті без добрив довжина становила 82 см при густоті 30 тис/га, знижуючись до 78 см при густоті 60 тис/га. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшило довжину до 88 см, що на 6 см (або 7,3%) більше порівняно з контролем. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ дозволило досягти максимального значення 90 см за густоти 30 тис/га, що перевищує контроль на 8 см (або 9,8%), однак при густоті 60 тис/га довжина зменшилася до 84 см.

Загальна тенденція демонструє, що довжина листків зменшується зі збільшенням густоти стояння рослин, що пов'язано зі зростаючою конкуренцією між рослинами за ресурси. Застосування мінерального

живлення позитивно впливає на показник довжини листків, особливо у варіантах із внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$, які сприяють підвищенню інтенсивності росту та розвитку рослин. Оптимальними умовами для забезпечення максимальної довжини листків є поєднання помірної густоти стояння та достатнього рівня мінерального живлення.

Приблизно такі ж тенденції відмічені при обліку площі листків. Так, у варіанті із гібридом ДМС Лорд без добрив, площа листків становила 3870 cm^2 за густоти 30 тис/га і залишалася на тому ж рівні за густоти 50 тис/га, але зменшилася до 3810 cm^2 при густоті 60 тис/га. При внесенні добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$) площа листків дещо збільшувалася порівняно із контролем (на 60 cm^2 або 1,55% за густоти 40 тис/га), але при 60 тис/га площа зменшилася до 3780 cm^2 , що на 30 cm^2 (0,79%) менше, ніж на контролі. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ призвело до значного збільшення площі листків, наприклад, при густоті 40 тис/га різниця становила 120 cm^2 (3,05%) порівняно із контролем (рис. 3.6).

Гібрид ДМС Прайм показав стабільну площу листків при густоті 30 тис/га без добрив (3900 cm^2), але зі зростанням густоти до 50 тис/га площа збільшилася до 4110 cm^2 (+210 cm^2 або 5,38%). У разі внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, площа листків була вищою при густоті 30 тис/га на 90 cm^2 (2,31%) порівняно із контролем, а при густоті 60 тис/га спостерігалось збільшення на 60 cm^2 (1,5%). Удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ призвело до найменшої площі листків серед усіх варіантів, зокрема, при густоті 30 тис/га площа становила 3810 cm^2 , що на 90 cm^2 (2,31%) менше, ніж у контролі.

ДМС 3015 мав найбільшу площу листків при густоті 50 тис/га та $N_{30}P_{30}K_{30}$, що становило 4110 cm^2 , та було на 120 cm^2 (3%) більше, ніж без добрив. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ площа листків зменшувалася на всіх густотах, наприклад, при 60 тис/га вона становила 3990 cm^2 , що на 120 cm^2 (2,92%) менше, ніж у варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$.

ДМС Шатл демонстрував найбільшу площу листків серед усіх гібридів. На варіанті без добрив вона становила 4170 cm^2 при густоті 30 тис/га. Зі збільшенням густоти до 60 тис/га площа зменшувалася до 4050 cm^2 (-120 cm^2

або 2,88%). Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшувало площу листків до 4110 см^2 при густоті 60 тис/га, що на 60 см^2 (1,5%) більше, ніж на контролі. Удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло значному зменшенню площі листків, особливо при густоті 60 тис/га, де вона становила 3930 см^2 , що на 120 см^2 (3,05%) менше, ніж у контролі.

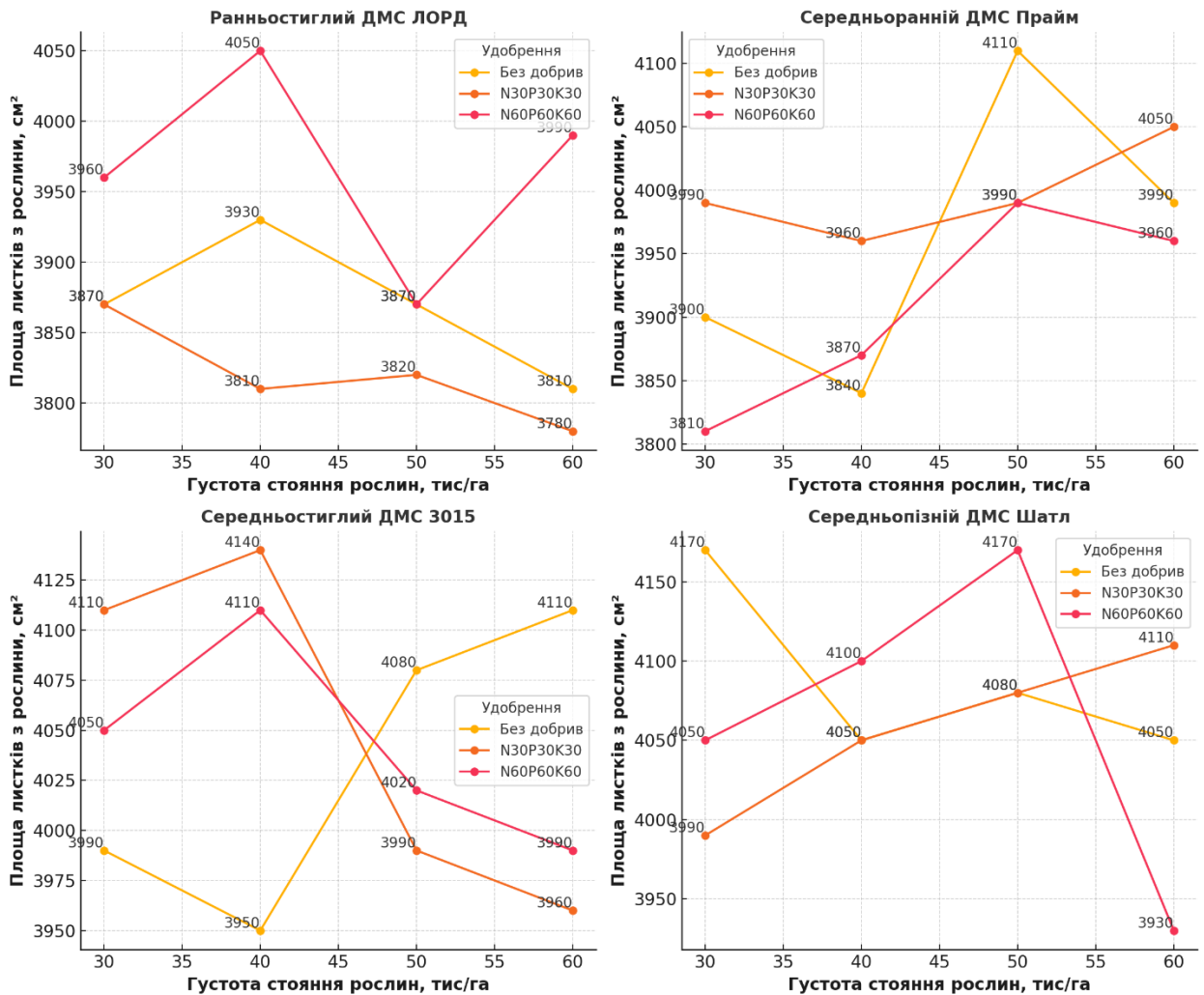


Рис. 3.6. Площа листків однієї рослини кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр., см^2

Різниця між варіантами зумовлена впливом добрив на ріст рослин і їхню здатність утримувати більшу площу листків за різних умов густоти. Внесення добрив стимулює розвиток рослин, але за надмірної густоти або високих доз добрив ефективність їх використання зменшується через конкуренцію за світло, воду та поживні речовини. Це особливо помітно у

варіантах з $N_{60}P_{60}K_{60}$, де площа листків зазвичай менша, ніж у варіантах з $N_{30}P_{30}K_{30}$ або без добрив.

Отже, результати дослідження свідчать про значний вплив як густоти стояння, так і рівня мінерального живлення на всі розглянуті морфометричні показники. За густоти стояння рослин у межах 30–60 тис/га спостерігається загальне зниження значень висоти рослин, діаметра стебла, довжини листків і висоти прикріплення качана, що є наслідком підвищеної конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини. У той же час, застосування мінеральних добрив дозволяє частково компенсувати негативний вплив високої густоти завдяки покращенню забезпечення рослин необхідними елементами живлення.

Зокрема, для всіх досліджуваних гібридів було відзначено, що внесення добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяє збільшенню висоти рослин, висоти прикріплення качана, діаметра стебла та довжини листків. Максимальні показники спостерігалися у варіантах із внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ за густоти стояння 30–40 тис/га, що дозволяє стверджувати про доцільність використання підвищеного рівня мінерального живлення для забезпечення інтенсивного росту та розвитку рослин.

Зменшення морфометричних показників при високій густоті (50–60 тис/га) навіть за умов внесення добрив вказує на те, що конкуренція за ресурси значно перевищує позитивний ефект від мінерального живлення. Особливо це помітно для таких параметрів, як діаметр стебла та довжина листків, які найбільш чутливі до змін у густоті стояння.

Таким чином, отримані закономірності дозволяють рекомендувати оптимальну густоту стояння в межах 30–40 тис/га у поєднанні з внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ або $N_{60}P_{60}K_{60}$ для забезпечення максимальної реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи. Це дає можливість досягти найкращих результатів з точки зору якості стеблостою, фотосинтетичної активності листового апарату та загальної стійкості рослин до несприятливих умов.

3.2. Зміна вмісту хлорофілу в листках кукурудзи під дією елементів технології її вирощування

Одним із ключових факторів, який значно впливає на вміст хлорофілу в листовому апараті та врожайність кукурудзи, є встановлення оптимальної густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення [175–180]. Ця проблема є надзвичайно актуальною, оскільки до Державного реєстру сортів рослин України в останні роки було внесено багато нових гібридів різних груп стиглості, для яких ці параметри ще не визначені з урахуванням специфічних умов вирощування в певних зонах [180, 181]. Для досягнення високого вмісту хлорофілу, максимальної врожайності та раціонального використання ресурсів важливо встановити оптимальні параметри густоти стояння для кожного нового гібриду. Це підкреслює необхідність підвищеної уваги до факторів густоти посівів та удобрення кукурудзи, щоб забезпечити високу продуктивність культури в умовах Степу [182–185].

Густота стояння рослин безпосередньо впливає на вміст хлорофілу та продуктивність кукурудзи, оскільки визначає рівень конкуренції між рослинами за світло, воду та поживні речовини. Зменшення густоти створює умови, за яких рослини отримують більше ресурсів і мають змогу формувати більші качани, що підвищує продуктивність кожної окремої рослини. Однак за таких умов загальна кількість рослин на площі зменшується, що може негативно вплинути на врожайність у цілому. З іншого боку, збільшення густоти посіву посилює конкуренцію за ресурси, що знижує вміст хлорофілу, розміри качанів і кількість зерен у кожній рослині. Досягнення балансу між числом рослин і доступними ресурсами є ключовим для забезпечення максимальної врожайності та високої якості продукції. Для цього необхідно враховувати особливості конкретного гібриду, агротехнічні прийоми й умови вирощування [186, 187].

Підвищення густоти стояння рослин сприяє збільшенню загальної врожайності, проте це супроводжується посиленням конкуренції за світло,

воду та елементи живлення. Як наслідок, погіршується стан рослин, зменшується вміст хлорофілу, скорочуються розміри качанів і знижується кількість зерен на кожній рослині, що може негативно вплинути на якість і загальні показники врожаю. У зв'язку з цим правильне визначення оптимальної густоти стояння для кожного гібриду є вирішальним для досягнення високих врожаїв. Цей показник залежить від типу ґрунту, його родючості, забезпеченості вологою, кліматичних умов регіону та технологічних особливостей вирощування.

Аналіз сучасних досліджень демонструє, що оптимальні параметри густоти рослин для кукурудзи визначаються за результатами польових експериментів з урахуванням специфічних агрокліматичних умов. У світовій практиці ці параметри варіюються залежно від зони вирощування. Зокрема, в США оптимальна густина становить 30–40 тис. рослин/га, у Південній Африці – 17,2–20 тис. рослин/га, а в країнах ЄС – 50–75 тис. рослин/га. Ці показники підтверджують необхідність адаптації густоти стояння рослин до локальних умов вирощування, що має базуватися на результатах наукових досліджень [27].

Загущені посіви кукурудзи негативно впливають на процеси фотосинтезу, уповільнюють ріст і розвиток рослин [188]. За даними Маслійова С. В., високі густоти посіву, особливо у ранньостиглих гібридів, прискорюють дозрівання культури [189]. Проте існують розбіжності в результатах досліджень щодо впливу густоти стояння на вміст хлорофілу, фотосинтетичну активність і розвиток рослин. Такі розбіжності пов'язані з різними агротехнічними умовами, ґрунтово–кліматичними характеристиками та біологічними особливостями гібридів. Експериментальні дослідження свідчать, що для степової зони оптимальна густина становить 40–50 тис. рослин/га. Югенхеймер Р. У. зазначає, що регулювання густоти посівів кукурудзи необхідно здійснювати з урахуванням родючості ґрунту та рівня забезпеченості вологою. Підвищення густоти до 86 тис. рослин/га забезпечує приріст врожайності до 48 % [190].

Висока врожайність кукурудзи можлива лише за умови внесення достатньої кількості добрив. Ця культура має здатність ефективно засвоювати поживні речовини завдяки тривалому вегетаційному періоду та активному поглинанню елементів живлення протягом усього циклу розвитку, особливо в період інтенсивного росту (від викидання волоті до цвітіння). Для формування 1 тонни зерна кукурудза поглинає 16–35 кг азоту, 7–13 кг фосфору та 20–35 кг калію [191–193]. Внесення оптимальних норм мінеральних і органічних добрив забезпечує високу продуктивність рослин, адже всі необхідні елементи надходять у стебло через кореневу систему [194]. Ефективне удобрення сприяє підвищенню врожайності та покращенню якості зерна, що підтверджується численними дослідженнями [195, 196]. Таким чином, раціональне поєднання оптимальної густоти стояння та рівня удобрення є вирішальним фактором досягнення високих показників продуктивності кукурудзи [197, 198].

Результати наших досліджень свідчать, що кількість листків у кукурудзи тісно корелює з біологічними характеристиками конкретних гібридів. Спостерігалось поступове збільшення цього показника від ранньостиглого гібрида ДМС Лорд (9,8–10,4 шт./рослину) до середньопізнього ДМС Шатл (12,5–13,5 шт./рослину). При цьому внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості листків на 7,6–10,7 %, що підкреслює важливість удобрення для стимуляції росту листкового апарату.

Найменшу площу листків однієї рослини зафіксовано на контрольному варіанті, де вона становила 319,9–528,8 см². Внесення добрив, зокрема в дозі N₆₀P₆₀K₆₀, забезпечило приріст площі листкової пластинки на 25,4–28,4 %. Разом із тим, у загущених посівах із густотою 60 тис. рослин/га площа листкової поверхні зменшувалася на 7,3–9,2 %, що зумовлено підвищеною конкуренцією між рослинами за світло, вологу та поживні речовини.

Ефективність фотосинтезу значною мірою залежить від площі листкової поверхні: чим більша ця площа, тим більше сонячної енергії може бути поглинуто для фотосинтетичних процесів. Листя, як основний орган

фотосинтезу, визначає продуктивність цього процесу. Збільшення площі листової поверхні забезпечує підвищення ефективності фотосинтезу, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин та формування високого врожаю зерна.

Одним із ключових агротехнічних заходів для максимального використання фотосинтетично активної радіації є прискорення розвитку листової поверхні кукурудзи, особливо на ранніх етапах вегетації. Це досягається за рахунок оптимального удобрення та регулювання густоти стояння рослин залежно від біологічних характеристик гібридів. Застосування мінеральних добрив і дотримання оптимальної густоти сприяють підвищенню вмісту хлорофілу, ефективності фотосинтезу та, відповідно, врожайності.

Дослідження показали, що вміст хлорофілу в листках кукурудзи значною мірою залежить від рівня мінерального живлення та густоти стояння рослин, а також від біологічних особливостей гібридів. Так, рисунок 3.5 і таблиця 3.5 демонструють вплив рівня мінерального живлення та густоти стояння рослин на вміст хлорофілу (SPAD) у листках кукурудзи для гібридів різних груп стиглості, де чітко видно, що внесення мінеральних добрив значно підвищує вміст хлорофілу в листках порівняно з контрольним варіантом (без добрив), причому максимальний приріст спостерігається при внесенні добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Залежно від густоти стояння рослин (30–60 тис./га) та рівня удобрення, різниця у вмісті хлорофілу варіюється як в абсолютних значеннях, так і у відсотковому вираженні (табл. 3.5, рис. 3.7).

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищувало вміст хлорофілу в середньому на 8,2–9,2 одиниць SPAD (15–17%) порівняно з контролем, тоді як при дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ приріст становив 10,2–12 одиниць (18,5–21%). Найвищі показники спостерігалися при густоті стояння рослин 30–40 тис./га, тоді як зі збільшенням густоти до 60 тис./га показники знижувалися, що можна пояснити посиленням конкуренції між рослинами за світло та елементи живлення.

Таблиця 3.5.

Уміст хлорофілу залежно від внесення мінеральних добрив у гібридів різних груп стиглості в 2022–2024 рр. (одиниць SPAD)

Удобрення (фактор В)	Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Гібриди різних груп стиглості (фактор А)			
		ранньостиглий ДМС ЛОРД	середньоранній ДМС Прайм	середньостиглий ДМС 3015	середньопізній ДМС Шатл
1. Без добрив	30	55,4	55,4	55,4	55,4
	40	54,0	53,2	54,2	54,1
	50	52,3	51,3	52,4	52,8
	60	50,6	50,6	50,6	50,6
2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	63,6	66,8	61,6	60,5
	40	62,5	64,5	59,8	58,6
	50	60,3	62,0	57,1	55,1
	60	59,8	60,9	54,0	53,2
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	65,6	69,3	63,1	62,5
	40	63,5	67,2	62,1	60,1
	50	62,1	64,2	60,1	59,2
	60	60,8	63,3	58,3	57,7
NIP _{0,5} , одиниць SPAD, для гібриду (фактор А)					4,4
для добрив (фактор В)					4,7
для густоти (фактор С)					4,5
для взаємодії факторів (ABC)					5,4

Середньоранній гібрид ДМС Прайм демонстрував ще більший приріст хлорофілу. При внесенні N₃₀P₃₀K₃₀ вміст хлорофілу зростав на 9,9–12,3 одиниць SPAD (18–23%) порівняно з контролем, а при N₆₀P₆₀K₆₀ – на 13,5–16 одиниць (24–28%). Це пояснюється підвищеною фотосинтетичною активністю середньоранніх гібридів у фазі активного росту.

Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 ефект від удобрення був менш вираженим. Внесення N₃₀P₃₀K₃₀ забезпечувало приріст хлорофілу на 5,2–7 одиниць SPAD (10–13%), а при N₆₀P₆₀K₆₀ – на 7,5–9 одиниць (14–16%). Зниження приросту порівняно з ранньостиглими гібридами пояснюється більш тривалим вегетаційним періодом і меншою чутливістю до ранніх фаз розвитку.

Середньопізній гібрид ДМС Шатл мав найменший приріст умісту хлорофілу. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшувало вміст хлорофілу на 4,5–6 одиниць SPAD (8–11%), а при $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 6,8–8 одиниць (12–15%). Це обумовлено більш повільним розвитком середньопізніх гібридів і меншою інтенсивністю фотосинтезу на ранніх етапах вегетації.

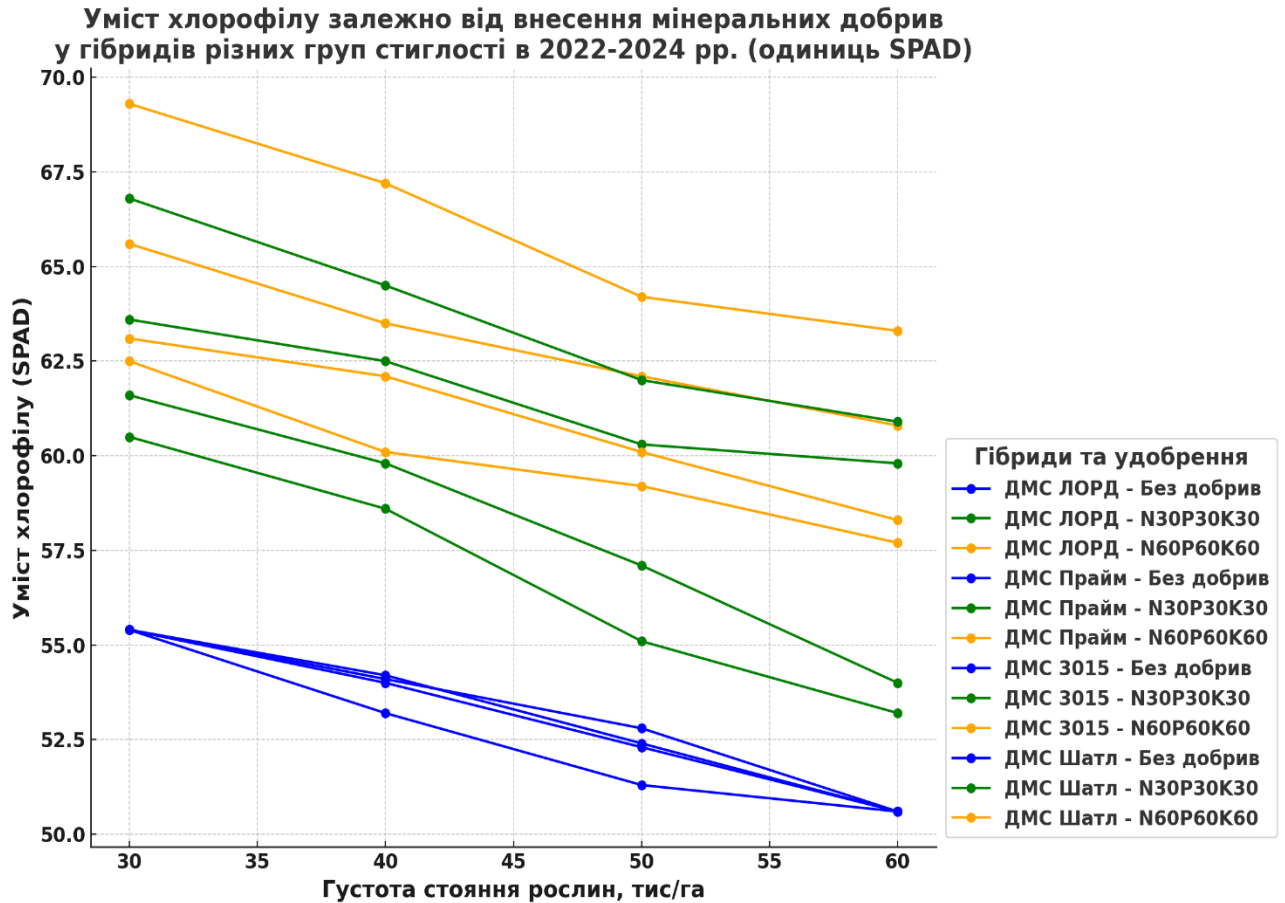


Рис. 3.7 Динаміка умісту хлорофілу за впливу густоти стояння рослин та внесених мінеральних добрив на гібридах кукурудзи в середньому за 2022–2024 рр. (одиниць SPAD)

Загалом внесення мінеральних добрив підвищувало вміст хлорофілу в листках кукурудзи на 8–16 одиниць SPAD (15–28%) порівняно з контролем, що свідчить про значний вплив удобрення на інтенсивність фотосинтезу та потенційну врожайність. Максимальні прирости спостерігалися при оптимальних дозах удобрення та густоті стояння 30–40 тис./га, що

підкреслює важливість збалансованого живлення та регулювання густоти посівів.

Отже, дослідження підтвердили, що рівень мінерального живлення та густота стояння рослин мають суттєвий вплив на вміст хлорофілу в листках кукурудзи. Максимальні показники хлорофілу досягалися при внесенні добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$, особливо для ранньостиглих і середньоранніх гібридів, завдяки їхньому швидкому розвитку та інтенсивній фотосинтетичній активності. Густота стояння 30–40 тис./га виявилася оптимальною для формування найвищого рівня хлорофілу, оскільки забезпечувала збалансовану конкуренцію між рослинами. Збільшення густоти до 60 тис./га знижувало ефективність удобрення через підсилення конкуренції за ресурси. Найменший приріст хлорофілу спостерігався у середньостиглих і середньопізніх гібридів через їхню тривалішу вегетацію. Тобто, раціональне внесення мінеральних добрив у поєднанні з оптимальною густотою стояння є важливими факторами підвищення фотосинтетичної активності та потенційної врожайності кукурудзи.

3.3. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи під впливом густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) кукурудзи значною мірою залежить від густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення. Збільшення густоти посіву зазвичай призводить до зростання загальної асиміляційної поверхні посіву, що може підвищувати ЧПФ. Однак, при надмірній густоті стояння, конкуренція за світло, воду та поживні речовини може знижувати ефективність фотосинтезу окремих рослин, що негативно впливає на загальну продуктивність посіву.

Мінеральне удобрення також відіграє ключову роль у формуванні ЧПФ. Дослідження показують, що внесення добрив у нормі $N_{160}P_{80}K_{140}$ разом із позакореневими підживленнями мікродобривами, карбамідом та

сульфатом магнію у фазі 10 листків кукурудзи сприяє підвищенню фотосинтетичного потенціалу до 3572,7 тис. м²·діб/га, що на 930,7 тис. м²·діб/га більше порівняно з удобренням у нормі N₈₀P₄₀K₆₀. Найвищі показники ЧПФ – 9,74 г/м² – зафіксовані у фазі молочної стиглості при удобренні в нормі N₁₆₀P₈₀K₁₄₀ та застосуванні позакорневих підживлень [199–201].

Оптимізація густоти стояння рослин та рівня мінерального удобрення є важливими факторами для підвищення чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи. Збалансоване внесення добрив та регулювання густоти посіву можуть забезпечити максимальну ефективність фотосинтетичної діяльності рослин, що в кінцевому результаті сприяє підвищенню врожайності культури [202–209].

На основі отриманих нами експериментальних даних встановлено, що аналіз динаміки чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи показав варіацію залежно від груп стиглості гібридів, фаз розвитку рослин, рівня добрив і густоти стояння (табл. 3.6).

За результатами досліджень, у контрольному варіанті без добрив найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу були зафіксовані у середньопізнього гібриду ДМС Шатл. У фазу 7–12 листків при густоті 30 тис./га цей показник становив 11,9 г/м² за добу, що свідчить про високий потенціал фотосинтетичної активності цього гібриду. Проте у фазу цвітіння качанів чиста продуктивність знизилася до 7,5 г/м², що становить зменшення на 4,4 г/м² або 37 % порівняно з попередньою фазою.

Внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀ сприяло суттєвому підвищенню чистої продуктивності фотосинтезу у всіх фазах розвитку рослин. Наприклад, у середньостиглого гібриду ДМС 3015 у фазу 7–12 листків приріст продуктивності у порівнянні з контролем становив 0,5–0,7 г/м² за добу, що відповідає 6–7 % покращення. У фазу цвітіння качанів цей приріст склав 0,4 г/м² або 5 %. Максимальні показники у цій групі гібридів спостерігалися за густоти стояння 30 тис./га, де продуктивність фотосинтезу

досягала 9,7 г/м² за добу, перевищуючи контроль на 0,7 г/м² або 7,7 %. Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд найбільший приріст продуктивності фотосинтезу у фазу 7–12 листків був зафіксований при внесенні добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀, де показник зріс до 8,8 г/м², що на 0,3 г/м² (3,5 %) більше, ніж у контрольному варіанті.

Таблиця 3.6

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи під впливом густоти стояння та удобрення кукурудзи, г/м² за добу в середньому за 2022–2024 рр.

Норма добрив (фактор В)	Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Гібрид кукурудзи та періоди розвитку рослин (фактор А)												
		Ранньостиглий ДМС Лорд			Середньоранній ДМС Прайм			Середньостиглий ДМС 3015			Середньопізній ДМС Шатл			
		сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	
Без добрив	30	6,8	8,5	5,3	7,5	8,6	5,4	7,7	9,2	6,1	8,2	11,9	7,5	
	40	6,8	8,4	5,3	7,5	8,4	5,2	7,6	9,5	6,1	8,0	11,5	7,4	
	50	6,7	8,4	5,2	7,4	8,4	5,0	7,5	9,3	6,0	8,0	11,4	7,3	
	60	6,4	8,1	4,9	7,0	8,0	4,7	7,0	9,0	5,7	7,6	10,5	6,7	
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	7,5	8,8	5,5	7,8	8,9	5,6	8,0	9,7	6,5	8,5	12,5	7,9	
	40	7,5	8,7	5,4	7,6	8,7	5,6	8,0	9,6	6,4	8,5	12,4	7,9	
	50	7,4	8,7	5,4	7,5	8,5	5,5	7,8	9,5	6,3	8,4	12,4	7,8	
	60	6,9	8,0	4,8	7,0	7,9	4,9	7,2	8,9	6,0	7,8	11,7	7,1	
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	7,8	9,0	5,8	7,8	9,0	5,8	8,2	9,8	6,8	8,8	12,8	8,0	
	40	7,8	8,9	5,7	7,8	9,0	5,7	8,2	9,7	6,7	8,6	12,6	7,9	
	50	7,7	8,4	5,7	7,6	8,8	5,6	8,2	9,7	6,6	8,6	12,5	7,8	
	60	6,9	7,7	4,9	6,9	7,9	4,8	7,7	9,0	5,9	8,0	11,8	6,7	
НР _{0,5} , г/м ² за добу, для гібриду (А)		0,8	0,3	0,7										
для добрив (В)		1,1	0,7	0,3										
для густоти (С)		0,7	0,6	0,4										
для взаємодії (АВС)		1,5	1,2	1,0										

Максимальні результати були отримані за внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀. У середньопізнього гібриду ДМС Шатл при густоті стояння 30

тис./га у фазу 7–12 листків чиста продуктивність фотосинтезу досягала 12,8 г/м² за добу, що на 0,9 г/м² (7,5 %) більше, ніж у варіанті без удобрення. Аналогічно, для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд у фазу цвітіння качанів приріст продуктивності становив 0,5–0,6 г/м² (8 %), що свідчить про позитивний вплив високих доз мінеральних добрив на фотосинтетичну активність рослин.

Водночас збільшення густоти стояння рослин до 60 тис./га супроводжувалося зниженням чистої продуктивності фотосинтезу незалежно від рівня удобрення. Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 у фазу 7–12 листків при густоті 60 тис./га чиста продуктивність становила 9,0 г/м², що на 1,0 г/м² (11 %) менше порівняно з густотою 30 тис./га. Це зниження обумовлене посиленням конкуренції між рослинами за світло, воду та поживні речовини, що обмежувало їх фотосинтетичну активність.

Загалом результати дослідження підтверджують, що найбільша чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи досягається при оптимальній густоті стояння рослин (30 тис./га) та високому рівні мінерального удобрення (N₆₀P₆₀K₆₀). Особливо це стосується гібридів із довшим вегетаційним періодом, таких як ДМС Шатл. Водночас підвищення густоти стояння до 60 тис./га призводить до зниження продуктивності, що підкреслює необхідність оптимізації агротехнічних прийомів для максимального використання потенціалу фотосинтетичної активності рослин кукурудзи.

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи є ключовим показником, що визначає її здатність до накопичення біомаси та, відповідно, врожайність. Цей показник відображає загальну продуктивність фотосинтезу за певний період і залежить від низки факторів, серед яких: густота стояння рослин, рівень мінерального живлення, гібридні особливості та умови вирощування.

Густота стояння рослин безпосередньо впливає на площу листової поверхні та ефективність використання фотосинтетично активної радіації (ФАР). Оптимальна густота забезпечує максимальне перехоплення світла, що сприяє підвищенню фотосинтетичного потенціалу. Дослідження показують,

що збільшення густоти рослин від 100 до 120 тис./га підвищує площу листової поверхні на 5–10%, а внесення мінеральних добрив – на 25–30%. Однак надмірне загушення може призвести до зниження ефективності фотосинтезу через конкуренцію за ресурси та затінення.

Рівень мінерального живлення також відіграє важливу роль у формуванні фотосинтетичного потенціалу. Адекватне забезпечення рослин елементами живлення, особливо азотом, фосфором і калієм, сприяє розвитку потужного асиміляційного апарату та підвищенню інтенсивності фотосинтезу. Зокрема, внесення мінеральних добрив у дозах $N_{150}P_{90}K_{160}$ сприяє збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи [210, 211].

Гібридні особливості кукурудзи визначають її реакцію на агротехнічні заходи та умови середовища. Різні гібриди мають відмінності у швидкості росту, розвитку листової поверхні та тривалості вегетаційного періоду, що впливає на їх фотосинтетичну активність. Наприклад, середньостиглі гібриди можуть мати вищий фотосинтетичний потенціал у фазі молочної стиглості порівняно з ранньостиглими.

Умови вирощування, такі як зрошення, також впливають на фотосинтетичний потенціал. Забезпечення оптимального водного режиму сприяє підтримці високої фотосинтетичної активності та підвищенню врожайності. Дослідження показують, що максимальний рівень фотосинтетичної активності та врожаю зерна кукурудзи зафіксовано за біологічно оптимального режиму зрошення, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{90}$ та густоти стояння рослин 80 тис./га.

Таким чином, фотосинтетичний потенціал кукурудзи є інтегральним показником, що залежить від комплексу агротехнічних заходів та біологічних особливостей гібридів. Оптимізація густоти стояння рослин, раціональне мінеральне живлення та вибір відповідних гібридів з урахуванням умов вирощування є ключовими факторами для підвищення фотосинтетичної продуктивності та забезпечення високих урожаїв кукурудзи [210, 211].

У ході проведених досліджень було встановлено, що фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи залежав від низки факторів, зокрема погодних умов, етапу розвитку рослин, стиглості обраних гібридів та рівня застосування мінеральних добрив. (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи під дією густоти стояння рослин та удобрення, тис. м²/га за добу (середнє за 2022–2024 рр.)

Норма добрив (фактор В)	Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Гібрид кукурудзи та періоди розвитку рослин (фактор А)											
		Ранньостиглий ДМС Лорд			Середньоранній ДМС Прайм			Середньостиглий ДМС 3015			Середньопізній ДМС Шатл		
		сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів	сходи – 7 листків	7 листків – 12–13 листків	12–13 листків – цвітіння качанів
Без добрив	30	752	1286	631	771	1382	673	782	1393	682	891	1484	710
	40	750	1290	630	771	1383	673	783	1392	682	890	1483	710
	50	745	1280	630	770	1381	671	780	1391	680	890	1480	708
	60	715	1250	605	725	1352	632	735	1320	623	811	1405	645
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	808	1511	678	831	1513	723	840	1521	733	957	1595	763
	40	808	1510	677	830	1510	722	840	1521	733	957	1593	762
	50	806	1508	675	831	1512	721	838	1520	731	955	1594	761
	60	835	1452	602	790	1473	681	768	1486	700	890	1501	698
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	806	1516	677	828	1523	722	836	1522	734	959	1600	771
	40	805	1517	677	828	1522	722	835	1521	733	960	1600	770
	50	805	1517	672	825	1520	720	833	1521	733	958	1593	770
	60	764	1488	612	788	1481	677	791	1476	692	895	1515	717
НІР _{0,5} , тис. м ² /га, для гібриду (А)		27	36	35									
для добрив (В)		25	21	22									
для густоти (С)		28	35	40									
для взаємодії (АВС)		35	31	46									

Дослідження, проведені у 2022–2024 рр., показали, що фотосинтетичний потенціал кукурудзи істотно залежить від поєднання вказаних факторів. У варіантах без внесення добрив фотосинтетичний потенціал змінювався залежно від густоти стояння рослин. Наприклад, для ранньостиглого гібрида ДМС Лорд при густоті 30 тис./га у фазі «сходи – 7 листків» цей показник становив 752 тис. м²/га днів. У фазі «12–13 листків – цвітіння качанів» значення знижувалося до 631 тис. м²/га днів. При збільшенні густоти до 60 тис./га фотосинтетичний потенціал зменшувався в усіх фазах розвитку, що вказує на негативний вплив надмірного загущення на асиміляційну активність рослин через посилену конкуренцію за світло, вологу та поживні речовини.

Застосування мінеральних добрив сприяло значному підвищенню фотосинтетичного потенціалу кукурудзи. При внесенні N₃₀P₃₀K₃₀ у густоті 30 тис./га для середньостиглого гібрида ДМС 3015 у фазі «7 листків – 12–13 листків» фотосинтетичний потенціал досягав 1521 тис. м²/га днів, що перевищувало показники контрольного варіанту (без добрив) на 128 тис. м²/га днів. Максимальні значення фотосинтетичного потенціалу спостерігалися у фазі «12–13 листків – цвітіння качанів» для середньопізнього гібрида ДМС Шатл при густоті 30 тис./га та внесенні N₆₀P₆₀K₆₀. У цьому варіанті потенціал становив 1600 тис. м²/га днів, що на 116 тис. м²/га днів (7,8%) перевищувало контрольний варіант.

Водночас надмірне внесення добрив у поєднанні з високою густотою стояння рослин (60 тис./га) спричиняло зниження фотосинтетичного потенціалу через створення стресових умов для рослин. Для середньостиглого гібрида ДМС 3015 у фазі «7 листків – 12–13 листків» фотосинтетичний потенціал при внесенні N₆₀P₆₀K₆₀ знизився до 1476 тис. м²/га днів. Це свідчить про необхідність дотримання оптимальних норм удобрення та густоти для досягнення найкращих результатів.

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи є результатом складної взаємодії багатьох факторів. Раціональне регулювання густоти стояння

рослин, оптимальне внесення мінеральних добрив і вибір відповідних гібридів дозволяють максимізувати цей показник, що безпосередньо корелює з підвищенням врожайності. Використання таких агротехнічних прийомів сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів і стабільності врожаїв кукурудзи [212–230].

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи, що відображає здатність рослин акумулювати сонячну енергію для здійснення фотосинтезу, є важливим показником продуктивності агроценозу. Дослідження цього показника за різних умов густоти стояння рослин і рівня мінерального удобрення виявили суттєву залежність від зазначених чинників. Так, за відсутності мінеральних добрив фотосинтетичний потенціал кукурудзи варіювався залежно від густоти стояння та особливостей гібридів. Наприклад, для ранньостиглого гібрида ДМС Лорд при густоті 30 тис./га у фазі «сходи – 7 листків» потенціал складав 752 тис. м²/га днів, що свідчить про досить ефективне використання рослинами доступної сонячної енергії. Проте збільшення густоти до 60 тис./га спричинило зниження потенціалу до 715 тис. м²/га днів, що еквівалентно втраті 4,9%. У фазі «7 листків – 12–13 листків» спостерігалась аналогічна тенденція: збільшення густоти стояння спричиняло зменшення фотосинтетичного потенціалу, оскільки зростала конкуренція рослин за світло, воду та елементи живлення.

Внесення мінеральних добрив істотно змінювало ситуацію. Зокрема, при застосуванні норми N₃₀P₃₀K₃₀ фотосинтетичний потенціал зростав у всіх фазах розвитку рослин, що свідчить про позитивний вплив збалансованого удобрення. Для середньостиглого гібрида ДМС 3015 у фазі «7 листків – 12–13 листків» при густоті 30 тис./га фотосинтетичний потенціал досягав 1521 тис. м²/га днів, що перевищувало контроль (без добрив) на 9,2%. Це підтверджує, що забезпечення рослин основними елементами живлення сприяє підвищенню фотосинтетичної активності завдяки кращому розвитку листового апарату та збільшенню ефективності використання світла.

Застосування вищої норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ дозволяло досягти ще вищих показників фотосинтетичного потенціалу. Для середньопізннього гібрида ДМС Шатл у фазі «12–13 листків – цвітіння качанів» при густоті 30 тис./га цей показник становив 1600 тис. m^2 /га днів, що на 7,8% перевищувало контроль. Однак за густоти 60 тис./га спостерігалось певне зниження потенціалу до 1515 тис. m^2 /га днів. Це зумовлено тим, що надмірна густина створювала стресові умови, які не могли бути повністю компенсовані навіть підвищеними дозами добрив.

Таким чином, фотосинтетичний потенціал кукурудзи є інтегральним показником, що відображає взаємодію густоти стояння рослин, рівня мінерального удобрення та біологічних особливостей гібридів. Найвищі значення цього показника досягаються за умов оптимального поєднання агротехнічних заходів, які забезпечують рослинам сприятливі умови для росту й розвитку. Перевищення оптимальної густоти стояння або норм добрив, навпаки, може негативно вплинути на фотосинтетичну активність, оскільки рослини зазнають додаткових навантажень, що обмежують їх продуктивність. Ці дані акцентують увагу на необхідності раціонального підходу до агротехнологій для забезпечення максимальної ефективності фотосинтезу, що є основою високої врожайності.

Висновки до розділу 3

1. Тривалість періоду «сівба–сходи» кукурудзи значною мірою залежала від погодних умов у роки досліджень (2022–2024 рр.) та генетичних характеристик гібридів. Удобрення чи зміна густоти стояння, мали обмежений вплив в цій фазі, оскільки в процесі проростання рослини кукурудзи переважно покладаються на власні внутрішні ресурси зернини та природні умови середовища. Тривалість міжфазного періоду «сівба – сходи» становила 10–10,6 діб, з тенденцією до збільшення від ранньостиглих до середньопізніх гібридів

Тривалість періоду «сходи – фізіологічна стиглість» кукурудзи залежала від густоти стояння рослин, рівня мінерального живлення та генетичних особливостей гібридів, що проявлялося як у середньому за три роки досліджень (2022–2024 рр.), так і за кожен окремий рік. Загальна тенденція показала, що зі збільшенням густоти стояння тривалість вегетаційного періоду збільшувалася, тоді як застосування мінеральних добрив, особливо у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$, сприяло його скороченню. Ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі та середньопізні гібриди демонстрували аналогічні закономірності: тривалість періоду зростала із підвищенням густоти до 60 тис./га на 0,86–0,9%, але зменшувалася на 0,51–1,44% за використання добрив у зазначених дозах, що вказує на високий вплив досліджуваних факторів на онтогенез рослин і потенційний урожай.

2. Висота рослин кукурудзи залежала від рівня мінерального живлення та густоти стояння, демонструючи позитивну реакцію на внесення добрив та певну оптимальну густоту для кожного гібриду. Застосування добрив, особливо в нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$, сприяло значному збільшенню висоти рослин у середньому на 10–20% порівняно з контрольним варіантом без добрив. Оптимальною густотою для більшості гібридів виявилися 30–40 тис./га, оскільки надмірне підвищення густоти призводило до зменшення висоти через посилену конкуренцію за ресурси. Отримані результати підтверджують ефективність раціонального використання мінеральних добрив для покращення морфологічних показників кукурудзи, що є важливим фактором у підвищенні її продуктивності.

3. Висота прикріплення качана кукурудзи залежала від рівня мінерального живлення та густоти стояння. Застосування мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) значно підвищувало цей показник у порівнянні з варіантами без удобрення, забезпечуючи приріст на 6–27%, залежно від гібрида та умов густоти. Оптимальна густота стояння для більшості гібридів становила 40–50 тис./га, при якій досягалися максимальні значення висоти прикріплення качана. Подальше підвищення густоти, як правило, не сприяло

покращенню цього показника через посилення конкуренції за ресурси. Найбільш ефективним було застосування добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$, яке забезпечувало оптимальний баланс між рівнем живлення і умовами густоти, сприяючи формуванню сприятливих умов для росту і розвитку рослин.

4. Діаметр стебел кукурудзи поступово зменшувався при загущенні посівів через посилення конкуренції рослин за ресурси. Найвищі значення діаметра стебла були характерними для варіантів із низькою густиною стояння (30 тис./га) та за умови внесення мінеральних добрив.

Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло збільшенню діаметра стебел на 10,5–12,5% у порівнянні з контрольними варіантами, а внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило максимальні прирости, що сягали 16,7–18,8%. Водночас за високої густоти стояння (60 тис./га) навіть при використанні добрив спостерігалось зменшення діаметра стебел, що свідчить про критичний рівень конкуренції між рослинами.

Отримані результати підкреслюють важливість оптимального поєднання густоти стояння та рівня удобрення для забезпечення найкращих умов росту і розвитку кукурудзи. Оптимальними варіантами є використання добрив у нормах $N_{30}P_{30}K_{30}$ або $N_{60}P_{60}K_{60}$ при густоті стояння 30–40 тис./га. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив конкуренції та забезпечити максимальний розвиток стебел, що є важливим фактором для стійкості рослин і формування високого врожаю.

5. Збільшенням густоти стояння рослин кукурудзи сприяє зменшенню довжини листків через посилення конкуренції за світло, вологу та поживні речовини. У той же час, внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) позитивно впливає на довжину листків, сприяючи інтенсивнішому росту та розвитку рослин. У гібридах ДМС Лорд, ДМС Прайм, ДМС 3015 та ДМС Шатл максимальні значення довжини листків спостерігалися при густоті 30 тис./га та внесенні добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$, що забезпечувало приріст на 9,8–10,5% порівняно з контрольними варіантами. Проте збільшення густоти до 60 тис./га навіть за умов удобрення призводило до зниження довжини листків,

що підкреслює негативний вплив надмірної густоти стояння. Для досягнення оптимальної довжини листків необхідне поєднання помірної густоти рослин (30–40 тис./га) та внесення достатньої кількості мінеральних добрив. Це забезпечує кращі умови для росту і розвитку рослин, зменшуючи конкуренцію між ними та сприяючи формуванню потужної листкової поверхні, важливої для фотосинтезу та продуктивності кукурудзи.

6. Застосування добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) у більшості випадків сприяло збільшенню площі листків, однак їх ефективність змінювалася залежно від густоти. При густоті 30–40 тис./га внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало найкращі результати, з помірним збільшенням площі листків (на 1,5–3,05%) порівняно з контролем. Вищі дози добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) призводили до зменшення площі листків через посилення конкуренції між рослинами за ресурси, особливо при густоті 50–60 тис./га. Гібрид ДМС Шатл демонстрував найбільшу площу листків без добрив (4170 см² при густоті 30 тис./га), що свідчить про його високу природну здатність до формування листкової поверхні. Інші гібриди, такі як ДМС ЛОРД, ДМС Прайм і ДМС 3015, показували значну варіативність залежно від умов, причому оптимальними були густоти 30–40 тис./га із застосуванням $N_{30}P_{30}K_{30}$.

7. Збільшення площі листкової поверхні та вмісту хлорофілу сприяє підвищенню фотосинтетичної активності, що позитивно впливає на ріст, розвиток рослин і формування високого врожаю. Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищувало вміст хлорофілу у листках гібридів кукурудзи: для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд на 8,2–9,2 одиниць SPAD (15–17%), для середньораннього ДМС Прайм на 9,9–12,3 одиниць SPAD (18–23%), для середньостиглого ДМС 3015 на 5,2–7 одиниць SPAD (10–13%), а для середньопізнього ДМС Шатл на 4,5–6 одиниць SPAD (8–11%). Застосування вищої дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечувало ще більший приріст: для ДМС Лорд на 10,2–12 одиниць SPAD (18,5–21%), для ДМС Прайм на 13,5–16 одиниць SPAD (24–28%), для ДМС 3015 на 7,5–9 одиниць SPAD (14–16%), а для ДМС Шатл на 6,8–8 одиниць SPAD (12–15%). Максимальні показники вмісту

хлорофілу спостерігалися при густоті стояння 30–40 тис./га, тоді як при 60 тис./га показники знижувалися через посилену конкуренцію між рослинами. Загалом, внесення мінеральних добрив підвищувало вміст хлорофілу на 8–16 одиниць SPAD (15–28%) порівняно з контролем, що свідчить про значний вплив удобрення на інтенсивність фотосинтезу, яка є ключовим фактором для формування високого врожаю кукурудзи.

8. Чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи залежить від густоти стояння рослин, рівня удобрення та особливостей гібридів. Найвищі показники зафіксовано при густоті 30 тис./га та внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$. Наприклад, у середньопізнього гібриду ДМС Шатл у фазу 7–12 листків чиста продуктивність досягала 12,8 г/м² за добу, що на 7,5 % перевищує контроль. Підвищення густоти до 60 тис./га призводило до зниження продуктивності на 11 % через посилену конкуренцію. Оптимальні умови сприяли максимальному використанню фотосинтетичного потенціалу, особливо у гібридів із довшим вегетаційним періодом, таких як ДМС Шатл.

9. Фотосинтетичний потенціал кукурудзи, що відображає здатність рослин акумулювати сонячну енергію, суттєво залежить від густоти стояння та рівня мінерального удобрення. У контрольному варіанті без добрив фотосинтетичний потенціал ранньостиглого гібрида ДМС Лорд у фазі «сходи – 7 листків» становив 752 тис. м²/га днів при густоті 30 тис./га, але зменшувався до 715 тис. м²/га днів (на 4,9%) при густоті 60 тис./га через посилену конкуренцію між рослинами. Внесення мінеральних добрив підвищувало потенціал на всіх етапах розвитку. Так, у середньостиглого гібрида ДМС 3015 у фазі «7 листків – 12–13 листків» при густоті 30 тис./га потенціал за удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ зростав до 1521 тис. м²/га днів, що на 9,2% перевищувало контроль.

Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечувало максимальні результати: для середньопізнього гібрида ДМС Шатл у фазі «12–13 листків – цвітіння качанів» потенціал досягав 1600 тис. м²/га днів, що на 7,8% перевищувало контроль. Однак за густоти 60 тис./га навіть високі дози добрив не змогли

компенсувати зниження потенціалу до 1515 тис. м²/га днів через стресові умови. Оптимальними умовами для максимального використання фотосинтетичного потенціалу є густота 30 тис./га та удобрення N₆₀P₆₀K₆₀. Збільшення густоти до 60 тис./га обмежує потенціал, що вимагає оптимізації агротехнічних заходів.

Основні наукові результати розділу 3 автором опубліковані в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [147–154].

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ УРОЖАЮ ТА ЇЇ ПРОДУКТИВНІСТЬ

Елементи структури врожаю кукурудзи, такі як кількість рядів зерен у качані, кількість зерен у ряду, маса 1000 зерен та довжина качана, є ключовими показниками, що формують загальну продуктивність культури. Їх значення суттєво залежать від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення, що визначає фізіологічний стан рослин і їх здатність формувати врожай.

4.1. Елементи структури урожаю кукурудзи залежно від густоти стояння та рівня мінерального живлення рослин

За даними науковців, збільшення густоти стояння рослин зазвичай призводить до зниження довжини качана та зменшення кількості зерен у ряду. Наприклад, у дослідженнях на гібриді КВС 2370 (ФАО 280) при густоті 67 тис. рослин/га кількість зерен у ряду становила 38–39, тоді як при підвищенні густоти до 97,5 тис. рослин/га цей показник знизився до 28–29. Водночас, кількість рядів зерен у качані залишається стабільною, оскільки цей параметр переважно залежить від генетичних особливостей гібриду. Подібні закономірності пояснюються конкуренцією рослин за ресурси, зокрема за світло, вологу та поживні речовини, що зростає при збільшенні густоти стояння [231, 232].

Рівень мінерального живлення також суттєво впливає на формування елементів структури врожаю кукурудзи. Достатнє забезпечення рослин елементами живлення сприяє формуванню більшої кількості зерен у качані та збільшенню маси 1000 зерен. У дослідженнях було доведено, що внесення

мінеральних добрив у дозах $N_{60-90}P_{45-60}K_{45}$ сприяє формуванню потужної асиміляційної поверхні рослин і забезпечує стабільний розвиток навіть за умов змінної густоти стояння. Зокрема, застосування таких доз добрив у поєднанні з оптимальною густиною стояння є важливим чинником у підвищенні продуктивності кукурудзи.

Оптимальна густина стояння варіюється залежно від групи стиглості гібриду та умов вирощування. Для ранньостиглих гібридів у Північному Степу України рекомендується густина 55–60 тис. рослин/га, тоді як для середньопізніх гібридів – 30–35 тис. рослин/га. На зрошуваних землях густоту можна підвищити до 80–90 тис. рослин/га, що дозволяє реалізувати генетичний потенціал гібридів за сприятливих умов зволоження. При цьому важливим є дотримання оптимального рівня мінерального живлення, оскільки недостатність азоту, фосфору чи калію може суттєво знизити ефективність адаптації рослин до підвищеної густоти.

Елементи структури врожаю кукурудзи є комплексним показником взаємодії агротехнічних факторів. Для досягнення високої врожайності необхідно враховувати специфічні умови вирощування, рівень забезпеченості рослин поживними речовинами та оптимізувати густоту стояння залежно від біологічних особливостей обраного гібриду. Використання адаптованих агротехнічних підходів дозволяє максимально ефективно реалізувати потенціал врожайності культури, що підтверджується даними численних досліджень [231, 232].

Наші дослідження, спрямовані на аналіз елементів структури врожаю (довжина качана, кількість рядів зернин, кількість зернин із качана, маса зерна з качанів, маса 1000 зерен), виявили закономірне підвищення цих показників залежно від групи стиглості гібридів кукурудзи. Зокрема, спостерігалось збільшення цих параметрів у міру переходу від ранньостиглих до середньопізніх гібридів. Крім того, усі елементи структури врожаю виявляли залежність від густоти стояння рослин та рівня внесених добрив (табл. 4.1, рис. 4.1).

Таблиця 4.1

Елементи структури врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення в середньому за 2022–2024 рр.

Гібриди різних груп стиглості (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Довжина качана, дм	Діаметр качана, мм	Кількість рядів зерен, шт	Кількість зернин із качана, шт	Маса зерна із качана, г	
Ранньостиглий ДМС ЛОРД	без добрив	30	2,60	14,0	14	520	202,8	
		40	2,60	14,0	14	520	200,0	
		50	2,55	13,9	14	515	195,0	
		60	2,50	13,8	14	495	180,0	
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	2,65	14,2	14	550	212,0	
		40	2,65	14,2	14	550	210,9	
		50	2,60	15,6	14	525	212,2	
		60	2,55	14,6	14	500	212,8	
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	2,75	14,4	14	560	213,0	
		40	2,75	14,4	14	560	213,0	
		50	2,70	14,2	14	530	212,0	
		60	2,65	14,2	14	525	212,0	
	Середньоранній ДМС ПРАЙМ	без добрив	30	2,50	14,2	14	550	210,8
			40	2,60	14,2	14	550	210,0
			50	2,55	14,0	14	525	209,0
			60	2,55	14,0	14	520	208,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		30	2,70	14,2	14	600	229,8	
		40	2,70	14,4	14	590	221,7	
		50	2,65	14,5	14	575	216,4	
		60	2,50	14,7	14	550	216,2	
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		30	2,75	14,3	14	600	230,0	
		40	2,70	14,4	14	600	225,0	
		50	2,65	14,3	14	585	220,0	
		60	2,60	14,2	14	580	215,0	
Середньостиглий ДМС 3015		без добрив	30	2,60	15,2	16	600	215,4
			40	2,60	15,2	16	590	214,0
			50	2,55	15,0	16	585	212,0
			60	2,50	15,0	16	580	210,0

Гібриди різних груп стиглості (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Довжина качана, дм	Діаметр качана, мм	Кількість рядів зерен, шт	Кількість зернин із качана, шт	Маса зерна із качана, г	
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	2,65	15,3	16	650	240,0	
		40	2,65	15,3	16	645	239,8	
		50	2,60	15,0	16	625	239,2	
		60	2,55	15,0	16	600	235,4	
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	2,70	15,4	16	650	245,0	
		40	2,70	15,3	16	650	240,0	
		50	2,65	15,0	16	630	238,8	
		60	2,60	15,0	16	620	238,0	
Середньопізній ДМС ШАТЛ	без добрив	30	2,65	15,2	16	670	269,9	
		40	2,65	15,2	16	660	265,0	
		50	2,60	15,0	16	650	263,0	
		60	2,55	15,0	16	640	260,0	
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30	2,70	15,3	16	700	289,8	
		40	2,70	15,3	16	680	288,9	
		50	2,60	15,2	16	660	285,0	
		60	2,60	15,1	16	650	283,9	
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	2,75	15,4	16	700	290,0	
		40	2,75	15,3	16	700	289,0	
		50	2,70	15,2	16	690	287,0	
		60	2,65	15,2	16	690	285,0	
	НІР _{0,5} , для гібриду (фактор А)			0,5	1,0	1,0	50,0	51,0
	для добрив (фактор В)			0,2	1,1	1,0	31,0	15,1
	для густоти (фактор С)			0,1	1,0	1,1	10,0	10,1
	для взаємодії факторів (АВС)			0,7	1,2	1,2	55,0	53,0

Дослідження впливу густоти стояння рослин та удобрення на довжину качана в різних гібридів кукурудзи показали, що цей показник суттєво залежить від рівня удобрення та дещо варіюється залежно від густоти рослин (рис. 4.1).

Довжина качана залежно від гібриду, удобрення та густоти стояння рослин

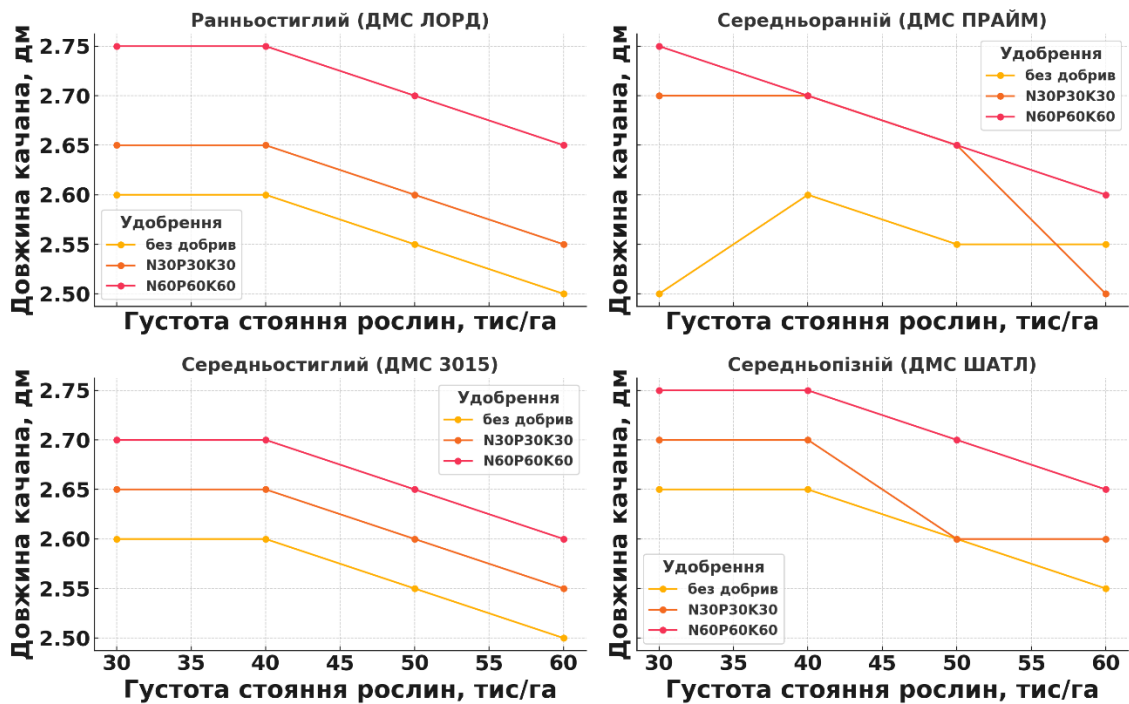


Рис. 4.1. Довжина качана кукурудзи різних груп стиглості за дії густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр.

Як показують наші дослідження збільшення густоти рослин супроводжувалося зменшенням довжини качана у всіх гібридів незалежно від рівня удобрення. Найвищі показники довжини качана спостерігалися при найменшій густоті (30 тис./га), поступово знижуючись із її збільшенням. Наприклад, для ранньостиглого гібрида (ДМС Лорд) без добрив довжина качана зменшилася з 2,60 дм за густоти 30 тис./га до 2,50 дм за 60 тис./га. Внесення добрив позитивно впливало на довжину качана. Так, у цьому ж гібриді при удобренні N₃₀P₃₀K₃₀ довжина качана збільшувалася на 0,05 дм (або на 1,92–2,00%), а при удобренні N₆₀P₆₀K₆₀ – на 0,15 дм (або на 5,77–6,00%) порівняно з контролем.

Для середньораннього гібрида (ДМС Прайм) без добрив максимальна довжина качана становила 2,60 дм за густоти 40 тис./га, однак при внесенні добрив N₆₀P₆₀K₆₀ максимальна довжина досягала 2,75 дм за густоти 30 тис./га. Вплив удобрення на середньостиглий гібрид (ДМС 3015) також

проявлявся у збільшенні довжини качана. Наприклад, за удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ довжина збільшувалася на 0,05 дм (або на 1,92–2,00%), а за $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 0,10 дм (або на 3,85–4,00%) порівняно з контролем. У середньопізньому гібриді (ДМС Шатл) ефективність удобрення була аналогічною: довжина качана збільшувалася на 0,05–0,10 дм залежно від дози добрив, причому максимальні показники фіксувалися за $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Загалом, найбільшу довжину качана (2,75 дм) отримано в ранньостиглого (ДМС Лорд) та середньораннього (ДМС Прайм) гібридів за густоти 30 тис./га при удобренні $N_{60}P_{60}K_{60}$. Внесення добрив позитивно впливало на довжину качана у всіх гібридів, причому найбільший ефект спостерігався за максимальної дози добрив. Зі збільшенням густоти стояння рослин довжина качана знижувалася, що вказує на важливість оптимізації густоти посіву для досягнення високих врожаїв.

Дослідження впливу густоти стояння рослин і удобрення на діаметр качана у гібридів кукурудзи різних груп стиглості продемонструвало різноспрямовані тенденції залежно від агротехнічних умов (табл. 4.1, рис. 4.2).

Діаметр качана залежно від густоти стояння і удобрення

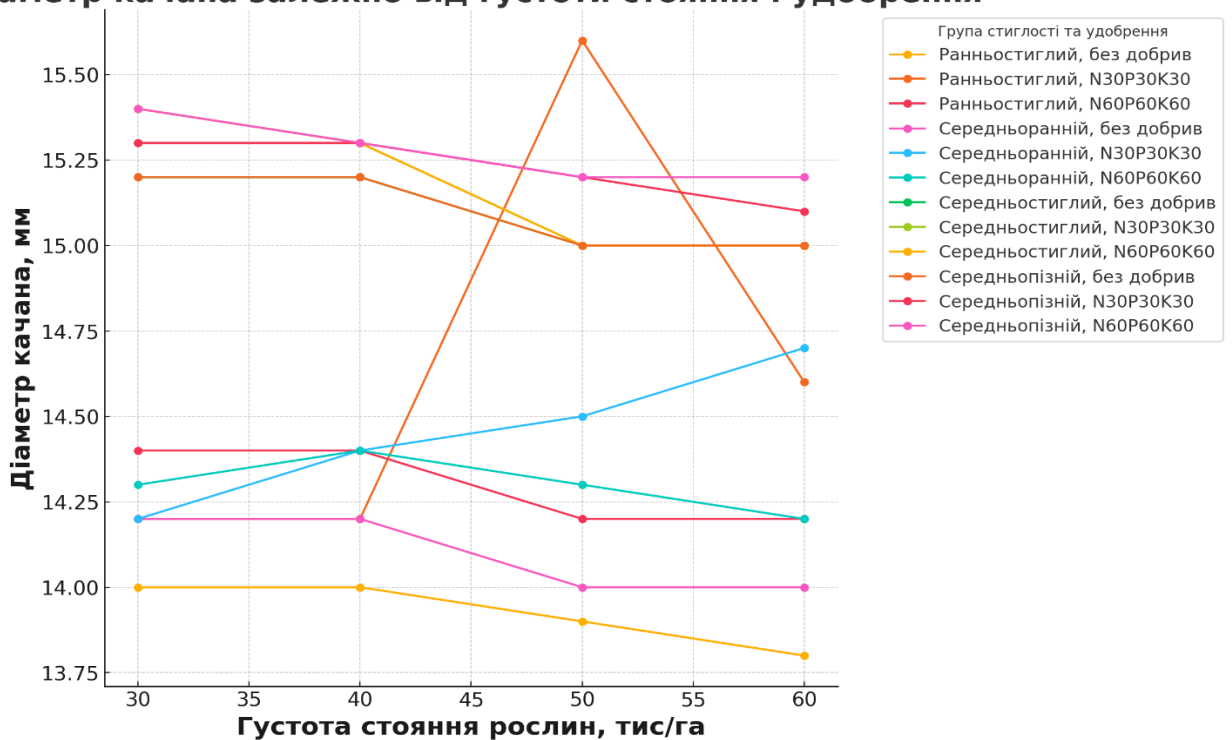


Рис. 4.2 Діаметр качана кукурудзи різних груп стиглості за дії густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр.

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд діаметр качана без добрив зменшувався з 14,0 мм при густоті 30 і 40 тис./га до 13,9 мм при густоті 50 тис./га (зниження на 0,1 мм або 0,7%) і до 13,8 мм при густоті 60 тис./га (зниження на 0,2 мм або 1,4%). Застосування удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло збільшенню діаметра качана до 14,2 мм при густоті 30 і 40 тис./га (на 0,2 мм або 1,4% більше, ніж у контролі), при цьому максимальне значення 15,6 мм було досягнуто за густоти 50 тис./га, що перевищувало контроль на 1,7 мм (12,2%). Удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшувало діаметр качана до 14,4 мм при густоті 30 і 40 тис./га (на 0,4 мм або 2,8% більше, ніж без добрив), однак при густоті 50 і 60 тис./га показники знижувалися до 14,2 мм.

У середньораннього гібриду ДМС Прайм діаметр качана без добрив залишався стабільним на рівні 14,2 мм при густоті 30 і 40 тис./га, але зменшувався до 14,0 мм при густоті 50 і 60 тис./га (зниження на 0,2 мм або 1,4%). Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало поступове збільшення діаметра качана: від 14,2 мм при густоті 30 тис./га до 14,7 мм при густоті 60 тис./га (на 0,5 мм або 3,5% більше, ніж у контролі). За умов удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальний діаметр 14,4 мм був зафіксований при густоті 40 тис./га, що перевищувало контрольний показник на 0,2 мм (1,4%).

Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 без добрив діаметр качана становив 15,2 мм при густоті 30 і 40 тис./га, але знижувався до 15,0 мм при густоті 50 і 60 тис./га (зниження на 0,2 мм або 1,3%). Удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло незначному збільшенню діаметра до 15,3 мм при густоті 30 і 40 тис./га (на 0,1 мм або 0,7% більше, ніж у контролі), однак при густоті 50 і 60 тис./га показник залишався на рівні 15,0 мм. За умов $N_{60}P_{60}K_{60}$ діаметр качана досягав 15,4 мм при густоті 30 тис./га (на 0,2 мм або 1,3% більше, ніж у контролі), але поступово знижувався до 15,0 мм при густоті 50 і 60 тис./га.

Середньопізній гібрид ДМС Шатл демонстрував стабільність діаметра качана без добрив на рівні 15,2 мм при густоті 30 і 40 тис./га, однак зменшувався до 15,0 мм при густоті 50 і 60 тис./га (зниження на 0,2 мм або 1,3%). Удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищувало діаметр качана до 15,3 мм при

густоті 30 і 40 тис./га (на 0,1 мм або 0,7% більше, ніж у контролі), але знижувалося до 15,1 мм при густоті 60 тис./га. За умов $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальний діаметр качана становив 15,4 мм при густоті 30 тис./га (на 0,2 мм або 1,3% більше, ніж у контролі).

Таким чином, максимальні значення діаметра качана спостерігалися за умов удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$, тоді як збільшення густоти рослин сприяло поступовому зменшенню цього показника. Найвищі показники діаметра качана були зафіксовані у середньостиглого та середньопізнього гібридів.

Дослідження впливу різних схем удобрення на кількість рядів зерен та густоту стояння рослин у гібридів кукурудзи різних груп стиглості демонструє стабільність показників у рамках експерименту. Аналізуючи дані, можна відзначити, що кількість рядів зерен у ранньостиглих, середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх гібридів залишається незмінною за всіх варіантів удобрення та густоти стояння рослин.

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд за відсутності удобрення та за використання норм добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ при густоті 30, 40, 50 та 60 тис. рослин/га кількість рядів зерен становить 14. Таким чином, збільшення рівня удобрення та густоти стояння рослин не вплинуло на цей показник.

Середньоранній гібрид ДМС Прайм також характеризується стабільною кількістю рядів зерен, яка складає 14 за відсутності удобрення та за застосування обох рівнів $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ при густоті 30–60 тис. рослин/га. Відсутність змін свідчить про те, що генетичні особливості цього гібриду домінують над впливом агротехнічних факторів.

Середньостиглий гібрид ДМС 3015 демонструє інший показник: кількість рядів зерен становить 16 за всіх умов дослідження. Навіть із збільшенням рівня удобрення та густоти стояння рослин кількість рядів зерен залишається сталою, що підтверджує стійкість морфологічних характеристик цього гібриду до змін агротехнічного фону.

Аналогічна картина спостерігається у середньопізнього гібриду ДМС Шатл. Кількість рядів зерен залишається на рівні 16, незалежно від норми

удобрення (без добрив, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$) чи густоти стояння рослин (30, 40, 50 або 60 тис. рослин/га).

Таким чином, у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості кількість рядів зерен є незмінною і не залежить від рівня удобрення та густоти стояння рослин. Це свідчить про генетичну зумовленість цього показника, що є важливим для стабільності продуктивності в різних умовах вирощування.

Аналіз впливу удобрення та густоти стояння рослин на кількість зернин із качана у гібридів кукурудзи різних груп стиглості демонструє значну варіативність показників залежно від застосованих агротехнічних прийомів (табл. 4.1, рис. 4.3).

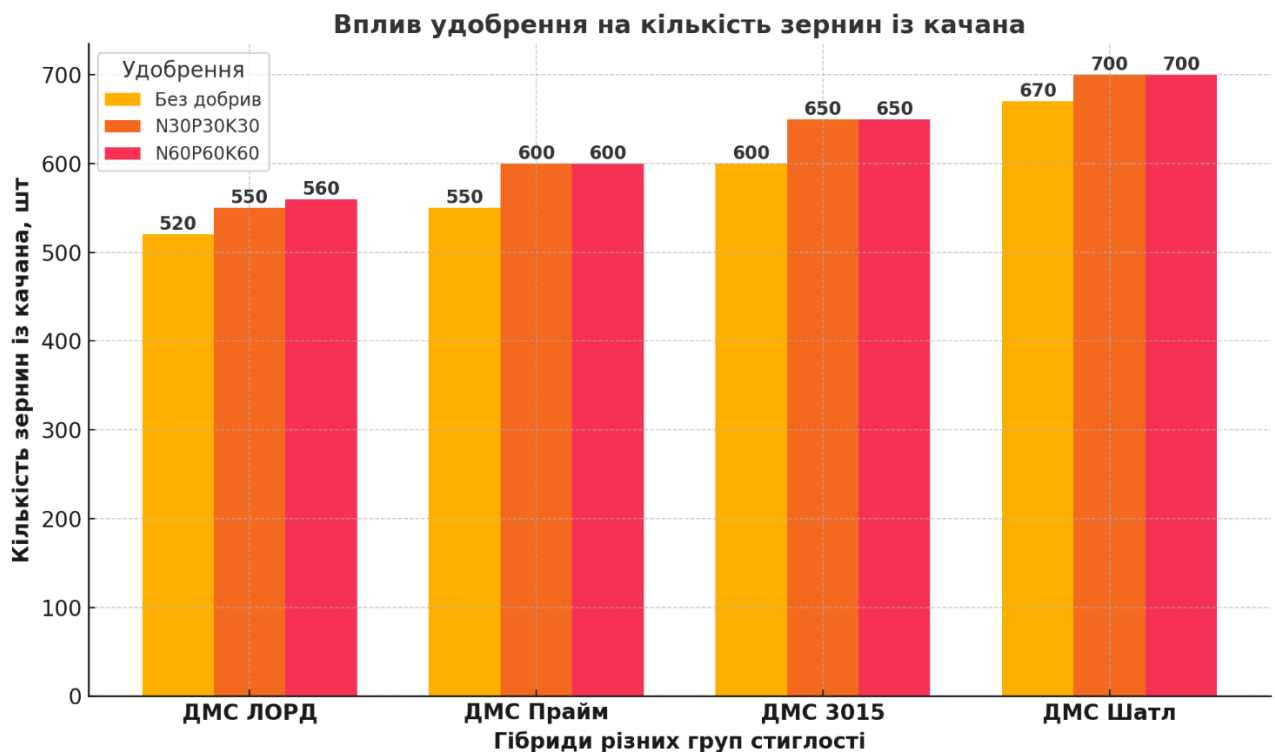


Рис. 4.3 Кількість зернин із качана кукурудзи різних груп стиглості за дії густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в середньому за 2022–2024 рр.

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд за відсутності добрив кількість зернин із качана змінюється від 520 шт. за густоти 30–40 тис. рослин/га до 495 шт. за густоти 60 тис./га, що становить зменшення на 25 шт. або 4,8%.

При внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ кількість зернин зростає, досягаючи 550 шт. за густоти 30–40 тис./га, але зменшується до 500 шт. за густоти 60 тис./га, що складає різницю в 50 шт. або 9,1%. Максимальні показники спостерігаються при удобренні $N_{60}P_{60}K_{60}$, де кількість зернин сягає 560 шт. при густоті 30–40 тис./га, а при густоті 60 тис./га – 525 шт., що на 35 шт. або 6,25% менше.

Середньоранній гібрид ДМС Прайм за відсутності добрив показує кількість зернин на рівні 550 шт. за густоти 30–40 тис./га, яка зменшується до 520 шт. за густоти 60 тис./га (зниження на 30 шт. або 5,5%). Удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечує приріст до 600 шт. за густоти 30 тис./га, що на 50 шт. або 9,1% більше, ніж у контролі. При густоті 60 тис./га цей показник зменшується до 550 шт., що на 50 шт. або 8,3% нижче за максимум. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ стабілізує кількість зернин на рівні 600 шт. за густоти 30–40 тис./га, зменшуючи її до 580 шт. за густоти 60 тис./га, що на 20 шт. або 3,3% нижче.

Середньостиглий гібрид ДМС 3015 без удобрення демонструє 600 зернин при густоті 30 тис./га та зменшення до 580 шт. при густоті 60 тис./га (різниця 20 шт. або 3,3%). Застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшує цей показник до 650 шт. за густоти 30 тис./га (приріст на 50 шт. або 8,3%), проте при густоті 60 тис./га кількість зернин знижується до 600 шт. (зменшення на 50 шт. або 7,7%). При удобренні $N_{60}P_{60}K_{60}$ спостерігається максимальна стабільність: 650 зернин за густоти 30–40 тис./га, що знижується до 620 шт. при густоті 60 тис./га (на 30 шт. або 4,6%).

Середньопізній гібрид ДМС Шатл без добрив має найвищі показники серед усіх груп стиглості – 670 зернин за густоти 30 тис./га, які поступово зменшуються до 640 шт. за густоти 60 тис./га (різниця 30 шт. або 4,5%). Удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищує кількість зернин до 700 шт. за густоти 30 тис./га (на 30 шт. або 4,5% більше), однак за густоти 60 тис./га цей показник знижується до 650 шт., що на 50 шт. або 7,1% нижче максимуму. Максимальні результати при $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 700 зернин за густоти 30–40 тис./га, які зменшуються до 690 шт. за густоти 60 тис./га (на 10 шт. або 1,4%).

Отже, кількість зернин із качана у досліджуваних гібридів кукурудзи залежить від рівня удобрення та густоти стояння рослин. Найвищі показники спостерігаються за низької густоти рослин та застосування повного комплексу добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$, що підтверджує ефективність оптимізації агротехнічних заходів для максимізації продуктивності культури.

Аналіз маси зерна з качана у різних гібридів кукурудзи залежно від рівня удобрення та густоти стояння рослин демонструє виражений вплив агротехнічних заходів на продуктивність культури. Показники маси зерна змінюються залежно від групи стиглості гібридів, рівня удобрення та густоти стояння (рис. 4.4).

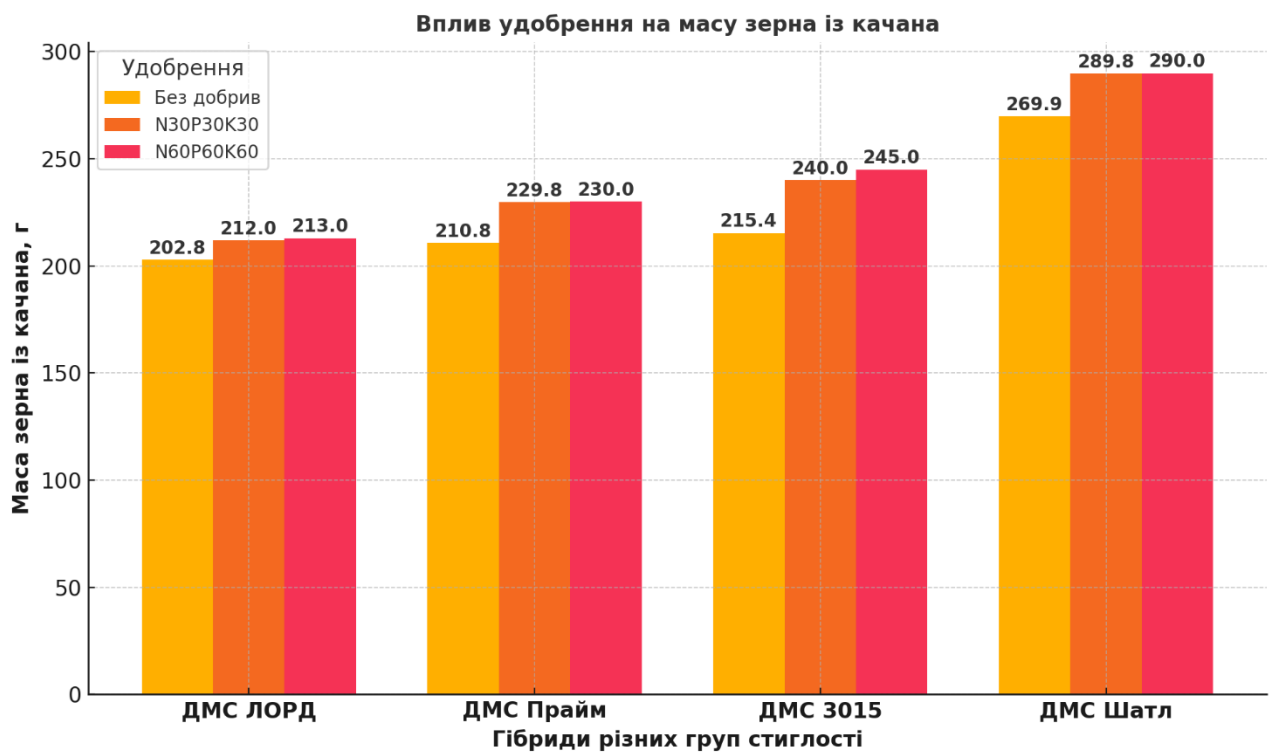


Рис. 4.4 Маса зерна із качана кукурудзи різних груп стиглості за дії густоти стояння рослин та рівня інерального живлення в середньому за 2022–2024 рр.

Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд за відсутності добрив маса зерна з качана зменшується з 202,8 г за густоти 30 тис./га до 180,0 г за густоти 60 тис./га, що становить зниження на 22,8 г або 11,2%. Застосування добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищує масу зерна до 212,0–212,8 г при всіх рівнях

густоти, що на 10,0–32,8 г (4,9–18,2%) більше, ніж у контролі. Максимальні показники спостерігаються при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$, де маса зерна сягає 213,0 г за густоти 30–40 тис./га і зменшується лише до 212,0 г за густоти 60 тис./га, демонструючи високу стабільність.

Середньоранній гібрид ДМС Прайм за відсутності добрив має масу зерна 210,8 г при густоті 30 тис./га, яка поступово зменшується до 208,0 г при густоті 60 тис./га (зниження на 2,8 г або 1,3%). При внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ спостерігається приріст маси зерна до 229,8 г при густоті 30 тис./га, що на 19,0 г або 9,0% більше, ніж у контролі. Однак зі збільшенням густоти до 60 тис./га маса знижується до 216,2 г, що на 13,6 г або 5,9% менше порівняно з максимальним значенням. Удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує ще більшу продуктивність – до 230,0 г за густоти 30 тис./га, але при густоті 60 тис./га маса зменшується до 215,0 г (зниження на 15,0 г або 6,5%).

Середньостиглий гібрид ДМС 3015 без удобрення показує масу зерна 215,4 г за густоти 30 тис./га та зниження до 210,0 г за густоти 60 тис./га (зменшення на 5,4 г або 2,5%). Удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищує цей показник до 240,0 г за густоти 30 тис./га (приріст на 24,6 г або 11,4%), а при густоті 60 тис./га маса знижується до 235,4 г (зменшення на 4,6 г або 1,9%). Максимальні значення досягаються при $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 245,0 г за густоти 30 тис./га, що на 29,6 г або 13,7% більше, ніж у контролі, з поступовим зменшенням до 238,0 г при густоті 60 тис./га (зниження на 7,0 г або 2,9%).

Середньопізній гібрид ДМС Шатл демонструє найвищі показники серед усіх гібридів. За відсутності добрив маса зерна становить 269,9 г за густоти 30 тис./га, яка поступово зменшується до 260,0 г при густоті 60 тис./га (зниження на 9,9 г або 3,7%). При удобренні $N_{30}P_{30}K_{30}$ цей показник зростає до 289,8 г за густоти 30 тис./га (приріст на 19,9 г або 7,4%) і знижується до 283,9 г за густоти 60 тис./га (на 5,9 г або 2,0% менше). Максимальні значення досягаються при $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 290,0 г за густоти 30 тис./га із поступовим зниженням до 285,0 г за густоти 60 тис./га (зменшення на 5,0 г або 1,7%).

Таким чином, збільшення рівня удобрення позитивно впливає на масу зерна з качана у всіх досліджуваних гібридів, причому максимальні показники спостерігаються при застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}$. Зі збільшенням густоти стояння рослин маса зерна має тенденцію до зниження, проте цей вплив менш виражений у гібридів із вищим рівнем забезпечення елементами живлення.

4.2. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння та рівня мінерального живлення.

Урожайність кукурудзи значною мірою залежить від густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення, які взаємодіють між собою, впливаючи на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах та їх продуктивність. Різні гібриди кукурудзи, залежно від групи стиглості, демонструють неоднакову реакцію на ці фактори, що обумовлює необхідність їх оптимального поєднання.

Дослідження показали, що ранньостиглі гібриди кукурудзи здатні формувати високі врожаї за умов помірної густоти стояння рослин. Наприклад, при густоті 60–70 тис./га вони забезпечують максимальну продуктивність за внесення мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$. Середньостиглі гібриди краще реагують на підвищену густоту – до 80 тис./га, особливо за умов підвищеного мінерального живлення ($N_{90}P_{90}K_{90}$). У той же час, пізньостиглі гібриди потребують зменшення густоти до 50–60 тис./га через більш тривалий період вегетації і більшу потребу в площі живлення.

Мінеральне живлення є ключовим фактором, що впливає на ефективність фотосинтетичної діяльності та формування генеративних органів. Дослідження, проведені в умовах північного Степу України, виявили, що застосування добрив у дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ сприяє підвищенню врожайності гібридів усіх груп стиглості, проте найбільший приріст

спостерігається у середньостиглих гібридів – до 1,5–2,0 т/га порівняно з контролем [234, 235].

Також важливим є поєднання густоти стояння з рівнем мінерального живлення. Наприклад, у дослідях з ранньостиглими гібридами за густоти 70 тис./га і внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ врожайність становила 8,5 т/га, тоді як у середньостиглих гібридів за густоти 80 тис./га і внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ вона досягала 10,2 т/га. У пізньостиглих гібридів оптимальна густина 60 тис./га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}$ забезпечувала врожайність на рівні 9,8 т/га.

Ефективне вирощування кукурудзи потребує врахування біологічних особливостей гібридів різних груп стиглості, а також оптимізації густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення. Це дозволяє досягти максимального використання потенціалу продуктивності культури [234, 235].

Упродовж 2022–2024 років нашими дослідженнями було встановлено, що за врожайністю зерна виділялися середньостиглий гібрид ДМС 3015 (3,86–6,02 т/га), середньопізній ДМС Шатл (4,41–6,01 т/га) та середньоранній ДМС Прайм (4,52–5,97 т/га). Ці показники свідчать про перевагу гібридів з більш тривалим вегетаційним періодом. У той же час, ранньостиглий гібрид ДМС Лорд характеризувався врожайністю на рівні 3,89–4,60 т/га, що на 0,63–1,42 т/га (13,9–23,5 %) менше порівняно з іншими гібридами (табл. 4.2, рис. 4.5).

Застосування мінеральних добрив забезпечило підвищення врожайності кукурудзи відносно контрольного варіанту. Для середньостиглого гібрида ДМС 3015 внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшило врожайність на 0,12–0,87 т/га, що становить 2,13–18,3 %, а підживлення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло приросту врожаю на 0,66–1,13 т/га (11,35–22,6 %). У середньопізнього гібрида ДМС Шатл застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст врожайності на 0,37–1,17 т/га (7,7–19,6 %), тоді як внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню врожаю на 0,24–1,1 т/га (4,23–19,9 %).

Однак у 2022–2024 рр. на ранньостиглому гібриді ДМС Лорд та середньоранньому ДМС Прайм ефективність добрив була низькою через

посуху в критичні фази розвитку (викидання волоті, цвітіння, наливу зерна). Прибавка врожайності була мінімальною: на ДМС Лорд – лише 0,01 т/га (0,21 %), а на ДМС Прайм – 0,66 т/га (11,0 %).

Таблиця 4.2

Вплив густоти стояння рослин та фону мінерального удобрення на врожайність зерна кукурудзи в середньому за 2022–2024 роки, т/га

Густина стояння рослин, тис/га (фактор С)	Гібриди кукурудзи (фактор А) та система удобрення (фактор В)												
	ДМС ЛОРД (ранньостиглий)			ДМС ПРАЙМ (середньоранній)			ДМС 3015 (середньостиглий)			ДМС ШАТЛ (середньопізній)			
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
2022 рік													
30	4,35	4,21	4,11	5,94	4,79	5,15	4,90	5,68	5,85	5,14	5,37	6,85	
40	4,41	4,45	4,87	6,14	6,44	6,22	6,22	6,94	6,21	6,26	6,48	7,18	
50	5,15	4,78	5,12	6,83	7,22	7,49	6,06	7,16	7,59	7,34	7,51	7,25	
60	5,33	4,61	4,87	6,58	7,25	6,81	6,72	7,22	7,37	7,00	7,43	7,11	
2023 рік													
30	4,64	4,45	3,96	4,92	5,50	5,34	3,90	5,32	5,22	4,50	5,10	5,70	
40	4,95	4,35	4,34	5,86	5,90	5,45	5,34	6,02	5,56	5,60	5,40	6,10	
50	4,96	5,01	4,90	6,02	6,05	6,02	5,76	6,32	6,23	5,87	6,05	6,25	
60	5,33	4,75	4,62	5,10	6,01	5,84	5,05	5,76	5,98	5,20	5,05	5,50	
2024 рік													
30	2,70	3,20	3,40	2,70	2,90	3,10	2,80	3,20	3,90	3,60	3,80	4,00	
40	3,10	3,30	3,30	3,50	3,70	3,90	3,20	3,50	4,20	3,90	4,10	4,30	
50	3,00	3,60	3,80	4,20	4,30	4,40	3,80	4,00	4,25	4,20	4,30	4,30	
60	2,50	3,50	3,70	3,80	4,20	3,80	3,70	3,90	4,10	4,10	4,20	4,40	
Середнє													
30	3,89	3,95	3,82	4,52	4,39	4,53	3,86	4,73	4,99	4,41	4,78	5,51	
40	4,15	4,03	4,17	5,16	5,34	5,19	4,92	5,48	5,32	5,25	5,32	5,86	
50	4,37	4,46	4,60	5,68	5,85	5,97	5,20	5,82	6,02	5,80	5,95	6,01	
60	4,38	4,28	4,39	5,16	5,82	5,48	5,15	5,62	5,81	5,43	5,56	5,67	
Роки досліджень							2022	2023	2024				
НІР _{0,5} , т/га для гібриду (А)							1,0	0,8	0,9				
для системи добрив (В)							0,7	0,6	0,3				
для густоти стояння рослин (С)							0,6	0,5	0,7				
для взаємодії факторів (АВС)							1,5	1,4	1,2				

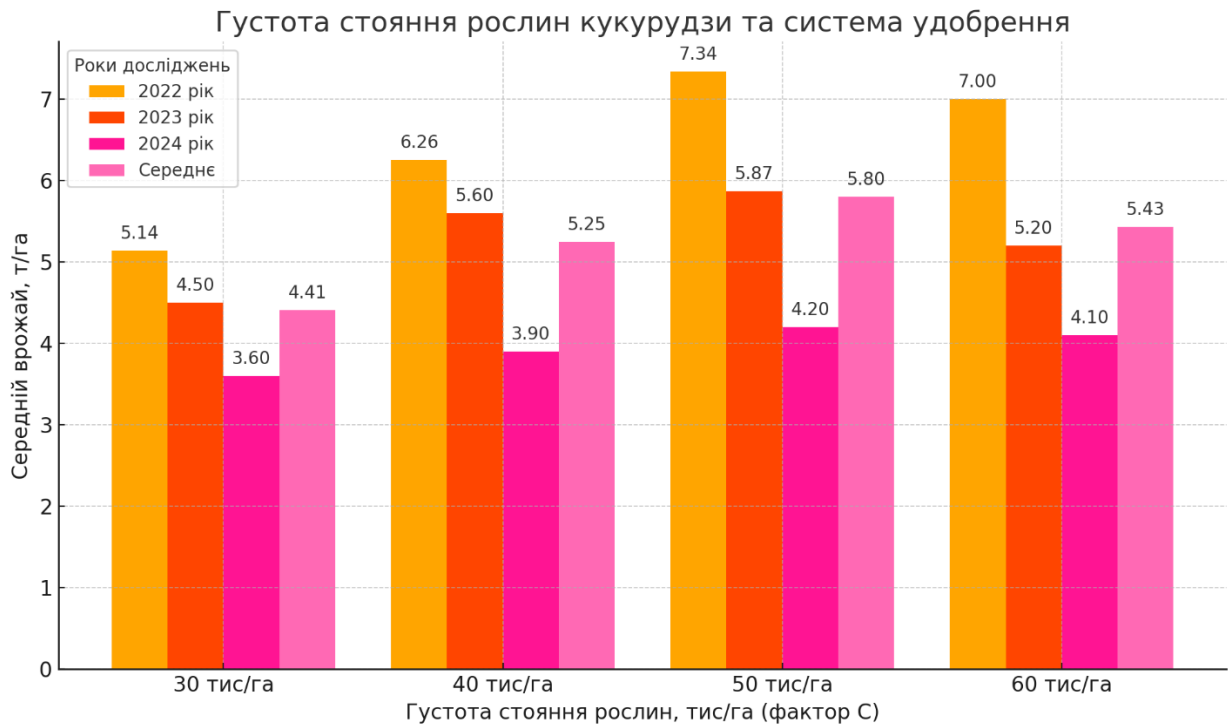


Рис. 4.5 Динаміка урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення за 2022–2024 рр.

Зображення діаграми на рис. 4.6 ілюструє залежність врожайності кукурудзи від густоти стояння рослин по роках, з урахуванням різних систем удобрення. У 2022 році, який характеризувався високим рівнем вологозабезпечення, урожайність кукурудзи на зерно суттєво залежала від густоти стояння рослин, типу гібриду та внесення мінеральних добрив. Завдяки сприятливим умовам, гібриди демонстрували максимальні показники врожайності, особливо за густоти 50 тис./га. Середньопізній гібрид ДМС Шатл із внесенням добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ показав найвищу врожайність (7,51 т/га). Вологі умови забезпечили рівномірний розвиток рослин, що дозволило максимально розкрити потенціал продуктивності гібридів. У 2023 році, який мав помірне зволоження, спостерігалось зниження врожайності порівняно з попереднім роком, проте врожайність залишалась на достатньо високому рівні, особливо за внесення мінеральних добрив. Середньоранній гібрид ДМС Прайм із добривами $N_{60}P_{60}K_{60}$ продемонстрував найкращі результати при густоті 50 тис./га (6,32 т/га).

Помірна кількість вологи сприяла стабільному розвитку рослин, але знижувала інтенсивність накопичення біомаси, особливо у посушливіші періоди вегетації. У 2024 році, який виявився посушливим, урожайність кукурудзи значно знизилася через обмежений доступ до вологи, що вплинуло на продуктивність усіх гібридів. Найвищу врожайність (4,40 т/га) зафіксовано у середньораннього гібриду ДМС Прайм із внесенням добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ при густоті 50 тис./га. Навіть за оптимальної густоти стояння рослин, посуха спричинила скорочення тривалості періоду наливу зерна, що позначилося на загальному рівні врожайності.

Незважаючи на це, густина стояння 50 тис./га залишилася оптимальною для досягнення найвищого врожаю. Середні показники за три роки підтверджують, що використання добрив позитивно впливає на врожайність, хоча ефективність їх застосування залежить від погодних умов і технології вирощування.

Результати досліджень демонструють, що максимальна врожайність кукурудзи досягається за помірно вологих умов і оптимальної густоти 50 тис./га. Внесення добрив, особливо $N_{60}P_{60}K_{60}$, суттєво підвищує продуктивність рослин за будь-яких погодних умов, хоча в посушливі роки ефект від добрив знижується через недостатню доступність вологи для їх засвоєння. Вологий 2022 рік став найпродуктивнішим, тоді як 2024 рік продемонстрував критичний вплив посухи на врожайність навіть за оптимальних агротехнічних умов.

Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню врожайності кукурудзи. Для середньостиглого гібрида ДМС 3015 внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшило врожайність на 2,13–18,3 %, а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 11,35–22,6 %. У середньопізнього гібрида ДМС Шатл приріст врожайності становив 7,7–19,6 % при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ і 4,23–19,9 % при застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Водночас ефективність добрив для ранньостиглого гібрида ДМС Лорд і середньораннього ДМС Прайм була низькою через посушливі умови в критичні фази розвитку рослин. Приріст врожайності становив лише 0,21 %

для ДМС Лорд і 11,0 % для ДМС Прайм. Це свідчить про необхідність адаптації технологій вирощування до кліматичних умов регіону.

4.3. Якісні показники зерна кукурудзи за дії густоти стояння і рівня мінерального живлення

Якість зерна кукурудзи є важливим показником, який визначається вмістом білка, жиру, клітковини та вуглеводів. На ці показники суттєво впливають такі агротехнічні фактори, як густина стояння рослин та рівень мінерального живлення. Оптимальна густина стояння забезпечує ефективне використання вологи та поживних речовин, що сприяє формуванню якісного зерна. Дослідження свідчать, що при дотриманні оптимальної густоти рослини кукурудзи більш ефективно використовують природні ресурси, такі як волога та елементи живлення ґрунту, що сприяє покращенню показників врожайності та якості зерна. Водночас надмірна густина стояння рослин може створювати надмірну конкуренцію за ресурси, що негативно позначається на формуванні якісного зерна [236–248].

Мінеральне живлення відіграє ключову роль у підвищенні якісних показників кукурудзи. Оптимальні дози добрив здатні суттєво покращити вміст білка та інших поживних речовин у зерні, тоді як надмірне застосування мінеральних добрив може знизити їхню ефективність і навіть погіршити якість зерна. Тому важливо враховувати властивості ґрунту, агрокліматичні умови та потреби конкретного гібриду кукурудзи. Результати досліджень також підтверджують, що поєднання оптимальної густоти стояння рослин із раціональним мінеральним живленням дає найкращий результат. У таких умовах рослини ефективніше використовують ресурси для розвитку, забезпечуючи високі врожаї зерна з поліпшеними якісними показниками [249–250].

Зокрема, за оптимальних умов рослини демонструють покращену фотосинтетичну активність, що позитивно впливає на накопичення сухої

речовини в зерні. Вибір правильної густоти стояння рослин залежить від особливостей конкретного гібриду кукурудзи та регіону вирощування. Зазвичай рекомендується густина в межах 50–60 тис. рослин на гектар, проте ці значення слід адаптувати відповідно до локальних умов. Щодо мінерального живлення, то його норми мають базуватися на результатах агрохімічного аналізу ґрунту та розрахунках під заплановану врожайність. Дотримання таких підходів дозволяє забезпечити формування зерна кукурудзи з високими показниками якості, задовольняючи потреби сучасного ринку та вимоги споживачів

У дослідженнях, проведених на Розівській дослідній станції Інституту зернових культур НААН України в зоні Степу у 2007–2011 роках під керівництвом Десятник Л. М. та Карнауха М. М. [24], було встановлено, що оптимальна передзбиральна густина рослин кукурудзи значно варіює залежно від групи стиглості гібридів. Для ранньостиглого гібрида Дніпровський 187 МВ оптимальна густина становить 35–40 тис. рослин/га, тоді як для середньораннього Дніпровський 284 МВ та середньостиглого Дніпровський 337 МВ цей показник дорівнює 30–40 тис. рослин/га. Для середньопізніх гібридів, таких як Дніпровський 473 СВ, оптимальна густина ще нижча – 25–30 тис. рослин/га.

Відзначено, що зі збільшенням густоти посівів у всіх досліджених біотипах знижується вміст азоту в зерні, тоді як вміст фосфору та калію залишається стабільним і не залежить від площі живлення рослин. Вміст білка в зерні гібридів коливається в межах 7,3–7,6%, проте у середньостиглого гібрида Дніпровський 337 МВ цей показник досягає 8,2%. Зростання густоти посівів від 20 до 50 тис. рослин/га призводить до зниження білковості зерна, причому найвищий вміст білка спостерігається за мінімальної густоти, хоча це супроводжується зниженням продуктивності. Вміст жиру в зерні також зменшується зі збільшенням густоти посівів: середньостиглі гібриди демонструють найвищі показники – 4,01% та 4,35%, тоді як у ранньостиглих і середньоранніх гібридів цей показник становить

3,61–3,79%.

Подальші дослідження, проведені Красненковим С. В., Дудкою М. І. та Чабаном В. І. [251], підтвердили, що для інших гібридів кукурудзи оптимальна густина також варіює: для ранньостиглих та середньоранніх гібридів, таких як Почаївський 190 МВ та Яровець 243 МВ, оптимальною є густина 50 тис. рослин/га, для середньостиглого Красилів 327 МВ – 40 тис., а для середньопізнього Бистриця 400 МВ – 30 тис. рослин/га. У роки із сприятливими умовами зволоження густіші посіви сприяли підвищенню врожайності ранньостиглих і середньоранніх гібридів при густоті 60–70 тис. рослин/га, тоді як для середньостиглих і середньопізніх оптимальними були 50–60 тис. рослин/га. Водночас посушливі умови, як у 2012 і 2014 роках, призводили до зниження врожайності за надмірної густоти на 15–18%.

Дослідження показали, що середньостиглі та середньопізні гібриди характеризуються підвищеним вмістом азоту та калію в зерні, а також вищим рівнем протеїну. Вміст крохмалю, жиру та клітковини в зерні змінювався незначно.

Закордонні дослідження демонструють, що оптимальна густина посівів кукурудзи значно залежить від ґрунтово–кліматичних умов. У Південній Африці вона становить 17,2–20,0 тис. рослин/га, у США – 30–40 тис., у країнах ЄС – 50–75 тис. рослин/га. Це підкреслює необхідність адаптації густоти до локальних умов, забезпечуючи баланс між продуктивністю і якістю зерна. За даними Югенхеймера Р. У. [252], підвищення густоти до 37–86 тис. рослин/га може сприяти збільшенню врожайності на 37–48%, проте важливо враховувати вплив рівня вологозабезпеченості та родючості ґрунту.

Результати дослідження продуктивності та якості гібридів кукурудзи свідчать про тісний взаємозв'язок між показниками урожайності та якісним складом зерна залежно від рівня удобрення та густоти рослин. Урожайність кукурудзи, яка є головним критерієм оцінки ефективності технологій вирощування, доповнюється показниками вмісту сирого протеїну та сирого жиру, що є ключовими характеристиками якості зерна (табл. 4.3, рис. 4.6).

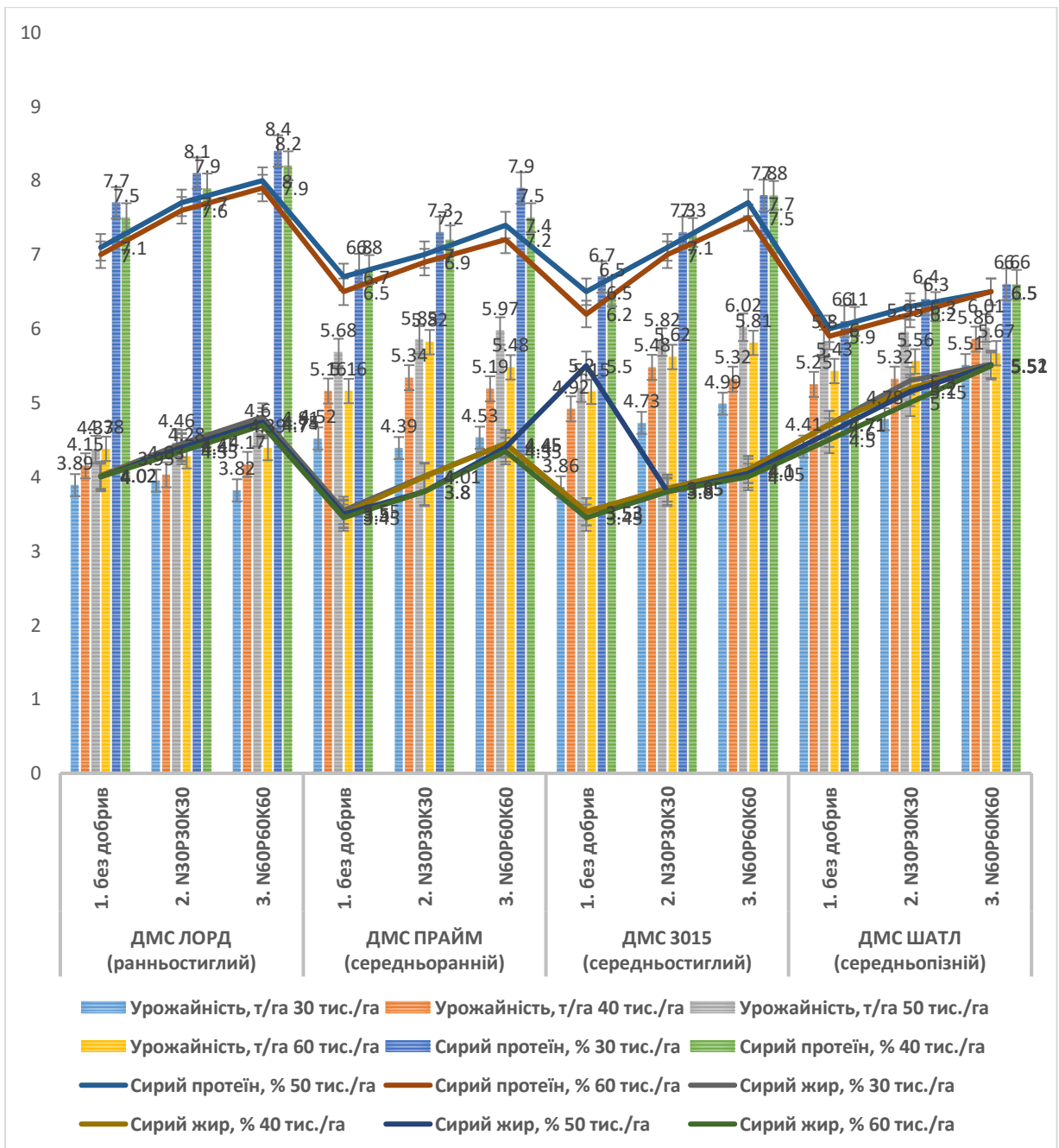


Рис. 4.6 Динаміка урожайності зерна кукурудзи та його якісних показників залежно від групи стиглості гібридів, густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення.

Гібрид ДМС Лорд (ранньостиглий) у контролі демонстрував урожайність на рівні 3,89–4,38 т/га залежно від густоти рослин, а вміст сирого протеїну становив 7,0–7,7%, сирого жиру – 4,0–4,02%. Застосування добрив N₃₀P₃₀K₃₀ призводило до підвищення урожайності до 3,95–4,46 т/га, що в абсолютних величинах становило приріст на 0,06–0,09 т/га (1,54–2,06%)

Таблиця 4.3

Урожайність зерна кукурудзи та його якість залежно від групи стиглості гібридів та удобрення в середньому за 2022–2024 рр., т/га

Гібриди кукурудзи (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Урожайність, т/га				Сирий протеїн, %				Сирий жир, %			
		Густота рослин кукурудзи, тис./га (фактор С)											
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	1. без добрив	3,89	4,15	4,37	4,38	7,7	7,5	7,1	7,0	4,02	4,02	4,0	4,0
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,95	4,03	4,46	4,28	8,1	7,9	7,7	7,6	4,45	4,40	4,40	4,35
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,82	4,17	4,60	4,39	8,4	8,2	8,0	7,9	4,81	4,75	4,74	4,70
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	1. без добрив	4,52	5,16	5,68	5,16	6,8	6,8	6,7	6,5	3,55	3,50	3,50	3,45
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,39	5,34	5,85	5,82	7,3	7,2	7,0	6,9	4,01	4,0	3,80	3,80
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,53	5,19	5,97	5,48	7,9	7,5	7,4	7,2	4,45	4,45	4,40	4,35
ДМС 3015 (середньостиглий)	1. без добрив	3,86	4,92	5,20	5,15	6,7	6,5	6,5	6,2	3,53	3,53	5,50	3,45
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,73	5,48	5,82	5,62	7,3	7,3	7,1	7,0	3,85	3,85	3,80	3,80
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,99	5,32	6,02	5,81	7,8	7,8	7,7	7,5	4,10	4,10	4,05	4,00
ДМС ШАТЛ (середньопізній)	1. без добрив	4,41	5,25	5,80	5,43	6,1	6,1	6,0	5,9	4,71	4,71	4,60	4,50
	2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,78	5,32	5,95	5,56	6,4	6,3	6,3	6,2	5,30	5,20	5,15	5,00
	3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,51	5,86	6,01	5,67	6,6	6,6	6,5	6,5	5,52	5,51	5,51	5,50
НІР _{0,5} , т/га для гібриду (А)		Урожайність				Сирий протеїн				Сирий жир			
для удобрення (В)		0,8				0,7				0,4			
для густоти стояння рослин (С)		0,6				0,4				0,3			
для взаємодії факторів (АВС)		0,5				0,2				0,2			
		1,4				1,2				0,7			

при густоті 30–50 тис./га. Одночасно спостерігалось зростання вмісту сирого протеїну до 7,6–8,1%, що забезпечувало приріст на 0,5–0,6% (6,49–8,45%), а сирого жиру – до 4,35–4,45%, тобто на 0,33–0,43% (8,21–10,70%). При внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність зростала до 3,82–4,60 т/га, що відповідало приросту до 5,26% залежно від густоти, а вміст сирого протеїну та жиру досягав максимуму – 7,9–8,4% та 4,70–4,81%, відповідно.

Гібрид ДМС Прайм (середньоранній) без добрив забезпечував урожайність у межах 4,52–5,68 т/га. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ вона підвищувалася до 4,39–5,85 т/га, що становило приріст до 2,99%, а за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ досягала 4,53–5,97 т/га з максимальним приростом на 5,11%. Вміст сирого протеїну у цьому гібриді зростав із 6,5–6,8% у контролі до 6,9–7,9% за $N_{60}P_{60}K_{60}$, що забезпечувало приріст до 16,18%. Одночасно вміст сирого жиру зростав із 3,45–3,55% до 4,35–4,45%, що відповідало приросту до 17,39%.

Гібрид ДМС 3015 (середньостиглий) демонстрував високу реакцію на удобрення. У контролі урожайність складала 3,86–5,20 т/га, а за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищувалася до 4,73–5,82 т/га, що в абсолютних величинах становило приріст до 0,62 т/га (11,92%). За удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність досягала 4,99–6,02 т/га, забезпечуючи приріст до 15,77%. Вміст сирого протеїну зростав із 6,2–6,7% у контролі до 7,0–7,8% за максимального рівня удобрення, а сирого жиру – із 3,45–3,53% до 4,0–4,10%.

Гібрид ДМС Шатл (середньопізній) без добрив формував урожайність у межах 4,41–5,80 т/га залежно від густоти. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ цей показник зростав до 4,78–5,95 т/га, що забезпечувало приріст на 0,37–0,59 т/га (8,39–12,52%), а за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ досягав 5,51–6,01 т/га із максимальним приростом 24,94%. Вміст сирого протеїну зростав із 5,9–6,1% у контролі до 6,5–6,6% за удобрення, тоді як вміст сирого жиру досягав 5,52%, що становило приріст до 17,19%.

Ранньостиглі гібриди кукурудзи часто демонструють вищу якість зерна за вмістом білка порівняно із середньоранніми та середньопізніми гібридами. Це пояснюється низкою ключових чинників. По–перше, швидше завершення

вегетаційного періоду дозволяє ранньостиглим гібридам ефективніше використовувати поживні речовини, особливо азот, для синтезу білка. Завдяки коротшому періоду дозрівання конкуренція за ресурси триває менше, що сприяє накопиченню білка в зерні.

По-друге, ранньостиглі гібриди формують меншу біомасу, що зменшує витрати поживних речовин на вегетативну частину рослини та дозволяє спрямувати їх на формування зерна з вищим вмістом білка. У посушливих умовах степової зони ранньостиглі гібриди ефективніше використовують сприятливі періоди з достатньою вологістю та оптимальною температурою, що сприяє накопиченню білка навіть за обмежених ресурсів у пізніших фазах розвитку. Крім того, через нижчу загальну врожайність ранньостиглі гібриди формують менше зернин на рослину, що сприяє концентрації поживних речовин у кожній зернині.

Зниження густоти рослин до 30 тис./га також сприяло підвищенню вмісту білка в зерні. Наприклад, у ранньостиглого гібрида ДМС Лорд вміст білка збільшувався на 0,5–0,7 в.п. (7,7–8,4 %), у середньораннього ДМС Прайм – на 0,3–0,7 в.п. (6,8–7,9 %), у середньостиглого ДМС 3015 – на 0,3–0,5 в.п. (6,7–7,8 %), а у середньопізнього ДМС Шатл – на 0,1–0,2 в.п. (6,1–6,6 %). Менша густота забезпечувала кожній рослині більше доступу до світла, вологи та поживних речовин, що сприяло концентрації білка в зерні. Азот, необхідний для синтезу білка, розподілявся між меншою кількістю зернин, підвищуючи білковий вміст у кожній із них.

Натомість середньопізній гібрид ДМС Шатл формувал найнижчий вміст білка в зерні (6,1–6,6 %) через велику вегетативну масу, особливо за густоти 60 тис. рослин/га, що посилювало конкуренцію за ресурси та уповільнювало ріст у посушливих умовах. Вищі врожаї зазвичай супроводжуються зниженням вмісту білка, оскільки поживні речовини розподіляються на більшу кількість зернин.

Внесення добрив позитивно впливало як на врожайність, так і на якість зерна. За використання $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ вміст білка зростав на 0,5–1,3 в.п. незалежно від густоти рослин. Уміст сирого жиру, натомість, був практично

незмінним залежно від густоти, але збільшувався на 0,6–0,7 в.п. при внесенні мінеральних добрив.

Серед гібридів виділявся середньопізній ДМС Шатл, який демонстрував найвищий уміст жиру (4,71–5,5 %), що перевищувало показники інших гібридів на 0,7–1,24 в.п. Це пояснюється тривалішим періодом росту, що дає більше часу для накопичення енергії у формі жирів. Під час цього періоду рослини продовжують фотосинтез і синтез органічних сполук, що сприяє збільшенню вмісту жиру в зерні. Більша вегетативна маса також сприяє накопиченню вуглеводів, які частково перетворюються на жири. Середньопізні гібриди краще адаптовані до стресових умов пізньої вегетації, таких як нестача вологи, що також стимулює накопичення жирів як енергетичного резерву.

Тобто, найоптимальнішою густрою стояння для кукурудзи різних груп стиглості виявилася 50–60 тис. рослин на гектар, що забезпечувало максимальну врожайність зерна – 4,60–6,02 т/га для середньостиглих гібридів і 4,38–5,81 т/га для інших груп – разом із високими показниками якості. У умовах Північного Степу України рекомендовано висівати середньостиглі гібриди кукурудзи при густоті 50 тис. рослин на гектар із внесенням добрив у дозах $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$. Зокрема, гібрид ДМС 3015 показав найвищу врожайність – 6,02 т/га.

Для посушливих умов доцільно використовувати ранньостиглі гібриди, наприклад, ДМС Лорд, який забезпечував врожайність 3,89–4,60 т/га. Хоча цей показник на 13,9–23,5 % нижчий порівняно з іншими гібридами, він демонстрував кращу якість зерна за вмістом сирого протеїну – 7,7–8,4 %.

Висновки до розділу 4

1. Всі елементи структури врожаю кукурудзи, включаючи висоту рослин, довжину качана, діаметр качана, кількість рядів і зернин, а також масу зерна з качанів, суттєво залежали від групи стиглості гібридів, густоти стояння рослин і рівня удобрення. Зі збільшенням густоти стояння рослин ці показники

зазвичай знижувалися, однак внесення добрив, особливо $N_{60}P_{60}K_{60}$, дозволяло суттєво підвищити їх значення. Наприклад, для середньопізннього гібриду ДМС Шатл висота рослин за умов удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ досягала 21,85 дм при густоті 30 тис./га, що на 3,45 дм (18,8%) більше порівняно з варіантом без добрив. Подібна тенденція спостерігалася для довжини качана, яка зростала на 0,15 дм (5,7 %) для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд при удобренні $N_{60}P_{60}K_{60}$. Діаметр качана також збільшувався: для середньостиглого гібриду ДМС 3015 за умов удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ він досягав 15,4 мм, що на 0,2 мм (1,3%) перевищувало контрольний варіант. Найвищі значення всіх параметрів були зафіксовані у середньостиглих і середньопізніх гібридів, що свідчить про їх більший потенціал у реалізації продуктивності за оптимальних агротехнічних умов. Тобто, ефективність удобрення та густина стояння рослин є ключовими факторами для оптимізації врожайності кукурудзи різних груп стиглості.

2. Протягом 2022–2024 років найвищу врожайність зерна демонстрували середньостиглі та середньопізні гібриди кукурудзи, зокрема ДМС 3015 (3,86–6,02 т/га), ДМС Шатл (4,41–6,01 т/га) та ДМС Прайм (4,52–5,97 т/га), що свідчить про перевагу гібридів із тривалішим вегетаційним періодом. Водночас ранньостиглий гібрид ДМС Лорд забезпечував врожайність на рівні 3,89–4,60 т/га, що на 0,63–1,42 т/га або 13,9–23,5 % нижче порівняно з іншими гібридами. Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню врожайності кукурудзи, зокрема для середньостиглого гібрида ДМС 3015 внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшило врожайність на 0,12–0,87 т/га (2,13–18,3 %), а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 0,66–1,13 т/га (11,35–22,6 %). У середньопізннього гібрида ДМС Шатл внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст на 0,37–1,17 т/га (7,7–19,6 %), а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 0,24–1,1 т/га (4,23–19,9 %). Натомість ефективність добрив для ранньостиглого гібрида ДМС Лорд і середньораннього ДМС Прайм була низькою через посушливі умови в критичні фази розвитку рослин, що обмежило приріст врожайності до 0,01 т/га (0,21 %) для ДМС Лорд і 0,66 т/га (11,0 %) для ДМС Прайм. Це підкреслює важливість адаптації технологій вирощування до кліматичних умов регіону.

3. Дослідження якості зерна кукурудзи, зокрема за вмістом сирого протеїну та сирого жиру, виявило значний вплив групи стиглості гібридів, густоти рослин і рівня мінерального удобрення. Внесення добрив у дозах $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ позитивно впливало на якість зерна кукурудзи, збільшуючи вміст сирого протеїну на 0,5–1,3% (6,49–17,74%) та сирого жиру на 0,33–1,02% (8,21–22,68%) залежно від гібриду. Найвищий вміст протеїну (8,4%) зафіксовано у ранньостиглого гібриду ДМС Лорд, а найвищий вміст жиру (5,52%) – у середньопізнього гібриду ДМС Шатл, що обумовлено біологічними особливостями цих гібридів і тривалістю їхнього вегетаційного періоду.

Основні наукові результати розділу 4 автором опубліковано в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [147–154].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

Вирощування зерна кукурудзи є ключовим напрямом аграрного виробництва, а впровадження різних елементів технології повинно базуватися на ретельному економічному аналізі їх доцільності. Застосування нових підходів у технологіях має забезпечувати зниження енергоємності виробництва без зниження продуктивності культури, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів і підвищити економічну ефективність господарств. Економічна оцінка ефективності вирощування кукурудзи враховує сукупні прямі матеріальні витрати, до яких належать витрати на виробничі процеси, закупівлю високоякісного насіння, добрив і засобів захисту рослин, зокрема гербіцидів, а також витрати на паливно–мастильні матеріали. Крім того, до розрахунків включають витрати на оплату праці, що охоплюють як основну заробітну плату працівників, так і додаткові виплати. Також враховуються обов'язкові відрахування до соціальних фондів, таких як пенсійний фонд і фонд соціального страхування, а також витрати на амортизацію техніки та її поточний ремонт.

Ефективне застосування елементів технології передбачає їх адаптивність до конкретних умов вирощування, таких як кліматичні особливості та стан ґрунту, а також забезпечення енергоощадливості, що дозволяє зменшити споживання енергоресурсів. Важливим фактором є також тривалий економічний ефект, який враховує як короткострокову, так і довгострокову окупність інвестицій у нові технології. Тобто, оптимізація виробничих витрат і підвищення врожайності завдяки впровадженню нових технологічних рішень сприяють зростанню прибутковості та забезпечують стабільність і конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств на ринку [253–255].

Урожайність зерна кукурудзи значно варіювала залежно від групи стиглості гібридів, густоти стояння рослин і рівня удобрення, що було зумовлено біологічними особливостями кожного окремого гібриду, а також їхньою реакцією на агротехнічні умови. Різні рівні густоти стояння рослин у поєднанні з варіантами удобрення спричиняли значні зміни у формуванні врожаю, впливаючи на ефективність використання ресурсів. Густота стояння рослин визначала ступінь конкуренції між ними за світло, вологу та поживні речовини, тоді як рівень удобрення забезпечував оптимізацію живлення, необхідного для повного розкриття потенціалу гібридів.

Ці фактори безпосередньо впливали на економічні аспекти вирощування кукурудзи, адже від них залежала величина виробничих витрат, необхідних для реалізації всіх етапів технологічного процесу. До цих витрат належали заходи з підготовки ґрунту, висіву насіння, внесення добрив, обробки посівів засобами захисту рослин, збирання врожаю та післязбиральної доробки. Зміна густоти стояння рослин або рівня удобрення могла як підвищити врожайність, так і призвести до перевитрат ресурсів, якщо біологічні можливості гібридів не відповідали встановленим параметрам. Це, у свою чергу, впливало на кінцеву економічну ефективність технології вирощування, формуючи витрати на одиницю продукції та загальний рівень прибутковості господарства.

Оптимальне поєднання густоти стояння рослин, рівнів удобрення та біологічних властивостей гібридів є ключовим фактором для досягнення високої врожайності зерна кукурудзи та раціонального використання ресурсів у технології її вирощування. Дані цього аналізу наведено в таблиці 5.1, яка ілюструє взаємозв'язок між зазначеними параметрами та їхнім впливом на економічні результати.

Дослідження продуктивності різних гібридів кукурудзи за різної густоти посівів та рівня удобрення виявило суттєві варіації в урожайності зерна, економічній ефективності та рівні рентабельності. Розглянемо детальніше результати експерименту для кожного гібрида, враховуючи всі аспекти виробничого процесу.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення у середньому за 2022–2024 роки

Гібриди кукурудзи	Густота рослин кукурудзи, тис./га	Удобрення	Урожайність зерна, т/га	Ціна реалізації зерна, грн/т	Витрати на добрива, грн/га	Виробничі витрати всього, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %	Надбавка відсоткових пунктів
ДМС ЛОРД (ранньостиглий)	30	без добрив	3,89	8750	–	9000	34037.5	25037.5	278,1	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,95	8750	5300	14300	34562.5	14962.5	141,6	–136,4
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,82	8750	10600	19600	33425.0	3225.0	70,5	–207,6
	40	без добрив	4,15	8750	–	9000	36312.5	27312.5	303,4	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,03	8750	5300	14300	35262.5	15662.5	146,5	–156,8
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,17	8750	10600	19600	36487.5	6287.5	86,1	–217,3
	50	без добрив	4,37	8750	–	9000	38237.5	29237.5	324,8	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,46	8750	5300	14300	39025.0	19425.0	172,9	–151,9
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,60	8750	10600	19600	40250.0	10050.0	105,3	–219,5
	60	без добрив	4,38	8750	–	9000	38325.0	29325.0	325,8	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,28	8750	5300	14300	37450.0	17850.0	161,8	–163,9
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,39	8750	10600	19600	38412.5	8212.5	95,9	–229,8
ДМС ПРАЙМ (середньоранній)	30	без добрив	4,52	8750	–	9000	39550.0	30550.0	339,4	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,39	8750	5300	14300	38412.5	18812.5	168,6	–170,8
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,53	8750	10600	19600	39637.5	9437.5	102,2	–237,2
	40	без добрив	5,16	8750	–	9000	45150.0	36150.0	401,6	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,34	8750	5300	14300	46725.0	27125.0	226,7	–174,9
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,19	8750	10600	19600	45412.5	15212.5	131,6	–269,9
	50	без добрив	5,68	8750	–	9000	49700.0	40700.0	452,2	–
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,85	8750	5300	14300	51187.5	31587.5	257,9	–194,2
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,97	8750	10600	19600	52237.5	22037.5	166,5	–285,7

	60	без добрив	5,16	8750	–	9000	45150,0	36150,0	401,6	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,82	8750	5300	14300	50925,0	31325,0	256,1	–145,5	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,48	8750	10600	19600	47950,0	17750,0	144,6	–257,0	
ДМС 3015 (середньостиглий)	30	без добрив	3,86	8750	–	9000	33775,0	24775,0	275,2	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,73	8750	5300	14300	41387,5	27087,5	189,4	–85,8	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,99	8750	10600	19600	43662,5	24062,5	122,7	–152,5	
	40	без добрив	4,92	8750	–	9000	43050,0	34050,0	378,3	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,48	8750	5300	14300	47950,0	33650,0	235,0	–143,3	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,32	8750	10600	19600	46550,0	26950,0	137,4	–240,8	
	50	без добрив	5,20	8750	–	9000	45500,0	36500,0	405,5	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,82	8750	5300	14300	50925,0	36625,0	256,0	–149,4	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,02	8750	10600	19600	52675,0	33075,0	168,7	–236,8	
	60	без добрив	5,15	8750	–	9000	45062,5	36062,5	400,6	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,62	8750	5300	14300	49175,0	34875,0	243,8	–156,8	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,81	8750	10600	19600	50837,5	31237,5	159,3	–241,3	
	ДМС ШАТЛ (середньопізній)	30	без добрив	4,41	8750	–	9000	38587,5	29587,5	328,7	–
			N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,78	8750	5300	14300	41825,0	27525,0	192,5	–136,2
			N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,51	8750	10600	19600	48212,5	28612,5	145,9	–182,7
40		без добрив	5,25	8750	–	9000	45937,5	36937,5	410,4	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,32	8750	5300	14300	46550,0	32250,0	225,6	–184,8	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,86	8750	10600	19600	51275,0	31675,0	161,5	–248,8	
50		без добрив	5,80	8750	–	9000	50750,0	41750,0	463,8	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,95	8750	5300	14300	52062,5	37762,5	264,0	–199,8	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,01	8750	10600	19600	52587,5	32987,5	168,3	–295,5	
60		без добрив	5,43	8750	–	9000	47512,5	38512,5	427,9	–	
		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,56	8750	5300	14300	48650,0	34350,0	240,2	–187,7	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,67	8750	10600	19600	49612,5	30012,5	153,1	–274,7	

Для гібриду ДМС Лорд, ранньостиглої групи стиглості, спостерігалось, що урожайність зерна за відсутності добрив залежала від густоти посівів. Наприклад, за густоти 30 тис./га урожайність становила 3,89 т/га, що забезпечило валову продукцію вартістю 34 037,5 грн/га, чистий прибуток 25 037,5 грн/га, а рівень рентабельності – 278,1%. Під час застосування добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність зростає лише на 0,06 т/га (1,54%) до 3,95 т/га, але виробничі витрати суттєво збільшилися на 5 300 грн/га, що призвело до зниження умовного чистого прибутку до 14 962,5 грн/га (падіння на 40,2% порівняно з контролем). Аналогічно, при дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність знизилася до 3,82 т/га (зменшення на 0,07 т/га або 1,8%), а чистий прибуток впав на 87,1% – до 3 225 грн/га, через високі витрати на добрива (10 600 грн/га).

За густоти 40 тис./га урожайність без добрив становила 4,15 т/га, що перевищувало результат при густоті 30 тис./га на 0,26 т/га (6,68%). За цієї густоти та добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність знизилася до 4,03 т/га (зменшення на 0,12 т/га або 2,89%), а чистий прибуток зменшився на 43% порівняно з контролем. Внесення добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ дало приріст урожайності на 0,02 т/га (0,48%) порівняно з контролем, однак економічні показники суттєво погіршилися через високі витрати.

Подібна тенденція спостерігалася і для інших густот. За густоти 50 тис./га найбільшу урожайність зафіксовано при внесенні добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ (4,60 т/га), що перевищило контрольний показник на 0,23 т/га (5,26%). Однак чистий прибуток у цьому варіанті був на 65,6% менший, ніж у контрольному.

Для гібриду ДМС Прайм, середньоранньої групи стиглості, результати свідчать про вищу урожайність порівняно з ранньостиглим гібридом. Наприклад, за густоти 30 тис./га і без удобрення урожайність становила 4,52 т/га, що на 16,18% вище, ніж у гібриду ДМС Лорд за аналогічних умов. Застосування добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ спричинило зниження урожайності до 4,39 т/га (на 0,13 т/га або 2,88%), тоді як добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшили урожайність на 0,01 т/га (0,22%) порівняно з контролем. Однак в обох випадках умовний чистий прибуток суттєво знизився через зростання виробничих витрат.

За густоти 40 тис./га гібрид ДМС Прайм досяг максимального показника урожайності в 5,34 т/га при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$, що на 0,18 т/га (3,49%) більше, ніж у контрольному варіанті. Проте рівень рентабельності знизився майже вдвічі – зі 401,6% до 226,7%.

Гібрид ДМС 3015, середньостиглої групи стиглості, показав стабільно високі показники урожайності. Наприклад, при густоті 30 тис./га урожайність без добрив становила 3,86 т/га, а за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшилася на 1,13 т/га (29,27%) до 4,99 т/га. Це забезпечило валову продукцію вартістю 43 662,5 грн/га, однак умовний чистий прибуток залишився лише на 3,6% вище за контрольний.

Таким чином, результати експерименту свідчать про те, що густина посіву і рівень удобрення суттєво впливають на урожайність і економічну ефективність вирощування кукурудзи. Для кожного гібриду необхідний індивідуальний підхід, що враховує баланс між витратами на добрива, рівнем урожайності та рентабельністю.

Висновки до розділу 5

1. Максимальна рентабельність виробництва зерна кукурудзи (258%) спостерігалася при густоті 30 тис./га без внесення добрив. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ знизило рентабельність до 232%, що на 26% (10,1%) менше. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ зменшило рентабельність до 198%, що на 60% (23,3%) менше, ніж за умов без добрив.

2. Найвищий чистий прибуток (30 000 грн/га) забезпечено при густоті 30 тис./га без добрив. При внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ чистий прибуток зменшився до 27 600 грн/га, що на 2 400 грн (8%) менше. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ зменшило чистий прибуток до 24 000 грн/га, що на 6 000 грн (20%) менше, ніж за умов без добрив.

3. Найефективнішою є густина посіву 30–40 тис./га із внесенням мінімальних доз добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Це забезпечує оптимальний баланс між урожайністю, витратами та рентабельністю.

Основні наукові результати розділу 5 автором опубліковані в наукових працях, які наведено в списку використаних джерел [148, 149].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та вирішено актуальне завдання, яке полягає у науковому обґрунтуванні, вдосконаленні та розробці сучасних елементів агротехніки вирощування кукурудзи з урахуванням морфологічних та біологічних особливостей гібридів різних груп стиглості, їхньої реакції на щільність розміщення рослин і застосовану систему удобрення. У ході досліджень було встановлено:

1. Тривалість міжфазних періодів кукурудзи визначається комплексом взаємопов'язаних факторів, серед яких основними є агрометеорологічні умови та генетичні особливості гібридів. Сприятливі погодні умови сприяють скороченню періоду «сівба–сходи», як це спостерігалось у 2023 році, коли цей період тривав 9 діб. Водночас у 2024 році за несприятливих погодних умов цей період зріс до 11 діб, перевищуючи попередній показник. Генетичні особливості гібридів є ще одним вагомим чинником. Ранньостиглі та середньоранні гібриди (ДМС Лорд, ДМС Прайм) характеризуються середньою тривалістю періоду «сівба–сходи» у 10 діб, тоді як у середньостиглих і середньопізніх (ДМС 3015, ДМС Шатл) цей показник досягає 10,6 діб, що на 6% більше. Не виявлено суттєвого впливу агрохімічних заходів у фазі проростання на тривалість періоду «сівба–сходи», оскільки рослини використовують внутрішні резерви поживних речовин, а також густоти стояння рослин (30–60 тис./га) через відсутність значної конкуренції між рослинами за ресурси на ранніх етапах розвитку. В подальшому, зокрема у період «сходи–цвітіння качанів», внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$) сприяє його скороченню. Зокрема для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд збільшення дози добрив дозволило зменшити цей період на 2–4 доби (3,17–6,35%).

2. Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню висоти рослин у середньому на 10–20% порівняно з варіантом без добрив. Збільшення густоти рослин кукурудзи вище 30–40 тис./га призводило до зниження висоти через конкуренцію за ресурси. Максимальні результати висоти рослин досягалися

при застосуванні добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$, що забезпечувало збалансоване живлення рослин. Для гібриду ДМС Лорд максимальна висота 228 см (+39 см, або +20,6%) спостерігалася за густоти 40 тис./га при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$, тоді як без добрив висота становила 196 см при тій самій густоті. Гібрид ДМС Прайм досягав максимальної висоти 237 см (+33 см, або +16,4%) при густоті 40 тис./га та внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$, демонструючи зниження висоти до 206 см (-18 см, або -8%) без добрив за густоти 60 тис./га. Гібрид ДМС 3015 характеризувався стабільною висотою без добрив у межах 225–229 см, а максимальне збільшення висоти до 234 см (+9 см, або +4%) було зафіксовано при $N_{60}P_{60}K_{60}$. Гібрид ДМС Шатл показав найвищу висоту серед усіх гібридів – 247 см (+22 см, або +9,8%) при густоті 40 тис./га та внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$, тоді як без добрив висота знижувалася до 225 см (-14 см, або -5,9%) при густоті 60 тис./га.

3. Застосування мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ підвищувало вміст хлорофілу в листках кукурудзи на 8–16 одиниць SPAD (15–28%) порівняно з варіантом без добрив, що сприяло збільшенню фотосинтетичної активності. Ранньостиглі та середньоранні гібриди, такі як ДМС Лорд і ДМС Прайм, демонстрували найбільший приріст показників хлорофілу (до 28%) завдяки активнішому розвитку. Оптимальна густота стояння рослин становила 30–40 тис./га, при якій забезпечувалося найкраще поєднання фотосинтетичної активності та доступності ресурсів. Збільшення густоти до 60 тис./га викликало конкуренцію між рослинами, що знижувало ефективність удобрення, наприклад, у гібриду ДМС Лорд вміст хлорофілу зменшувався до 60,8 одиниць SPAD, що на 4,8 одиниць менше порівняно з оптимальною густотою. Біологічні особливості гібридів зумовлювали різницю в інтенсивності фотосинтезу, що визначає їхню адаптивність до умов вирощування.

4. Густота стояння рослин (30 тис./га) у поєднанні з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує найвищу чисту продуктивність фотосинтезу кукурудзи, що сприяє максимальному використанню фотосинтетичних можливостей рослин. У фазу 7–12 листків для

середньопізнього гібриду ДМС Шатл цей показник становив $12,8 \text{ г/м}^2$ за добу, що перевищувало контрольний варіант ($11,9 \text{ г/м}^2$) на $0,9 \text{ г/м}^2$ або $7,5\%$. У середньостиглого гібриду ДМС 3015 за оптимальної густоти показник складав $9,7 \text{ г/м}^2$, тоді як збільшення густоти до 60 тис./га призводило до зниження продуктивності на $1,0 \text{ г/м}^2$ або 11% через конкуренцію за ресурси та затінення.

5. Внесення добрив значно підвищує ефективність фотосинтетичної активності, що проявляється у прирості продуктивності на $7\text{--}7,5\%$ залежно від гібрида та фази розвитку. Наприклад, для середньостиглого гібриду ДМС 3015 приріст у фазу 7–12 листків при удобренні $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ становив $0,7 \text{ г/м}^2$, а для ДМС Шатл у фазу 12–13 листків приріст за $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ становив $0,9 \text{ г/м}^2$. Гібриди з довшим вегетаційним періодом (наприклад, ДМС Шатл) демонстрували стабільно вищу продуктивність фотосинтезу у всіх фазах розвитку, що підкреслює їхню перевагу за умов оптимального удобрення та густоти стояння. Однак у фазу цвітіння качанів у всіх гібридів спостерігалось зниження продуктивності, зокрема у ДМС Шатл – з $11,9$ до $7,5 \text{ г/м}^2$ (на 37%).

6. Довжина качана кукурудзи суттєво залежить від густоти стояння рослин і рівня мінерального удобрення. Збільшення густоти рослин супроводжувалося зменшенням довжини качана у всіх гібридів незалежно від рівня удобрення. Найвищі показники довжини качана спостерігалися при найменшій густоті (30 тис./га), поступово знижуючись із її збільшенням. Наприклад, для ранньостиглого гібрида (ДМС Лорд) без добрив довжина качана зменшилася з $2,60$ дм за густоти 30 тис./га до $2,50$ дм за 60 тис./га. Внесення добрив позитивно впливало на довжину качана. Так, на цьому ж гібриді при удобренні $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ довжина качана збільшувалася на $0,05$ дм (або на $1,92\text{--}2,00\%$), а при удобренні $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ – на $0,15$ дм (або на $5,77\text{--}6,00\%$) порівняно з контролем.

7. Кількість рядів зерен залишалася стабільною ($14\text{--}14,7$) у всіх гібридів, тоді як кількість зернин із качана значно зростала за умов внесення добрив. У середньопізнього гібриду максимальна кількість зернин (700 зернин)

спостерігалася при густоті 30 тис./га та удобренні $N_{60}P_{60}K_{60}$, що перевищує контрольний показник на 50 зернин.

8. Внесення мінеральних добрив суттєво підвищувало масу зерна з качана у всіх гібридів. Найвищі показники були у середньопізнього гібриду ДМС Шатл, де маса зерна збільшилася з 269,9 г у контрольному варіанті до 290,0 г при $N_{60}P_{60}K_{60}$, що становить приріст на 7,5%. У ранньостиглого гібриду приріст становив 5,0% (з 202,8 г до 213,0 г).

9. Найвищу врожайність зерна у 2022–2024 роках продемонстрували середньостиглий гібрид ДМС 3015 (3,86–6,02 т/га), середньопізній ДМС Шатл (4,41–6,01 т/га) та середньоранній ДМС Прайм (4,52–5,97 т/га). У свою чергу, ранньостиглий гібрид ДМС Лорд забезпечував врожайність на рівні 3,89–4,60 т/га, що на 13,9–23,5 % (0,63–1,42 т/га) нижче порівняно з іншими гібридами, що пов'язано з посушливими умовами на початку вегетації (травень – липень).

10. Застосування добрив позитивно впливало на врожайність кукурудзи. Для середньостиглого гібриду ДМС 3015 внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст врожайності на 2,13–18,3 % (0,12–0,87 т/га), а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 11,35–22,6 % (0,66–1,13 т/га). У середньопізнього гібриду ДМС Шатл застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищило врожайність на 7,7–19,6 % (0,37–1,17 т/га), а $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 4,23–19,9 % (0,24–1,1 т/га).

11. Найкращі показники врожайності спостерігалися при густоті стояння 50 тис./га, незалежно від року досліджень та системи удобрення, для ДМС Лорд (ранньостиглий) – 4,37–4,60 т/га, ДМС Прайм (середньоранній) – 5,68–5,97 т/га, ДМС 3015 (середньостиглий) – 5,20–6,02 т/га, ДМС Шатл (середньопізній) – 5,80–6,01 т/га. Це підтверджує важливість оптимального регулювання густоти посівів для забезпечення максимального використання ґрунтово-кліматичних ресурсів.

12. Рівень мінерального удобрення суттєво впливає на вміст сирого протеїну у зерні кукурудзи. Максимальні показники спостерігалися за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд вміст сирого протеїну зростав із 7,0–7,7% (контроль) до 8,4%, що забезпечило приріст до 8,45%.

Середньоранній гібрид ДМС Прайм демонстрував приріст до 16,18% (з 6,5–6,8% до 7,9%). У середньостиглого гібриду ДМС 3015 вміст сирого протеїну зростав із 6,2–6,7% до 7,8%, а середньопізній гібрид ДМС Шатл показав підвищення з 5,9–6,1% до 6,6%. Це підтверджує, що ранньостиглі гібриди більш ефективно використовують азот для синтезу білків.

13. Внесення добрив сприяє також підвищенню вмісту сирого жиру, особливо у середньоранніх і середньопізніх гібридів, забезпечуючи високу енергетичну цінність зерна. Для ранньостиглого гібриду ДМС Лорд вміст жиру зростав із 4,0–4,02% (контроль) до 4,81% (приріст до 10,70%). У середньораннього гібриду ДМС Прайм цей показник зростав із 3,45–3,55% до 4,45%, що становило приріст до 17,39%. Максимальні значення були зафіксовані у середньопізнього гібриду ДМС Шатл – до 5,52% (приріст до 17,19%), що вказує на їхню здатність накопичувати більше енергії у зерні.

14. Оптиміальне поєднання мінерального удобрення та густоти стояння рослин сприяє підвищенню урожайності кукурудзи до 24,94% і покращенню якісних показників зерна. Це підтверджує доцільність впровадження диференційованих технологій вирощування залежно від групи стиглості гібридів. Ранньостиглі гібриди демонструють вищу якість зерна за вмістом білка (до 8,4%) порівняно із середньоранніми та середньопізніми гібридами завдяки ефективнішому використанню азоту та меншій тривалості конкуренції за ресурси. Середньопізні гібриди характеризуються підвищеним вмістом жиру (до 5,52%), що забезпечує його високу енергетичну цінність.

15. Рациональне управління параметрами вирощування кукурудзи, такими як густина стояння рослин, рівень мінерального удобрення та вибір гібридів, є ключовим чинником досягнення балансу між високою урожайністю та економічною ефективністю. Найвищий рівень рентабельності (452,2%) забезпечувався за умов відсутності удобрення для гібриду ДМС Прайм при густоті 50 тис. рослин/га. Внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло збільшенню валової вартості продукції до 51 187,5 грн/га, але зменшувало рівень рентабельності до 257,9%, водночас забезпечуючи оптимальне співвідношення

між витратами та прибутком. Подальше підвищення рівня удобрення до $N_{60}P_{60}K_{60}$ покращувало урожайність, однак через значні витрати на добрива рівень рентабельності знижувався до 166,5%. Тобто, оптимальні економічні показники досягалися за густоти стояння 50 тис. рослин/га та внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, що дозволяло забезпечити високий рівень урожайності поряд із максимальною рентабельністю.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В посушливих умовах Північного Степу України для досягнення стабільних урожаїв зерна кукурудзи з високими якісними показниками, що забезпечують урожайність зерна на рівні 6,0–7,0 т/га та стабілізації її валових зборів з максимальними показниками економічної ефективності виробництва слід рекомендувати висівати гібриди кукурудзи (ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі, середньопізні) за густоти 50 тис. рослин/га та внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, що дозволяє забезпечити високий рівень урожайності поряд із максимальними показниками економічної ефективності.

У посушливі роки висівати ранньостиглі (ДМС Лорд) та середньоранні (ДМС Прайм) гібриди кукурудзи, що адаптовані до умов дефіциту вологи, а в помірно вологі та вологі – середньостиглі (ДМС 3015) та середньопізні (ДМС Шатл), що краще реалізують свій потенціал за сприятливого водного режиму ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шинкарук Л. М. Вплив позакореневого підживлення на висоту рослин кукурудзи. *Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти і технологій*. Частина 2: зб. тез доповідей міжнародної науково–практичної конференції, м. Полтава, 27 січня 2022. Полтава: ЦФЕНД, 2021. С. 46–48.
2. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Вплив густоти стояння рослин та фону живлення на водоспоживання та продуктивність гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2019. Вип. 72. С. 52–59.
3. Паламарчук В. Д., Климчук О. В., Поліщук І. С., Колісник О. М., Борівський А. Ф. Еколого–біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: Навчальний посібник. Вінниця, 2010. 680 с.
4. Паламарчук В. Д. Вплив висоти рослин та висоти прикріплення качанів на придатність гібридів кукурудзи до механізованого вирощування. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 3. С.23–24.
5. Коковіхін С. В., Писаренко П. В., Присяжний Ю. І., Пілярська О. О. Вплив умов вологозабезпеченості, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин на урожайність ділянок гібридизації кукурудзи в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2011. № 56. 20–25.
6. Дідур І. М., Циганський В. І. Формування зернової продуктивності кукурудзи залежно від застосування мікробіологічного добрива Граунфікс в умовах Лісостепу правобережного. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Сільське господарство та лісівництво. №7 (том 1). Вінниця. – 2017. – С. 70–77.
7. Єщенко В., Копитко П., Опришко В., Костогриз П. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288
8. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби гібридів кукурудзи на стійкість проти хвороб та шкідників. *Хранение и переработка зерна*. 2012. 6. 22–24.

9. Коваленко Г. О. Удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно в південно–західному Лісостепу України: дис. ... канд. с.–г. наук. Київ, 2003. 20 с.

10. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Вплив густоти стояння рослин та фону живлення на водоспоживання та продуктивність гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2019. 72. 52–59.

11. Надь Я., Корзун Д. Ю. Кукурудза. Вінниця: ФОП, 2012. 580 с.

12. Лебідь Є. М., Дзюбецький Б. В., Пашенко Ю. М. та ін. Енергозбережні і ресурсоощадні технології вирощування кукурудзи. Дніпропетровськ: Ін–т зерн. госп–ва УААН, 2006. 32 с.

13. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Навчальний посібник. Вінниця, 2011. 381 с.

14. Коваленко О., Ковбель А. Елементи живлення та стреси польових культур. *Пропозиція*. 2013. 5 (215). 78–79.

15. Шевченко В. А., Просвирик П. Н. Розрахунок доз добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно–стрижневу суміш. Вісник ФДОР ВПО МДАУ. *Агроінженерія*. 2010. 2. 50–55.

16. Свидинюк І. М., Асанішвілі Н. М., Сербенюк Г. А., Луговський В. І. Вплив технології вирощування на продуктивність кукурудзи в умовах північної частини Лісостепу. Зб. наук. праць Уманського держ. аграрн. ун–ту. Умань, 2008. Вип. 67. Ч. 1: Агрономія. 79–87.

17. Концепція ефективного сільськогосподарського використання земель гумідної зони України / НААН, Нац. наук. центр «Ін–т землеробства НААН»; розроб. В. Ф. Камінський (кер.), І. Т. Слюсар (відпов.), В. Ф. Петриченко та ін. Київ, 2014. 56 с.

18. Корсун С. Г., Груша В. В., Довбаш Н. І. Індукція флуоресценції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами. *Агроекологічний журнал*. 2015. 2. 36–41.

19. Зайцев О., Ковальов В. Розширення площ вирощування зернової кукурудзи в Україні – нагальна потреба сьогодення. *Пропозиція*. 2003. 11. 53–55.

20. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування / П. В. Писаренко, І. М. Біляєва, В. Г. Пілярський, О. О. Пілярська. *Миронівський вісник: зб. наук. пр. Миронівка*, 2015. 1. 243–251.

21. Цехмейструк М. Г., Музафаров Н. М., Манько К. М. Аспекти вирощування кукурудзи. 2014. №8 (279) URL: <http://www.agrobusiness.com.ua/agronomiia-siogodni/2212-aspekty-vyroschuvanniakukurudzy.html>.

22. Шевчук Р., Кириєнко А. Продуктивність гібридів зернової кукурудзи в умовах Західного Лісостепу. *Аграрний тиждень*. Україна. 2014. №. 5 URL: <http://a7d.com.ua/plants/17187-produktivnst-gbridv-zernovoyi-kukurudzi-vumovah-zahdnogo-lsostepu.html>.

23. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. 225 с.

24. Десятник Л. М., Карнаух М. М. Вплив передзбиральної густоти стояння рослин на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Бюлетень Інституту зернового господарства НААН України, 2011, 40, 88–94.

25. Югенхеймер Р. У. Кукурудза: покращення сортів, виробництво насіння, використання. Переклад з англійської під ред. Шмараєва Г. Е., М: Колос, 1979. 519 с.

26. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. 3. 11–14.

27. Циков В. С. Кукурудза: технологія, гібриди, насіння. Дніпропетровськ: Зоря, 2003. 296 с.

28. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.

29. Андрієнко А. Л. Основні заходи сортової агротехніки гібридів кукурудзи різних груп стиглості в північному Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 “Рослинництво”. Дніпропетровськ, 2004. 19 с.

30. Якунін О. П., Котченко М. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від умов вирощування. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. 2. 13–16.

31. Мареніченко М. В. Удосконалення елементів технології вирощування гібридів кукурудзи та їх батьківських форм у північному Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 “Рослинництво”. Дніпропетровськ, 2007. 19 с.

32. Якунін О. П., Котченко М. В. Шляхи підвищення врожайності кукурудзи в товарних і насінницьких посівах. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2008. 35. 55–59.

33. Пащенко Ю. М., Остапенко М. А., Єремко Л. С. Строки сівби та густина стояння рослин гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2007. 2. 24–28.

34. Адаменко Т. І. Вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності посівів кукурудзи в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. географ. наук: спец. 11.00.09 “Метеорологія, кліматологія, агрометеорологія”. Одеса, 2005. 19 с.

35. Imholte A. A. Planting date and village effects on corn following corn / A.A. Imholte, P.R. Carter. *Agron. J.* 1987. 79(4). 746–751.

36. Циков В. С., Пащенко Ю. М., Костенко Ю. В. Строки сівби та продуктивність гібридів кукурудзи. *Бюл. Ін-ту зерн. господарства УААН*. Дніпропетровськ, 1996. 1. 63–68.

37. Mazur V. A., Shevchenko N. V. The influence of technological methods of cultivation on the formation of quality indicators of corn grain. *Agriculture and forestry*, 2017, 6, 7–13.

38. Tkalich, Y. I., Tsyliuryk O. I., Kokhan, A. V., Yevtushenko, H. O., Gonzalez, P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*, 2023, 6 (4), 97–103. DOI:10.32819/021116.

39. Шинкарук Л. М. Вплив удобрення кукурудзи на біометричні показники та елементи структури урожаю кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*, 2020, 96(1), 443–456. DOI: 10.31395/2415–8240–2020–96–1–443–456.

40. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5–те вид., виправ., доповн. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806.

41. Tsyliuryk O., Izhboldin O., Sologub I. Efficiency of growth regulators in of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023, 26(10), 59–67. doi: 10.48077/scihor10.2023.59.

42. Циліорик О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Одеса: Олді Плюс+, 2023. – 344 с.: 12 рис., 71 табл., 458 бібліогр.

43. Камінський В. Ф. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур. Київ: Видавничий дім «Вініченко». 2017. 580 с.

44. Bahatchenko V. V., Tahantsova M. M., & Stefkivska Y. L. Вплив густоти стояння рослин кукурудзи на насінневу продуктивність батьківських компонентів гібридів *Zea mays* L. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. (26), 56–66. DOI:10.47414/np.26.2018.211195

45. Шинкарук Л. М. Урожайність кукурудзи залежно від елементів системи удобрення, фунгіцидів і десикації в умовах Лісостепу Західного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія (20

Аграрні науки і продовольство). – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Оброшине, 2022.

46. Асанішвілі Н. М. Реакція гібридів кукурудзи різних екотипів на технологічні заходи вирощування у північній частині Лісостепу: *Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. Київ, 2014. 3. 41–48.

47. Перспективні гібриди кукурудзи європейської селекції від компанії «Хімагромаркетинг» URL: <https://himagro.com.ua/product-category/nasinnya>

48. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: Підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с. URL: <http://buklib.net/books/21965/>.

49. Заїка С., Перевертун Л. Адаптивний потенціал ранньостиглих гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2001. 5. 66–67.

50. Камінський В. Ф. Стабілізація землекористування як основа розвитку адаптивного землеробства у світі вчення В.В. Докучаєва. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий темат. наук. зб.* Харків: ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». 2014. 81. 112–117.

51. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2019. 106. 119–127.

52. Петриченко В. Ф. Ефективність системи землеробства No-till у правобережному Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб. Ін-т кормів та сіл. госп-ва Поділля НААН*. Вінниця: ФОП Данилюк. 2016. 82 179–184.

53. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату. Вінниця: ТОВ «Видавництво друкарня ДІЛО», 2014. 536 с.: іл. 99.

54. Китайова С. С., Понуренко С. Г., Чернобай Л. М., Деркач І. Б. Темпи вологовіддачі зерна кукурудзи при досяганні гібридів різних груп стиглості. *Селекція і насінництво*. 2013. 104. 66–74.

55. Shim W. B., Woloshuk C. P. Nitrogen repression of fumonisin B1 biosynthesis in *Gibberella fujikuroi*. *FEMS microbiology letters*. 1999. 177. 1. 109–116.
56. Shapiro C. A., Ferguson R. B., Hergert G. W., Dobermann A., Wortmann C. S. Fertilizer suggestions for corn. University of Nebraska–Lincoln, *Extension*, 2008. 6. 256.
57. Singh S., Savoy H. J., Yin X., Schneider L., Jagadamma S. Phosphorus and potassium fertilizer rate verification for a corn–wheat–soybean rotation system in Tennessee. *Agronomy Journal*. 2019. 111. 4. 2060–2068.
58. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Глива В. В., Пащак М. О. Вплив передпосівної обробки насіння мікродобривами на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. 69 (1). 44–61. DOI: 10.32636/01308521.2021–(69)–3
59. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / За ред. В. Ф. Сайка. К: Вид–во аграр. наука, 2010. 912 с.
60. Красенков С. В., Дудка М. І., Чабан В. І., Носов С. С. Березовський С. В. Реакція гібридів кукурудзи на густоту стояння рослин у північній підзоні Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України* 8, 2015, 66–71.
61. Паламарчук В. Д., Рудська Н. О., Борисов В. В. Вплив густоти рослин на формування морфологічних ознак у гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво* 34. 44–54
62. Тарасов О. В. Кочетков В. С., Малихіна В. Ф. Кукурудза в Степу України. Донецьк: Донбас, 1974. 124 с.
63. Рекомендації по виробництву зерна кукурудзи за інтенсивною технологією / М. В. Зубець, Е. М. Лебідь, Б. В. Дзюбецький [та ін.]. К., 1999. – 11 с.

64. Якунін О. П., Котченко М. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від умов вирощування. *Вісн. Дніпропетровського держ. аграр. ун-ту*. Дніпропетровськ, 2007. 2. 13–16.

65. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: [монографія] Дніпропетровськ: АРТПРЕС, 2009. 224 с. + вкл.

66. Поляков В. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та системи добрив. *Техніко–технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2020. 27 (41). 240–249.

67. Влащук А. М., Конащук О. П., Дробіт О. С. Динаміка накопичення сирової та сухої надземної біомаси рослинами кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБІП України. Агрономія: Електронний науко–вий фаховий журнал*. 2018. 4 (74). Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/301>

68. Влащук А. М., Конащук О. П., Колпакова О. С. Вплив строків сівби на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. Київ. 2017. 3. 89–95.

69. Загинайло М., Лівандовський А., Таганцова М., Гаврилюк В. (2014) Невже українські фермери не вміють вирощувати цукрову кукурудзу? *Агробізнес сьогодні*. 10 (281). 48–50.

70. Запорожець Х. М., Савченко С. П. Вплив густоти рослин на врожай–ність імбредних ліній та гібридів куку–рудзи. Матеріали *Всеукраїнської конференції молодих вчених: Уманському ДАУ – 160 років*. Умань. 2004. 35–37.

71. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А.; За ред. Зінченка О.І. *Рослинництво: Підручник*. К.: Аграрна освіта. 2003. 591 с.

72. Оканенко А. С., Починок Х. Н., Голик К. Н., Смелянская Е. П. Фотосинтез и продуктивность в связи с водным режимом растений. Фотосинтез, рост и устойчивость растений. Київ: Наук. думка, 1971. 5–28.

73. Пащенко Ю. М. Агрокліматичний потенціал зони Степу, добір гібридів і оптимізація їх структури за групами стиглості. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2007. 30. 44–51.

74. Соколовська І. М., Дем'янова Г. В. Урожайність та якість основної й додаткової продукції харчових підвидів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. 1. 59–62.

75. Черно О. Д., Стасіневич О. Ю. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на продуктивність кукурудзи на зерно в умовах правобережного Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2012. 1 (2). 59–63.

76. Koffi Djaman, Samuel Allen, Dorlote S. Djaman, Komlan Koudahe, Suat Irmak, Naveen Puppala, Murali K. Darapuneni, Sangamesh V. Angadi. Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 2022. 6. 100417

77. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. *Пропозиція*. 2013. 5 (215). 74–75.

78. Каменщук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. 89. 85–92.

79. Черчель В. Зміна тривалості вегетаційного періоду кукурудзи: яке ФАО обрати? *Агробізнес сьогодні*. 2020. 6. (421). 58–63.

80. Паламарчук В. Д., Паламарчук О. Д., Волчанська І. В., Мельник В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність зернової кукурудзи. *Сільськогосподарські науки*. 2012. 1(57). 75–80.

81. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с

82. Вожегова Р. А., Філіп'єв І. Д., Димов О. М., Гамаюнова В. В.. Удосконалено методика визначення доз мінеральних добрив на запланований рівень урожаю сільськогосподарських культур при зрошенні: науковометодичні рекомендації. Херсон: Айлант, 2012. 14 с.

83. Каталог сортів та гібридів. Дніпропетровськ. ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2016. 112 с.

84. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на лінійні розміри рослин гібридів зернової кукурудзи. *Scientific horizons*. 2018. 2 (65). 35–41.

85. Петриченко В. Ф., Корнійчук О. В., Бабич А. О., Бугайов В. Д., Кулик М. Ф. та інші. Концепція розвитку кормовиробництва в Україні на період до 2025 року. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, 2014. 12 с.

86. Капітанська О. Збалансоване живлення – запорука формування стресостійкості рослин. Пропозиція. 2017. №3. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sbalansirovannoe-pitanie-i-podkormka-rastenymineralnymi-udobreniyami-zalog-formirovaniya> (дата звернення: 18.06.2023р.).

87. Almodares A., Jafarinia M., Hadi M. R. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American–Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2009. 6. 4. 441–446.

88. Kruczek A. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. *Pamiętnik Puławski*. 2005. 140. 129–138.

89. Książak J., Bojarszczuk J., Staniak M. Produkcyjność kukurydzy i sorgaw zależności od poziomu nawożenia azotem. *Polish Journal of Agronomy*. 2012. 8. 20–28.

90. Szulc P., Krauklis D., Baldys W., Kobus–Cisowska J. Soil abundance in N min and formation of maize grain yield components. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2020. 65. 1. 39–43.

91. Маткевич В. Т., Коровіна М. О., Коломієць Л. В., Рудак Ю. О., Резніченко В. П., Нікіфоров Д. О., Глазкова М. С., Савранчук В. В., Андрощук С. Т., Семеняка І. М., Смалиус В. М. Вплив різних доз мінеральних азотних добрив на формування екологічно чистої продукції при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*, 2005. 55. 73–79.

92. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Агрохімія та сучасні напрями застосування добрив і біолого–активних речовин*. 2018. 8. 53–61

93. Логінова І. В., Білера Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. 195 (1). 71–78.

94. Логінова І., Смик С. Прогнозування ефективності добрив під кукурудзу на зерно за даними ґрунтової діагностики. *Наукові доповіді НУБіП*. 2012. 3 (32).

95. Котельников Д. Ефективність способів обробітку ґрунту та живлення посівів кукурудзи на півдні України: автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.–г. н за спеціальністю: 06.01.02. «Землеробство» Херсон, 2015. 23 с.

96. Прогресивні технології вирощування кормових культур / за ред. Д. І. Мазоренка і Г. Є. Мазнева. 2008. Харків: «Майдан». 333 с

97. Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на продуктивність гібридів кукурудзи для виробництва біоетанолу в умовах Лісостепу правобережного: автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.–г. наук за спеціальністю : 06.01.09. «Рослинництво» Кам'янець–Подільський, 2018, 209 с.

98. Almodares A., Jafarinia M., Hadi M. R. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American–Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2009. 6(4). 441–446.

99. Barlog P., Frackowiak–Pawlak K. Effect of mineral fertilization on yield of maize cultivars differing in maturity scale. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2008. 7(4). 5–17

100. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. 96(3). 392–403.

101. Wang Z. H., Li S. X., Malhi S. Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. 88(1). 7–23.

102. Szulc P., Krauklis D., Baldys W., Kobus–Cisowska J. Soil abundance in N min and formation of maize grain yield components. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2020. 65(1). 39–43.

103. Shapiro C. A., Ferguson R. B., Hergert G. W., Dobermann A., Wortmann C. S. Fertilizer suggestions for corn. *University of Nebraska–Lincoln, Extension*, 2008. 6 p.

104. Гетман Н. Я., Браніцький Ю. Ю. Продуктивність різностиглих гібридів кукурудзи залежно від удобрення. 2022. 25. 68–81.

105. Присташ І. В. Агрохімічна оцінка застосування добрив під кукурудзу на зерно у сівозміні на лучно–чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України : автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.–г. наук за спеціальністю : 06.01. 04. « Агрохімія». Київ, 2005. 23 с.

106. Господаренко Г. М. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи удобрення в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... д–ра. с.–г. наук: 06.01. 04. Київ, 2001. 42 с.

107. Пілярська О. О. Продуктивність гібриду кукурудзи Крос 221М залежно від умов зволоження та густоти стояння рослин в умовах південного Степу України : автореф. на здобуття вченого ступеня канд. с.–г. наук за спеціальністю : 06.01.09 «Рослинництво». Херсон, 2016. 20 с.

108. Гладких Ю. Г., Антонець О. А. Вплив мінерального живлення на урожайність гібридів кукурудзи. Сучасні технології виробництва і переробки продукції рослинництва. *Матеріали IV наук.–практ. інтернет–конф. Полтавська державна аграрна академія*, 2016. 36–41. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/3705>

109. Румбах М. Ю. Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти рослин та фону мінерального живлення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. 40. 110–113.

110. Румбах М. Ю. Шляхи підвищення врожайності зерна гібридів кукурудзи в північній підзоні Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2009. 1. 44–46. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/2624> (дата звернення: 27.09.2023 р.).

111. Трубілов О. В. Формування врожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту і рівня мінерального живлення. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. 40. 107–110.

112. Davis J. G., Westfall D. G. Soil. Crop Series. Colorado State University. Libraries. 2014. URL: <https://erams.com/agnutrient/wpcontent/uploads/2017/04/00538.pdf> (дата звернення: 24.11.2024 р.).

113. Shapiro C. A., Ferguson R. B., Hergert G. W., Dobermann A., Wortmann C. S. Fertilizer suggestions for corn. University of Nebraska–Lincoln, Extension, 2008. 6 p.

114. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2011. 1. 117–124.

115. Грабовський М. Б. Грабовська Т. О., Ображій С. В. Вплив гідротермічних умов вегетації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Центрального Лісостепу України. *Агробіологія*. 2014. 1 (109). 57–62.

116. Дем'янчук О. С., Шерстобоева О. В., Клименко А. М., Чабанюк Я. В. Вплив гідротермічного режиму вегетації на екологічний стан ґрунту та врожайність кукурудзи. *Агроекологічний журнал*. 2016. 3. 45–50.

117. Штукін М. О., Оничко В. І. Екологічне вивчення гібридів кукурудзи в умовах Північно–східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. 3. 187–191.

118. Корнійчук О. В. Кукурудза в сучасних агроценозах Правобережного Лісостепу України в умовах дефіциту вологи. *Корми і кормовиробництво*. 2015. 81. 8–20.

119. Грабовський М. Б. Урожайність кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення в умовах Центрального Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. 7. 49–53.

120. Лебідь Є. М. Продуктивність кукурудзи на зерно в паровій ланці сівозмін залежно від обробітку та удобрення ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. 7. 108–111.

121. Капустін А. С. Вплив мінеральних добрив на урожайні показники нових простих гібридів кукурудзи. *Зб. наук. пр. Луганського національного аграрного університету*. 2009. 100. 76–79.

122. Гетьман Н. Я., Сатановська І. П. Продуктивність різностиглих гібридів кукурудзи при вирощуванні на силос в умовах Правобережного Лісостепу України. *Кукурудза і сорго*. 2013. 3. 26–30.

123. Капустін А. С. Вплив мінеральних добрив на урожай нових гібридів кукурудзи. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету : сільськогосподарські науки*. 2011. 33. 19–23.

124. Трубілов О. В. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від способів обробітку ґрунту і мінерального живлення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. 3. 114–117.

125. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Глива В. В., Герешко Г. С., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. 68 (I). 51–66. DOI: 10.32636/01308521

126. Гень С. П. Урожайність зерна кукурудзи залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. 1. 117–121.

127. Танчик С. П., Центилю Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. 269. 74–83.
128. Свидинюк І. М., Асанішвілі Н. М., Величко В. П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від технологічних факторів у північному Лісостепу. *Землеробство*. 2006. 78. 40–46.
129. Клімат України / [За ред. В.М. Липінського та ін.]. К.: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
130. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов та їхній вплив на зернове господарство України. *Агроном*. 2006. №4 (14). С. 12–13.
131. Адаменко Т. І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату. *Агроном*. 2007. №1. С. 8–9.
132. Просунько В. Чого чекати від глобального потепління. *Пропозиція*. 2001. № 12. С. 40–41.
133. Ромащенко М. І. Деякі завдання аграрної науки, зумовлені змінами клімату. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 1. С. 16–20.
134. Адаменко Т. І. Зміна агрокліматичних умов та їхній вплив на зернове господарство України. *Агроном*. 2006. № 4 (14). С. 12–13.
135. Іващенко О. О., Рудник–Іващенко О. І. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 8. С. 10–12.
136. Гаврилюк В. М. Гібриди кукурудзи: грані проблеми. *Насінництво*. 2015. № 3/4. С. 4–7.
137. Капустін А. С. Вплив мінеральних добрив на урожай нових гібридів кукурудзи. *Науковий вісник Луганського нац. аграрного ун-ту : сільськогосподарські науки*. 2011. № 33. С. 19–23.
138. Корнійчук О. В. Кукурудза в сучасних агроценозах Правобережного Лісостепу України в умовах дефіциту вологи. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 8–20.

139. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліджу: навчальний посібник, Одеса: Олді Плюс+, 2024. 448 с.
140. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. [Лебідь Є.М., Циков В. С., Пащенко Ю. М. та ін.]. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
141. Лапач С. М., Губенко А. В., Бабіч П. М. Статистичні методи в медикобіологічних дослідженнях із застосуванням Excel. 2–е вид., перероб. і доп. К.: МОРІОН, 2001. 408 с.
142. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії К.: Вища школа, 1994. 334 с.
143. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica – 6. Методичні вказівки. 2007. Київ, 55 с.
144. Бакай С. С. Оцінка ефективності гібридів кукурудзи. *Вісник аграрних наук*. 1999. 6. 2–3.
145. Миронова Н. М. Напрямки зниження та шляхи вдосконалення структури виробничих витрат. *Таврійський науковий вісник*. 2006. 44. 326–333.
146. Черчель В. Ю., Дзюбецький Б. В., Кирпа М. Я. та ін. *Каталог гібридів кукурудзи. ДУ Інститут зернових культур НААН України*. Дніпро, ДУ ІЗК НААН України. 2023. 76 с.
147. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність зерна кукурудзи в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. 137. 319–327.
148. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Якість зерна кукурудзи під впливом густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139(2). С. 136–143.
149. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на уміст хлорофілу в листках кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 133–139.
150. Цилюрик О. І., Тищенко В.О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність кукурудзи в умовах Степу. Селекція,

генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: мат. XI Міжнарод. наук.–прак. конф. молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.) / НААН, МПП ім. В.М. Ремесла. с. Центральне). 135–136.

151. Цилюрик О. І., Тищенко В. О., Сирота В. І., Савчук С. О. Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: мат. VII Міжнарод. наук.–прак. конф., присвяч. пам'яті до 90-річчя Агронічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету (1934–2024 рр.). (21–22 листопада 2023 року, м. Дніпро / ДДАЕУ).* 31–32.

152. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: мат. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 90-річчю з дня народж. проф. Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2023 р. / ПДАУ).* 142–143.

153. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: мат. I Всеукр. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. (м. Полтава, 15 травня 2023 р / ПДАУ).* 171–172.

154. Цилюрик О. І., Тищенко В. О. Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в умовах Північного Степу. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : мат. міжнар. наук.–прак. конф. (м. Харків, 29 листопада 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун–т).* 322–323.

155. Сенік І. І., Оничко В. І., Наумов Є. О. Динаміка висоти рослин кукурудзи залежно від форм і норм внесення азотних добрив в умовах

Північного Сходу України. *Аграрні інновації*. 2023. 20. 69–75.
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.11>

156. Хавхун А. А. Вплив мінерального живлення на ростові процеси кукурудзи. *Український журнал натуральних наук*. 2021. 3. 25–30.

157. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т. О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. 103. 27–35.

158. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовій С. І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. 115. 42–48.
<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>.

159. Захарченко Е. А. Ефективність застосування цинку при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2019. 4(38). 8–14.

160. Іванишин О. С. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах лісостепу західного. *Young Scientist*. 2021. 3(91). 15–19. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4>.

161. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Scientific Progress and Innovation*. 2021. 2. 52–58.
<https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>.

162. Локоть О. Ю., Тимошенко О. П., Селінний М. М. Застосування мікродобрив та страхових гербіцидів у технологіях вирощування кукурудзи. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2019. 2. 25–35.

163. Масик І., Яриновський О., Рогіз О., Пилипенко Ю., Попко В. Удосконалення основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного лісостепу України. *Збірник наукових праць*. 2020. 1. 92–94. <https://doi.org/10.36074/20.11.2020.v1.31>.

164. Рудавська Н. М., Гук Р. М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. 61. 123–134.

165. Шинкарук Л. Вплив макро– і мікродобрих на врожайність кукурудзи. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. 1. 162–166.

166. Циліорик О. І., Іжболдін О. О., Сологуб І. М. Вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники та урожайність кукурудзи в Північному Степу. *Аграрні інновації*. 2022. 15. 59–66.

167. Циліорик О. І., Сологуб І. М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. 130. 259–268. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.37>

168. Циліорик О. І., Сологуб І. М. Регулятори росту в посівах кукурудзи Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. 132. 237–248. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.29>

169. Tsyliuryk, O., Izhboldin, O., Sologub, I. Efficiency of growth regulators in of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. 26(10). 59–67. doi: 10.48077/scihor10.2023.59.

170. Гангур В. В. Кукурудза на зерно: кращі строки сівби і оптимальна густота стояння рослин для Лівобережного Лісостепу. *Агробізнес сьогодні*, 2021, 07(446), 24–25.

171. Павлюк В. М. Ріст, розвиток і продуктивність гібридів кукурудзи залежно від строків сівби та густоти стояння рослин. Дисертація, 2019.

172. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Тривалість окремих міжфазних та вегетаційного періодів гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*, 2019, 106, 123–129.

173. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*, 2022, 126, 17–22.

174. Белов В. О. Удосконалення технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Автореферат дисертації*, 2020.

20 с.

175. Tkalich, Y. I., Tsyliuryk O.I., Kokhan, A. V., Yevtushenko, H. O., Gonzalez, P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*, 2023. 6 (4), 97–103. DOI:10.32819/021116.

176. Tsyliuryk O. I., Izhboldin, O. O., Sologub, I. M. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2023. 26 (10), 59–67. DOI:10.48077/scihor10.2023.59.

177. Lykhochvor V. V., Shynkaruk L. M. Photosynthetic parameters of corn plants depending on the elements of fertilizer. *Climatic Changes and Agriculture. Challenges for Agricultural Science and Education: Abstracts of the IV International Scientific and Practical Conference*. Kyiv: Scientific and Methodological Center of Higher and Professional Education, 2021. 95–97.

178. Циліорик О. І., Сологуб І. М. Регулятори росту в посівах кукурудзи Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. 132. 237–248.

179. Циліорик О. І., Сологуб І. М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. 130. 259–268

180. Shynkaruk L. M. The influence of corn fertilization on biometric indicators and elements of the corn crop structure in the conditions of the western forest–steppe of Ukraine. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 2020. 96(1), 443–456. DOI: 10.31395/2415–8240–2020–96–1–443–456.

181. Shynkaruk L. M. Effect of macro– and micro–fertilizers on corn yield. *Bulletin of Lviv National Agrarian University*. Series: 12 Agronomy, 2021. 25, 162–166. DOI: 10.31734/agronomy2021.01.162.

182. Циліорик О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Львів: Новий Світ–2000, 2019. 298 с.

183. Циліорик О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Одеса: Олді Плюс+, 2023. 344 с.: 12 рис., 71 табл., 458 бібліогр.

184. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. 5–те вид., виправ., доповн. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

185. Камінський В. Ф. та ін. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур. Київ: Видавничий дім «Вініченко». 2017. 580 с.

186. Bahatchenko V. V., Tahantsova M. M., & Stefkivska Y. L. Вплив густоти стояння рослин кукурудзи на насінневу продуктивність батьківських компонентів гібридів *Zea mays* L. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. (26), 56–66. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211195>

187. Kutsenko O., Liashenko V., & Keda L. Growth, development, and formation of corn hybrids plants of different ripening groups depending on plant stand density. *Scientific Progress & Innovations*, 2023. 26 (4), 29–35. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.06.

188. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ–ПРЕС, 2009. 225.

189. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. 3. 11–14.

190. Югенхеймер Р. У. Кукурудза: покращення сортів, виробництво насіння, використання. Переклад з англійської під ред. Шмараєва Г.Е., М: Колос, 1979. 519.

191. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. 11(3). 22. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/agr>

192. Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J., Antos P., Witek G., Matłok N. A. Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. *Sustainability*. 2020. 12,4, 1343. doi:

10.3390/su12041343

193. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*. 2022. 12. 741. doi: 10.3390/agronomy12030741

194. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2022. 2 (174). 68–78.

195. Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. *Аграрні інновації*. 2022. 15. 22–29.

196. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing corn hybrids depending on the type and methods of applying fertilizers. *Plant and Soil Science*. 2022. 1. 1–13.

197. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у Західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. 68 (I). 51–65. DOI: 10.32636/01308521.2020–(68)–1–4

198. Palamarchuk V., Krychkovskyi V., Honcharuk I., Telekalo N. The modeling of the production process of high–starch corn hybrids of different maturity groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. 10(1), 584–598. DOI:10.14207/ejsd.2021.v10n1p584.

199. Заболотна А. В., Заболотний О. І., Даценко А. А. Чиста продуктивність фотосинтезу та врожайність кукурудзи за умов використання гербіциду Стеллар. Зрошувальне землеробство. *Збірник наукових праць*. 2021. 75. 29–33.

200. Холодченко Р. М. Фотосинтетична діяльність посівів вівса голозерного залежно від умов мінерального живлення та норм висіву. *Корми і кормовиробництво*. 2013. 77. 280–285.

201. Кривенко А. І., Марткоплішвілі М. М. Особливості формування фотосинтетичних параметрів посівів кукурудзи залежно від впливу елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2020. 8. doi:<https://doi.org/10.47414/na.8.2020.230582>.

202. Ma B. L., Wu T. Y., Tremblay N. et al. Rate and timing effects of fertilizer nitrogen application to corn on ammonia volatilization in cool and humid regions. *Agron*. 2010. 102. 134–144. doi:10.2134/agronj2009.0021

203. Chen W., Hou Z., Wu L. et al. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. *Plant Soil*. 2010. 326. 61–73. doi:10.1007/s11104-008-9881-0

204. Cesar M. C., Sadras V. O. Water–Nitrogen Colimitation in Grain Crop. *Adv. Agron*. 2018. 5. 231–247.

205. Shenker M., Ben–Gal A., Shani U. Sweet corn response to combined nitrogen and salinity environmental stress. *Plant Soil*. 2003. 256. 139–147. doi:10.1023/A:1026274015858

206. Akram M., Ashraf M. Y., Jamil M. et al. Nitrogen application improves gas exchange characteristics and chlorophyll fluorescence in maize hybrids under salinity conditions. *Russ. J. Plant Physiol*. 2011. 58. 394–401. doi:10.1134/S1021443711030022

207. Vermeulen S. J., Aggarwal P. K., Ainslie A. et al. Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environmental Science and Policy*. 2012. 5. 136–144.

208. Gaffney J., Schussler J., Löffler C. et al. Industry–scale evaluation of maize hybrids selected for increased yield in drought–stress conditions of the US corn belt. *Crop Sci*. 2015. 55. 1608–1618.

209. Nemali K. S., Bonin C., Dohleman F. et al. Physiological responses related to increased grain yield under drought in the first biotechnology–derived drought–tolerant maize. *Plant Cell Environ*. 2015. 38. 1866–1880.

210. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А. Коковіхін С. В. та ін. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України: монографія за ред. член–кор. УААН

Ю.О. Лавриненка. – Херсон: Айлант, 2011 468 с.

211. Troyer A. F. Background of U. S. hybrid corn: II. Breeding, climate, and food. *Crop Sci.* 2004. 44(2). 370–380.

212. Степаненко М. В. Формування площі листкової поверхні кукурудзи залежно від системи удобрення. *Зернові культури.* 7.(2). 2023. 300–306. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0290>

213. Паламарчук В. Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво.* 2019. 3 (14). 43–53. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-3-4>

214. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування.* 2018. 10(1–2). 108–114.

215. Приходько В. О., Полторецький С. П. Площа листкової поверхні і продуктивність змішаних посівів кукурудзи з бобовими культурами. *Аграрний вісник Причорномор'я.* 2019. 92. 22–32.

216. Минкін М. В., Берднікова О. Г., Минкіна Г.О. Формування продуктивності кукурудзи на зерно залежно від живлення та густоти стояння в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник.* 2019. 106. 103–109.

217. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном.* 2012. 2 (36). 138–140.

218. Надь Янош. Кукуруза. Вінниця: ФОП Д. Ю. Корзун, 2012. 580 с.

219. Сонько Р. С., Марченко О. А., Стародуб М. Ф., Коломієць В. М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України.* 2012. 178. 127–132.

220. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Farmer the Ukrainian.* 2015. 12 (72). 82–84.

221. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів

технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. 5. 143–156.
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23>

222. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця: ФОП Рогальська І. О., 2017. 588 с.

223. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ Друк. 2020. 536 с.

224. Паламарчук В. Д., Коваленко О. А. Вплив позакореневих підживлень на площу при качаного листка у кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. 2 (9). 68–78.

225. Іванишин О. С. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи залежно від удобрення в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник*. 2020. 112. 77–81.
<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.10>

226. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Пілярська О. О., Забара П. П., Хоменко Т. М., Михаленко І. В., Іванів М. О. Динаміка накопичення сирової та сухої біомаси гібридами кукурудзи для краплинного зрошення. *Зрошуване землеробство: збірник наукових праць*. 2019. 71. 108–113.
<https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.23>

227. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Залежність формування висоти та листової поверхні рослин кукурудзи від внесення гербіциду «Бату В. Г.». *Таврійський науковий вісник*. 2019. 106. 65–71.

228. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с

229. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. 1 (20). 60–76. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-5>

230. Паламарчук В. Д., Соломон А. М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. 92. 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnnytstvo202192-08>

231. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Городецький О. С., Курило В. Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 71. 37–40.

232. Грабовський М. Б. Урожайність кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення в умовах Центрального Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ, 2014. 7. 49–53.

234. Дробіт О. С. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних заходів в умовах зрошення Південного Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво» / Інститут зрошеного землеробства Національної академії аграрних наук України; ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет». Херсон, 2018.

235. Домашнев П. П. Морфобіологічні ознаки та їх значення в селекції. *Основи селекції та насінництва гібридної кукурудзи*. Москва: Колос, 1968. С. 152–188.

236. Багатченко В. В., Жемойда В. Л., Спряжка Р. О. Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Plant and Soil Sciences*. 2020. 11, 1. 79–87.

237. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Продуктивність, структура врожаю та якість зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та фону

мінерального живлення за вирощування на зрошуваних землях. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. 4. 89–95.

238. Влащук А. М., Колпакова О. С., Конащук О. П. Вплив строків сівби на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2017. 3. 89–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_3_1

239. Паламарчук В. Д. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво : збірник наукових праць ВНАУ*. 2020. 19. 15–29.

240. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Вплив густоти стояння рослин та фону живлення на водоспоживання та продуктивність гібридів кукурудзи в умовах зрошення Півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2019. 72. 4–7. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.1>.

241. Мазур В. А. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво : збірник наукових праць ВНАУ*. 2017. 6 (1). 7–13.

242. Паламарчук В. Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво : збірник наукових праць ВНАУ*. 2017. 7(1). 37–45.

243. Паламарчук В. Д., Підлубний В. Ф., Кричковський В. Ю., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. 4 (19). 15–28. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4-2>

244. Паламарчук В. Д. Вплив глибини загортання та фракції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. 2. 55–65.

245. Паламарчук В. Д., Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив системи удобрення на стійкість гібридів кукурудзи до стеблового кукурудзяного метелика. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. 17 (I). 240–244.

246. Kyrpa M. Ya. Influence of a new energy-saving drying method on the quality of corn seeds *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2021. 1(9). 1–6. DOI: 10.11648/.ajaf.20210901.11.

247. Chen X. Modern maize hybrids in Northeast China exhibit increased yield potential and resource use efficiency despite adverse climate change. *Global Change Biol.* 2013. 19. 923–936. DOI: 10.1111/gcb.12093.

248. Vozhehova R. A. Sustainable agriculture in conditions of climate changes: Possible problems and ways of their solving in the South Steppe zone of Ukraine *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8 (3). 75–82.

249. Квітка Г. Кукурудза – «за» євроінтеграцію! *Пропозиція*. 2013. 12 (222). 38–40.

250. Гавриленко В. Ф. Вибрані розділи фізіології рослин. М., 1986. 440 с.

251. Красенков С. В., Дудка М. І., Чабан В. І., Носов С. С., Березовський С. В. Продуктивність озимих зернових колосових культур залежно від попередників та строків сівби в зоні Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*, 2015, 8, 91–94.

252. Югенхеймер Р. У. Кукурудза: покращення сортів, виробництво насіння, використання. Переклад з англійської під ред. Шмараєва Г. Е., М: Колос, 1979. 519 с.

253. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. 3(107). 28–34.

254. Ващенко І. В. Теоретичні засади та сучасний стан розвитку ринку кукурудзи. *Економіка АПК*. 2017. 2. 88–92.

255. Touch V., Martin R. J., Scott J. F. Economics of Weed Management in Maize in Pailin Province Cambodia. *International Journal of Environmental and Rural Development*. 2013. 4. 215–219.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність зерна кукурудзи в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 319–327. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

2. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Якість зерна кукурудзи під впливом густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139(2). С. 136–143. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

3. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на уміст хлорофілу в листках кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 133–139. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

4. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Якість зерна кукурудзи під впливом густоти стояння рослин і рівня мінерального живлення в Степу України. *Агробізнес сьогодні (Журнал та мультимедійна платформа успішного аграрія)*. 2025. № 1–2 (536–537). С. 24–27. (Особистий внесок 70 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання статті).

5. Цилюрик О. І., **Тищенко В.О.** Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на урожайність кукурудзи в умовах Степу. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: мат. XI Міжнарод. наук.–прак. конф. молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.) / НААН, МПП ім. В.М. Ремесла. с. Центральне). С. 135–136. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).

6. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.**, Сирота В. І., Савчук С. О. Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи

різних груп стиглості. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: мат. VII Міжнарод. наук.–прак. конф., присвяч. пам'яті до 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно–економічного університету (1934–2024 рр.). (21–22 листопада 2023 року, м. Дніпро / ДДАЕУ). С. 31–32. (Особистий внесок 40 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

7. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Ефективність густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування: мат. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 90-річчю з дня народж. проф. Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2023 р. / ПДАУ). С. 142–143. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

8. Цилюрик О.І., **Тищенко В. О.** Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: мат. I Всеукр. наук.–прак. інтернет–конф. присв. 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. (м. Полтава, 15 травня 2023 р / ПДАУ). С. 171–172. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

9. Цилюрик О. І., **Тищенко В. О.** Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення в умовах Північного Степу. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : мат. міжнар. наук.–прак. конф. (м. Харків, 29 листопада 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун–т.). С. 322–323. (Особистий внесок 60 % – аналіз та узагальнення експериментальних даних, написання тез).*

Додаток В

А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Ефективність сучасних елементів технології вирощування кукурудзи»
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження:
Дніпровський державний аграрно-економічний університет МОН України
3. Господарства, де здійснено впровадження: СК «Україна»
Новомосковського району Дніпропетровської області
4. Складові елементи розробки: посів кукурудзи гібридів ДМС ЛОРД (ранньостиглий), ДМС ПРАЙМ (середньоранній), ДМС 3015 (середньостиглий), ДМС ШАТЛ (середньопізній) із густотою стояння рослин 30, 40, 50, 60 тис. га за внесення добрив дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024 рік на площі 400 га.
6. Вид продукції: зерно кукурудзи, врожайність 4,2 т/га за оптимальної густоти 50 тис. га, приріст врожайності до стандарту від використання $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 0,3 т/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0,49 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га.		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн.	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
8885	9925	19200	19980	4571,4	4260,1

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):
 - а) від об'єкта впровадження: керівник Дмитренко Дмитро Володимирович
 - б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: завідувач кафедри рослинництва, доктор с.-г. наук, професор Цилюрик О.І., аспірант Тищенко В.О.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено „15” жовтня 2024 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від СК «Україна»

від ДДАЕУ

Дмитренко Д.В.

Цилюрик О.І.

Тищенко В.О.



Додаток С А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Ефективність густоти стояння рослин та удобрення на гібридах різних груп стиглості»
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження:
Дніпровський державний аграрно-економічний університет МОН України
3. Господарства, де здійснено впровадження: СФГ «Юлія і К»
Новомосковського району Дніпропетровської області
4. Складові елементи розробки: посів кукурудзи гібридів ДМС ЛОРД (ранньостиглий), ДМС ПРАЙМ (середньоранній), ДМС 3015 (середньостиглий), ДМС ШАТЛ (середньопізній) із густотою стояння рослин 30, 40, 50, 60 тис. га за внесення добрив дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024 рік на площі 50 га.
6. Вид продукції: зерно кукурудзи, врожайність 4,0 т/га за густоти 50 тис. га, приріст врожайності до стандарту від використання $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 0,2 т/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0,4 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га.		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн.	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
8500	9100	18950	19530	4737,5	4438,6

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):
 - а) від об'єкта впровадження: керівник Тищенко Олег Васильович.
 - б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: завідувач кафедри рослинництва, доктор с.-г. наук, професор Цилюрик О.І., аспірант Тищенко В.О.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено „12” листопада 2024 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від СФГ «Юлія і К»

від ДДАЕУ

Тищенко О.В.

Цилюрик О.І.

Тищенко В.О.



Додаток D А К Т

впровадження у виробництво закінчених наукових досліджень

1. Назва роботи, що впроваджується: «Сучасні елементи технології вирощування кукурудзи»
2. Яким науково-дослідним закладом рекомендовано до впровадження:
Дніпровський державний аграрно-економічний університет МОН України
3. Господарства, де здійснено впровадження: СФГ «Мечта»
Новомосковського району Дніпропетровської області
4. Складові елементи розробки: посів кукурудзи гібридів ДМС ЛОРД (ранньостиглий), ДМС ПРАЙМ (середньоранній), ДМС 3015 (середньостиглий), ДМС ШАТЛ (середньопізній) із густотою стояння рослин 30, 40, 50, 60 тис. га за внесення добрив дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$.
5. Рік та обсяг впровадження: 2024 рік на площі 60 га.
6. Вид продукції: зерно кукурудзи, врожайність 4,1 т/га за оптимальної густоти 50 тис. га, приріст врожайності до стандарту від використання $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 0,25 т/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0,47 т/га.
7. Одержано фактичний ефект від впровадження на 1 га

Прибуток, грн/га.		Виробничі витрати, грн.		Собівартість продукції, грн.	
стандарт	розробка	стандарт	розробка	стандарт	розробка
8925	9925	19250	19820	4425,2	4336,9

8. Відповідальні за впровадження (прізвище, ім'я та по-батькові, посада):
 - а) від об'єкта впровадження: керівник Фетісов Віктор Олександрович.
 - б) від Дніпровського державного аграрно-економічного університету: завідувач кафедри рослинництва, доктор с.-г. наук, професор Цилюрик О.І., аспірант Тищенко В.О.

Дійсним актом засвідчується рівень ефективності наукових розробок.

Акт складено „17” жовтня 2024 р.

Сторони, що виконують впровадження:

від СФГ «Мечта»

від ДДАЕУ

Фетісов В.О.

Цилюрик О.І.

Тищенко В.О.

