МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність Н1 Агрономія

Допускається до захисту
завідувач кафедри рослинництва та
цифрових технологій в агрономії
доцент_____ Панченко Т.В.
«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП В УМОВАХ ТОВ «УМАНЬ-АГРОТЕХ» УМАНСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Кваліфікація: «Магістр з агрономії»

Виконав: Федьківський Дмитро Сергійович _____
прізвище, ім'я, по батькові *підпис*

Керівник: професор Грабовський М.Б. _____
вчене звання, прізвище, ініціали *підпис*

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність Н1 Агрономія

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор_____Грабовський М.Б.
«05» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Федьківському Дмитру Сергійовичу

Тема: «Вплив густоти стояння рослин на врожайність та якість зерна гібридів кукурудзи різних груп в умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області»
Затверджено наказом ректора №496/С від 04.11.2025 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 17.11.2026 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури по вивченню густоти стояння рослин кукурудзи; ґрунтово-кліматичні умови господарства; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень з вивченню впливу густоти стояння рослин на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи; економічна оцінка результатів досліду.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 14.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 25.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 17.11.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 01.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 09.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	05.11.2026	виконано
Розміщення в репозитарії БНАУ з накладанням КЕП	до 20.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ професор Грабовський М.Б.
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач _____ Федьківський Д.С.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «05» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Федьківський Дмитро Сергійович здобувач другого рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми:

«Вплив густоти стояння рослин на врожайність та якість зерна гібридів кукурудзи різних груп в умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі виконання роботи було використано інструменти штучного інтелекту, зокрема для оформлення та граматичного редагування тексту (Gemini), для перекладу тексту (Google Translate). Відомості про це наведено в роботі згідно з вимогами законодавства та встановленими правилами академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 19.11.2026

РЕФЕРАТ

Федьківський Д.С. Вплив густоти стояння рослин на врожайність та якість зерна гібридів кукурудзи різних груп в умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області

За результатами досліджень доведено, що формування асиміляційного апарату та накопичення абсолютно сухої надземної біомаси мають нелінійну залежність від ущільнення ценозу. Максимальні показники площі листкової поверхні (до 36,6 тис. м²/га) та біомаси (до 34,11 т/га) зафіксовано за густоти 90 тис. рослин/га у гібрида СИ ТОПАЗ. Збільшення щільності посівів стимулювало швидшу вологовіддачу зерна перед збиранням, проте призводило до закономірної редукції елементів структури врожаю: зниження відсотка виходу чистого зерна з качана та суттєвого зменшення маси 1000 зерен (найбільша маса 347,9–350,0 г спостерігалася у розріджених посівах пізньостиглих гібридів).

Встановлено, що для формування найвищої врожайності оптимальною є густота 60–70 тис. рослин/га. Максимуми зернової продуктивності забезпечили гібриди СИ ТОПАЗ і СИ ЗЕФІР (9,33–9,35 т/га) за щільності 60 тис./га. З агрохімічної точки зору ущільнення фітоценозу до 90 тис./га сприяло зростанню концентрації сирого протеїну в зерні, лідером за яким виявився гібрид СИ ІРІДІУМ (8,20 %).

Економічна оцінка засвідчила, що максимальний рівень рентабельності (117,1–118,1 %) досягається за помірної густоти 40–70 тис. рослин/га (СИ ТОПАЗ, СИ ЗЕФІР, СИ ІРІДІУМ), тоді як надмірне загущення понад 80 тис./га призводить до різкого зниження прибутковості через непродуктивні витрати та посилення внутрішньовидової конкуренції. Результати досліджень можуть бути використані для оптимізації зональних інтенсивних технологій вирощування кукурудзи.

Ключові слова: *кукурудза, гібрид, густота стояння, урожайність, якість зерна, економічна ефективність.*

ANNOTATION

Fedkivskyi D.S. The effect of plant density on yield and grain quality of maize hybrids from different groups under conditions at LLC Uman-Agrotech in the Uman District of the Cherkasy region

According to the research results, it has been proven that the formation of the assimilation apparatus and the accumulation of absolutely dry above-ground biomass have a non-linear dependence on crop density. The maximum values of leaf surface area (up to 36.6 thousand m²/ha) and biomass (up to 34.11 t/ha) were recorded at a plant density of 90 thousand plants/ha for the SY TOPAZ hybrid. Increasing the planting density stimulated faster moisture loss of the grain before harvesting, but led to a consistent reduction in the yield structure components: a decrease in the percentage of pure grain yield per cob and a significant reduction in the 1000-grain weight (the highest weight of 347.9–350.0 g was observed in sparse sowings of late-maturing hybrids).

It was established that the optimal plant density for forming the highest yield is 60–70 thousand plants/ha. The absolute maximums of grain productivity were provided by the SY TOPAZ and SY ZEFIR hybrids (9.33–9.35 t/ha) at a density of 60 thousand plants/ha. From an agrochemical perspective, increasing the crop density to 90 thousand plants/ha contributed to an increase in the concentration of crude protein in the grain, with the SY IRIDIUM hybrid being the leader (8.20%).

Economic evaluation demonstrated that the maximum level of profitability (117.1–118.1%) is achieved at a moderate density of 40–70 thousand plants/ha (SY TOPAZ, SY ZEFIR, SY IRIDIUM), whereas excessive thickening beyond 80 thousand plants/ha leads to a sharp decline in profitability due to unproductive expenses and intensified intraspecific competition. The research results can be used to optimize zonal intensive technologies for maize (corn) cultivation.

Keywords: *maize, hybrid, plant density, crop yield, grain quality, economic efficiency.*

ЗМІСТ

Вступ 7
Розділ 1. Огляд літератури..... 9
Розділ 2. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень..... 19
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови ……..... 19
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень..... 20
Розділ 3. Мета, завдання і методика проведення досліджень..... 23
3.1. Мета та завдання досліджень…… 23
3.2. Схема досліду та методики досліджень…… 23
3.3. Характеристика гібридів кукурудзи…….. 25
3.4. Агротехніка у досліді……. 29
Розділ 4. Результати досліджень…….. 31
4.1. Вплив густоти стояння рослин на площу листкової поверхні 31
4.2. Вплив густоти рослин на накопичення абсолютно сухої надземної біомаси кукурудзи…….. 33
4.3. Збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи…….. 35
4.4. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи…… 37
4.5. Вплив густоти рослин на врожайність зерна гібридів кукурудзи…… 40
4.6. Вміст сирого протеїну в зерні гібридів кукурудзи…….. 42
4.7. Економічна ефективність вирощування кукурудзи…….. 44
Висновки 48
Рекомендації виробництву…… 50
Список використаних джерел..... 51

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В агропромисловому комплексі України кукурудза займає одну з провідних позицій, відіграючи стратегічну роль у забезпеченні продовольчої та енергетичної безпеки, а також формуванні експортного потенціалу держави. Завдяки високому генетичному потенціалу врожайності та універсальності використання (на продовольчі, кормові та біоенергетичні цілі), ця культура є економічно привабливою для аграріїв. Проте в умовах сучасних глобальних кліматичних змін, що супроводжуються нестабільністю гідротермічного режиму, частими тривалими ґрунтовими та повітряними посухами, особливо у другій половині вегетації, гостро постає проблема стабілізації виробництва зерна. Незважаючи на значний об’єм наукових праць, питання оптимізації густоти стояння сучасних гібридів кукурудзи з урахуванням впливу на фотосинтетичну діяльність, якість зерна та економічну ефективність залишається недостатньо вивченим, що і зумовлює актуальність обраного напряму досліджень.

Метою дослідження було обґрунтування впливу густоти стояння рослин на врожайність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області.

Об’єкт дослідження – процеси росту, розвитку, формування асиміляційного апарату, елементів структури врожаю, зернової продуктивності та якості насіння кукурудзи залежно від впливу агротехнічних факторів.

Предмет дослідження – гібриди кукурудзи різних груп стиглості, густота стояння рослин, показники фотосинтетичної діяльності, урожайність, збиральна вологість зерна та економічна ефективність вирощування.

Методи дослідження. В основу роботи покладено польовий метод, який застосовувався для вивчення взаємодії рослинного організму з біотичними та абіотичними факторами середовища, а також для встановлення реакції гібридів кукурудзи на зміну густоти стояння. Фенологічні спостереження за фазами

росту і розвитку рослин проводилися візуальним методом. Визначення площі листкової поверхні здійснювалося вимірювально-ваговим методом. Накопичення абсолютно сухої надземної біомаси фіксували гравіметричним методом шляхом висушування зразків до постійної маси. Для оцінки прибутковості різних варіантів досліду застосовували розрахунково-економічний метод на основі складених технологічних карт та актуальних ринкових цін.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у проведені комплексного оцінювання реакції новітніх гібридів кукурудзи селекції Syngenta з індексом ФАО від 300 до 430 на густоти стояння рослин (від 40 до 110 тис./га). Науково обґрунтовано та доведено нелінійний характер залежності формування площі листкової поверхні та накопичення сухої біомаси від ущільнення агроценозу з визначенням фізіологічних оптимумів. Доведено, що загущення посівів стимулює інтенсивнішу природну вологовіддачу зерна перед збиранням та сприяє підвищенню концентрації сирого протеїну в ендоспермі.

Практичне значення отриманих результатів. Сільськогосподарським підприємствам регіону рекомендовано диференційований підхід до норм висіву: для гібрида СИ Ірідіум (ФАО 350) – 65–70 тис. рослин/га; для СИ Топаз (ФАО 370) – 60–65 тис./га; для пізньостиглого СИ Зефір (ФАО 430) – 55–65 тис./га. Доведено, що дотримання цих параметрів дозволяє сформувати максимальну зернову продуктивність на рівні 9,30–9,35 т/га за оптимальної передзбиральної вологості. Впровадження розроблених рекомендацій забезпечує аграріям досягнення найвищої економічної ефективності: отримання максимального умовного чистого прибутку до 31,00 тис. грн з одного гектара та рівня рентабельності виробництва у межах 117,1–118,1 %, що дозволяє раціонально використовувати земельні й матеріальні ресурси.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У глобальному масштабі кукурудза закріпила за собою статус стратегічної культури, домінуючи у сферах продовольства, кормовиробництва та переробки. Її врожайність та багатоцільове призначення роблять її незамінною сировиною для виготовлення борошна, різноманітних круп, крохмалю, олії та етилового спирту. Крім того, вона є базовим компонентом раціонів у тваринництві та перспективним ресурсом для промислової біотехнології [34]. Сучасні тенденції все частіше позиціонують кукурудзу як потужне джерело відновлюваної енергії. Враховуючи високу концентрацію крохмалю (яка може сягати 85%) та наявність передових методів переробки, культура відіграє ключову роль у виробництві біоетанолу [5]. Відповідно до статистики Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), Сполучені Штати Америки спрямовують близько 40% свого врожаю кукурудзи на біопаливні цілі. Україна також має значний потенціал у цій сфері: переробка 10 мільйонів тон зернової маси здатна забезпечити виробництво близько 4 мільйонів тон екологічного пального, що могло б суттєво зменшити обсяги імпорту енергоносіїв [37].

На етапі повоєнної відбудови української економіки, зокрема її енергетичного та сільськогосподарського секторів, ініціативи з виробництва біопалива на основі кукурудзи стануть пріоритетними. Реалізація таких проектів сприятиме мінімізації енергозалежності держави та відчутному скороченню емісії парникових газів, що повністю відповідає світовому курсу на декарбонізацію агровиробництва [66].

З огляду на це, збільшення валових зборів кукурудзи в Україні є викликом, який вимагає ґрунтовних наукових досліджень для оптимізації її продуктивності та ефективності вирощування в умовах екологічних стресів, фінансової турбулентності та ризиків, спричинених війною.

Світові обсяги виробництва кукурудзи демонструють висхідну динаміку протягом останніх десятиріч, що пояснюється зростаючим глобальним попитом та впровадженням новітніх агротехнологій. США, Китайська Народна Республіка та Бразилія продовжують формувати архітектуру світового ринку цієї культури. Україна, яка до 2022 року стабільно трималася в п'ятірці найбільших світових експортерів, зіткнулася з радикальними змінами через військову агресію та руйнування логістичних ланцюгів. Аналітика JRC MARS [57] свідчить, що незважаючи на збереження прийнятних показників урожайності, загальний обсяг зібраного зерна впав через скорочення посівних площ і проблеми з доступом до ресурсів. Дослідники [15] також звертають увагу на додаткові фактори тиску, зокрема подорожчання добрив, що суттєво б'є по рентабельності вирощування кукурудзи.

Зважаючи на екологічні виклики, активізувався пошук біологічних методів стимулювання продуктивності культури. Дослідження [77] показують, що внесення біологічних добрив, зокрема на основі бактерій, здатне покращити врожайність на деградованих ґрунтах і знизити потребу у дорогих хімікатах. Окрім цього, інтеграція цифрових рішень, БПЛА та систем автоматичного керування відкриває інноваційні шляхи для адаптації агробізнесу [42].

Глобальні кліматичні прогнози [56] попереджають, що зростання середньої температури лише на 1°C здатне спровокувати зниження врожайності кукурудзи на 7–8%. Водночас геополітичні конфлікти трансформують логістику світової торгівлі, створюючи дефіцит і послаблюючи стабільність поставок на ринках країн-імпортерів [41].

Отже, поточна ситуація у сфері вирощування кукурудзи в Україні формується під впливом світових аграрних трендів, внутрішніх економіко-політичних перешкод і глобальних змін клімату. Саме тому вивчення динаміки посівних площ, рівня врожайності та валових зборів є фундаментом для створення дієвих стратегій стабілізації агросектору.

Глобальні посівні площі під кукурудзу постійно розширюються. Для порівняння, у 2000 році цей показник становив 136,9 млн га, а вже у 2023 році досяг 208,2 млн га, продемонструвавши приріст на 52%. Найбільші посіви сконцентровані в країнах Америки (55,4–79,0 млн га), де спостерігається чіткий висхідний тренд протягом усього періоду 2000–2023 років. Азійський регіон також суттєво наростив площі: з 41,8 млн га на початку століття до 68,5 млн га у 2023 році (зростання на 64%). Африканський континент не відстає, збільшивши посіви з 24,2 до 44,1 млн га. Європа характеризується певними коливаннями, досягнувши піку у 2020–2021 роках (19,3–19,7 млн га). Океанія традиційно займає мінімальну частку. Загалом, за аналізований період 37,96% площ припадало на Америку, 32,62% – на Азію, 20,04% – на Африку, 9,32% – на Європу [45].

До п'ятірки світових лідерів за масштабами вирощування входять Сполучені Штати (18,6% площ), Китай (19,9%), Бразилія (8,7%), Індія (4,9%) та Аргентина (2,7%). Інші держави сумарно займають 45,3%. Всі перелічені країни-лідери демонструють розширення посівів. Їхня сукупна частка зросла з 53,2% (2000–2005 рр.) до 56,7% у 2021–2023 роках [73].

На території України в період з 2000 по 2010 рік площі під кукурудзу варіювали від 1,123 млн га до 2,648 млн га [7]. Згодом відбувся різкий стрибок до 4,827 млн га у 2013 році, з незначним просіданням у 2015 році [43].

З 2016 року масштаби вирощування щорічно збільшувалися, досягнувши історичного максимуму у 2021 році – 5,482 млн га. Таке розширення (майже в 4,3 разів порівняно з 2000 роком) ілюструє бурхливий розвиток кукурудзяного сегмента. Навіть в умовах повномасштабної війни у 2022–2023 роках фермери змогли засіяти 3,975–4,125 млн га [45].

Глобальні обсяги зібраного зерна також суттєво зросли: з 592,0–887,6 млн тон у 2000–2012 роках до 1016,6–1241,6 млн тон у період 2013–2023 років (збільшення більш ніж удвічі). Американський континент забезпечив 51,4% світового врожаю, Азія – 30,1%, Європа – 10,9%. На топ-країни припадає близько 70% усього виробленого зерна [43].

У згаданих державах зафіксовано потужне зростання виробництва: США наростили обсяги з 251,9 до 389,7 млн тон, Китай – з 106,2 до 289,1 млн тон, Бразилія – з 32,3 до 132,0 млн тон. Аргентині притаманна висока волатильність показників: від 13,1 млн тон у 2009 році до 60,5 млн тон у 2021-му [41, 73].

Роль нашої держави на світовому ринку кукурудзи посилюється. Якщо у 2000 році частка України становила лише 0,7%, то в 2003–2004 роках вона зросла до 1,2% завдяки вдосконаленню агротехніки та розширенню площ. Протягом 2005–2010 років валовий збір коливався в межах 6,4–11,9 млн тон [7, 45].

Починаючи з 2011 року, присутність України на світовому ринку стала ще більш відчутною, сягнувши 3,0% від загальносвітового виробництва у 2013 році. Цей етап ознаменувався масовим впровадженням інтенсивних технологій та успішною інтеграцією у міжнародну торгівлю.

Протягом 2013, 2014 та 2016 років середня врожайність стабільно перевищувала 6 т/га, а рекорди були встановлені у 2018 (7,84 т/га), 2021 (7,68 т/га) та 2023 роках (7,81 т/га). Це підтверджує успішну реалізацію генетичного потенціалу сучасних селекційних досягнень [43].

Разом з тим, спад продуктивності у посушливі роки (2012 – 4,79 т/га, 2017 – 5,51 т/га) демонструє вразливість культури до дефіциту вологи. Проте загальна динаміка є вкрай позитивною: середня врожайність зросла з 4,2 т/га (у 2000-х) до понад 6,4 т/га (після 2011 року). Галузь успішно перейшла від екстенсивного до інтенсивного формату роботи [41, 73].

Продуктивний потенціал посівів перебуває під постійним тиском біотичних та абіотичних факторів. Поява нових гібридів і зміни клімату вимагають безперервного оновлення наукових рекомендацій. Так, випробування гібридів компаній «Pioneer» та «Laboulet» на базі Уманського НУС довели, що якість зерна і врожайність прямо залежать від генетики та погодних умов сезону. Досліджувані зразки відрізнялися високим вмістом крохмалю та варіюванням натурної маси [30].

Специфіка біології гібридів і гідротермічні умови конкретного року суттєво впливають на тривалість міжфазних періодів ранньостиглих, середньоранніх та середньостиглих форм кукурудзи [23].

Порівняння продуктивності 22 гібридів компанії «Syngenta» в зоні Лісостепу виявило лідерів серед різних груп стиглості, зокрема гібриди Фалькон, Сімба, Люциус. На зрошуваних землях Південного Степу відзначилися гібриди Імпульс, Ротанго та Енермакс [33].

Аналіз результативності гібридів селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН на півдні України показав, що найвищі показники формують Подільський 274 СВ, Азов та Соколов 407 МВ [26].

В умовах відсутності поливу в південних регіонах спостерігається зворотна кореляція: зі збільшенням ФАО врожайність падає, тому перевагу мають ранньостиглі гібриди (ДН Паланок, ДБ Лада). За умови зрошення максимальну віддачу забезпечують пізніші форми вітчизняної селекції [25].

Сучасним вектором розвитку є перехід до культивування низькорослих гібридів зі зменшеною вегетативною масою. Якщо раніше аграрії робили ставку на габітус рослини, то сьогодні лідери ринку («Bayer», «Corteva») створюють компактні гібриди. Це дозволяє спрямувати всі поживні речовини безпосередньо у качан і забезпечити швидку вологовіддачу [40].

Правильний вибір гібридів з урахуванням груп ФАО та місцевих агрокліматичних умов є запорукою підвищення врожайності, покращення якості продукції та зміцнення експортних позицій України [7, 57].

Ключовим запитом фермерів до сучасного насіння є гарантія високої продуктивності для зниження собівартості зерна. Якщо раніше головним критерієм була пластичність, то сьогодні через високі ціни на газ на перший план вийшла швидкість скидання вологи. Гібриди, які дозволяють збирати зерно з вологістю 13–14%, користуються найвищим попитом [28].

Обираючи конкретний гібрид, аграрій мусить оцінити його генетичний потенціал у розрізі своєї ґрунтово-кліматичної зони. За даними Державного реєстру, найбільша кількість зареєстрованих гібридів призначена для Степу

(19%) та Лісостепу (14%), тоді як для Полісся – лише 2%. Універсальні пластичні гібриди складають 33%.

Близько 44% асортименту в Державному реєстрі – це насіння української селекції. Попри поширений серед фермерів стереотип про нижчу якість вітчизняних гібридів (через що їх часто сіють за залишковим принципом), дослідження доводять, що українське насіння за рівнем вологовіддачі та врожайності не поступається імпортним аналогам [35].

Закордонні гібриди займають 55,8% реєстру. Беззаперечним лідером серед іноземців є Франція (16,9%), представлена брендами Syngenta, Limagrain, Euralis та іншими [43].

Другу позицію утримує генетика зі США (13,0%), зокрема гібриди від Monsanto та Lark Seeds [7].

Німецька генетика (KWS, Bayer) становить 6,8% від загальної кількості сортів, допущених до вирощування в Україні [7, 41, 43, 73].

Таким чином, ретельний підбір адаптованого гібридного складу є найбільш економічно доцільним шляхом інтенсифікації виробництва кукурудзи.

Щільність посіву є технологічним фактором, що безпосередньо формує врожайність і якість зерна. Правильна густота стояння дозволяє рослинам максимально ефективно використовувати ґрунтові ресурси, світло та вологу для формування повноцінних генеративних органів [34, 38].

Американські вчені [59] довели, що для умов південного заходу США оптимальним є показник у 88 тис. рослин/га, що гарантує найкращий баланс між використанням води і масою зерна. Дослідники з Китаю [75] додають, що загущення стимулює нарощування фотосинтетичної площі, проте надмірне ущільнення провокує конкуренцію, яка різко знижує якісні показники зерна.

Дослідження в Італії (Сардинія) [53] підтвердили, що комбінація правильної густоти рослин та ширини міжрядь оптимізує процеси поглинання сонячної радіації та води, що напряму впливає на масу зерна.

Польові експерименти свідчать [64], що збільшення кількості рослин на гектар підвищує загальну продуктивність до певної межі (зазвичай 75–85 тис./га). Перевищення цього порогу призводить до стагнації або падіння врожайності через боротьбу рослин за виживання. Зафіксовано, що загущення понад 84 тис./га викликає негативні ефекти: стерильність пилку та зменшення кількості зерен [68].

Науковці з Китаю [72], на основі масштабного аналізу даних 2017–2020 років, визначили оптимальний поріг на рівні 72,5 тис. рослин/га, попередивши про різке падіння врожайності при загущенні понад 112,5 тис./га.

Вітчизняні фахівці [36] попереджають: у надто зріджених посівах втрачається частина ресурсів, а у надмірно загущених – формуються дрібні качани, падає вміст поживних речовин і різко зростає ризик ураження хворобами та стебловим метеликом [46].

Найкраща щільність посіву залежить від морфології гібриду, рівня родючості поля, доступності вологи та добрив [58].

Параметр густоти стояння є інструментом керування тепловим, водним та світловим режимами фітоценозу. Різні групи стиглості вимагають індивідуального підходу. В Україні виробничі рекомендації коливаються від 40 до 80 тис./га (для ранніх гібридів – до 90 тис./га). Ці норми коригуються залежно від прогнозу опадів у другій половині вегетації. Більше рослин означає більшу площу листя і вищий рівень перехоплення сонячної енергії [10].

У зонах з дефіцитом вологи під час цвітіння свідоме розрідження посівів забезпечує рослини достатньою кількістю води та мінімізує стрес [38, 73]. Китайські досліди довели, що зменшення щільності зі 105 до 45 тис./га призвело до збільшення маси 1000 зерен та зростання вмісту жиру і протеїну [75].

Науково доведено [78], що оптимізація густоти балансує фотосинтез та стресове навантаження на рослину. Перезагущення викликає ефект взаємного затінення, знижує активність фотосинтезу та прискорює відмирання нижнього

ярусу листя. Експерти [67] наголошують, що щільні посіви прискорюють старіння рослини та зменшують кількість хлорофілу. Дослідження [76] підтверджують падіння рівня фотосинтетично активної радіації у нижніх ярусах загущених посівів. Аналогічні висновки роблять й інші науковці [23, 79].

Новітні агротехнології передбачають динамічний підхід до формування густоти, залежно від погодних сценаріїв та характеристик конкретного гібриду [74].

Впровадження інноваційних систем точного землеробства дозволяє автоматично змінювати норму висіву навіть у межах одного поля, враховуючи карти родючості та зволоження [69].

Однак потенціал таких інновацій розкривається повною мірою лише за умови глибокого розуміння реакції конкретних гібридів кукурудзи, що належать до різних груп стиглості (ФАО), на зміну площі живлення [72]. Відомо, що ранньостиглі форми зазвичай формують компактніший габітус та меншу загальну площу листкової поверхні [30]. Це біологічна особливість дозволяє суттєво загущувати їхні посіви для максимізації врожайності з гектара без ризику критичного взаємозатінення та пригнічення фотосинтезу [39]. Натомість середньостиглі та пізньостиглі гібриди, які характеризуються потужнішим вегетативним розвитком і вищою індивідуальною продуктивністю качана, потребують значно більшого життєвого простору [65]. Їх надмірне загущення неминуче призводить до посилення внутрішньовидової конкуренції, затримки розвитку генеративних органів, зростання кількості безкачанних рослин та, як наслідок, зниження загальної виповненості зерна [73].

Окрім впливу на обсяги врожаю, густота стояння рослин виступає потужним регулятором якісних параметрів кукурудзи, зокрема вмісту сирого протеїну, крохмалю та жиру (олії) [76]. Дослідження підтверджують, що за високої щільності посіву динаміка поглинання азоту з ґрунту суттєво

змінюється: зменшується його доступність для кожної окремої особини в критичний період наливу зерна [56].

У результаті дефіциту азотного живлення в загущених фітоценозах часто спостерігається зниження частки білка в ендоспермі на користь вуглеводів (крохмалистих сполук) [76].

Крім того, просторове розміщення рослин у агроценозі безпосередньо впливає на його архітектоніку та ефективність перехоплення сонячної радіації [13]. В ущільнених посівах листки середнього і нижнього ярусів зазнають гострого дефіциту світла, що пришвидшує їх старіння, знижує чисту продуктивність фотосинтезу та обмежує надходження асимілянтів до зернівки, що формується [77].

З іншого боку, негативні наслідки загущення можна частково нівелювати завдяки оптимізації систем мінерального живлення та застосуванню сучасних стимуляторів росту [4]. Доведено, що інтеграція мікродобрив та біопрепаратів у технологію вирощування дозволяє пом'якшити стрес від внутрішньовидової конкуренції, зберігаючи при цьому високу продуктивність посіву [1, 30]. Зокрема, використання регуляторів росту допомагає збалансувати співвідношення між розвитком вегетативної маси та генеративних органів, що є критично важливим для інтенсивних агротехнологій та гібридів з різним ФАО [22, 28].

Крім того, зміна площі живлення безпосередньо позначається на ключових елементах структури врожаю, таких як маса 1000 зерен та їхні фізико-механічні властивості [49]. У переущільнених агроценозах формується дрібніше та легше зерно, що не лише зменшує загальний вал продукції, але й суттєво підвищує ризик травмування та биття зернівок під час механізованого збирання комбайнами [66]. Водночас архітектоніка посіву впливає на процеси природної вологовіддачі: зміна мікроклімату у щільних посівах може затримувати висихання качанів, що безпосередньо позначається на економіці післязбиральної доробки [64].

Не менш важливим аспектом є енергетична та економічна ефективність вирощування кукурудзи за різних норм висіву [2]. Коректний вибір густоти для кожної групи стиглості дозволяє мінімізувати витрати на насіннєвий матеріал та уникнути зайвих витрат палива під час досушування зерна, що є фундаментом рентабельності в сучасних економічних умовах [3, 44]. Більше того, такий раціональний підхід, який базується на чіткому розумінні біології гібриду та ресурсного потенціалу поля, сприяє загальній екологізації виробництва та підтримує курс на «зелену» трансформацію вітчизняного аграрного сектору [25].

Зважаючи на вищевикладене, комплексне дослідження того, як саме гібриди кукурудзи різних груп стиглості реагують на варіювання густоти стояння, є вкрай актуальним завданням сучасної агрономії [37]. Розуміння цих складних фізіологічних та морфологічних процесів у розрізі конкретних ґрунтово-кліматичних умов є ключем до оптимізації норм висіву, раціонального використання ресурсів, покращення якості зерна та досягнення максимальної рентабельності вирощування цієї стратегічної культури [59, 79].

Підсумовуючи, оптимальна густота стояння – це ідеальний компроміс між кількістю одиниць на гектар та індивідуальною масою качана. Дотримання цієї норми гарантує максимальну рентабельність, тоді як її ігнорування призводить до марнотратства ресурсів та зниження врожайності.

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Польові досліди щодо оцінки реакції різних за групами стиглості (ФАО) гібридів кукурудзи на зміну щільності посіву та її вплив на кінцевий вихід зерна виконували на базі сільськогосподарського підприємства ТОВ «Умань-Агротех» (Уманський район, Черкаська область) протягом вегетаційних сезонів 2025–2026 років.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений чорноземом типовим малогумусним глибоким. Цей підтип ґрунтів належить до найбільш цінних земельних ресурсів завдяки потужній природній родючості, оптимальній архітектоніці, а також відмінним водно-повітряним характеристикам.

Показник (pH) ґрунтового середовища типових чорноземів наближається до нейтрального (6,5–7,4), що зумовлюється значною присутністю кальцієвих карбонатів та високим ступенем насиченості ґрунтово-вбирного комплексу катіонами. Загальна сума ввібраних основ тут суттєво перевищує показники південних чорноземів і варіює в діапазоні 35–70 мг-екв/100 г ґрунту. Такі параметри забезпечують потужну буферну здатність ріллі та її властивість надійно фіксувати елементи мінерального живлення, запобігаючи їх вимиванню. Загальні запаси азотних сполук мають пряму кореляцію з товщиною гумусового шару та концентрацією органічної речовини.

Протягом періоду проведення досліджень об’ємна маса ґрунту (щільність складення) фіксувалася на рівні 1,15–1,18 г/см³, що за класифікацією Н. А. Качинського є ідеальним показником для свіжозораного окультуреного орного масиву. Питома маса (щільність твердої фази) знаходилася у межах 2,65–2,68 г/см³, що є класичним значенням для середньосуглинкових чорноземів. Базуючись на цих фізичних величинах,

розрахункова загальна пористість (шпаруватість) ґрунту становила 55–57%. Це свідчить про відмінну аерацію та високий рівень окультурення ділянки (норма для таких ґрунтів – 55–65%). Параметри капілярної, найменшої та максимально-адсорбційної вологоємності, а також вологість стійкого в'янення повністю відповідали нормативним значенням для типових чорноземів.

Агрохімічний аналіз орного горизонту показав, що частка гумусу складає 3,5–3,6%, що відносить даний ґрунт до категорії малогумусних. Актуальна реакція ґрунтового розчину є нейтральною (pH 6,9–7,0). Показник ємності катіонного обміну коливається від 42 до 50 мг-екв на 100 г ґрунту. У структурі обмінних катіонів домінують кальцій (Ca^{2+}) із часткою 28–35 мг-екв/100 г та магній (Mg^{2+}) – 8,2–9,8 мг-екв/100 г. Вміст калію (K^{+}) становить 1,6–1,9 мг-екв/100 г, а натрію (Na^{+}) фіксується у мізерних кількостях – 0,1–0,2 мг-екв/100 г. Це підтверджує високу якість ґрунтово-вбирного комплексу, насиченого переважно двовалентними катіонами.

Аналіз ґрунтового профілю засвідчив закономірне поступове зменшення концентрації органічної речовини зверху вниз. Зокрема, у верхньому гумусово-акумулятивному горизонті (Н) цей показник сягає 3,6%, тоді як у нижньому перехідному карбонатному шарі (РК) різко падає до 0,7%. Аналогічна вертикальна стратифікація з тенденцією до зниження концентрації в глибоких шарах характерна і для ключових елементів живлення: загального азоту (аналіз за ДСТУ ISO 11261–2001) та рухомих форм фосфору (визначення за методом Мачигіна відповідно до ДСТУ 4114–2002).

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Клімат зони проведення досліджень класифікується як помірно-континентальний, що загалом є сприятливим для вирощування кукурудзи. За даними багаторічних метеорологічних спостережень Уманської метеостанції, середньорічна температура повітря становить +8,3°С. Зима у регіоні характеризується відносною м'якістю, проте сніговий покрив часто є нестійким. Найхолоднішим місяцем традиційно виступає січень із

середньобагаторічним показником -5,2°С, тоді як у лютому фіксується -4,1°С. Водночас під час вторгнення арктичних мас повітря можливі короткочасні зниження температури до -25°С. Загальна кількість діб із від'ємними температурами протягом року в середньому коливається в межах 100-110 днів.

Перші заморозки на поверхні ґрунту восени зазвичай фіксуються в першій декаді жовтня, а останні весняні приморозки можуть траплятися до початку, рідше – до середини травня. Формування снігового покриву нестабільне: він може лежати від 40 до 75 днів із середньою висотою 10–15 см (у багатосніжні зими – до 30–40 см). Однак на фоні глобального потепління все частіше фіксуються малосніжні або безсніжні зими. Глибина промерзання ґрунту сильно залежить від наявності снігу та сили морозів, становлячи в середньому 25–40 см.

Загальна тривалість періоду вегетації (з температурами вище +5°С) триває близько 210 днів, розпочинаючись переважно в першій декаді квітня і закінчуючись у кінці жовтня або на початку листопада. Сума ефективних температур (понад +10°С), що є критично важливим для кукурудзи, становить 2600–2800°С. Період активної вегетації сільськогосподарських культур триває 160–170 діб (орієнтовно з кінця квітня до кінця вересня).

Середньорічна сума опадів становить 550–600 мм. Їх розподіл протягом року має яскраво виражений літній максимум. Найбільше вологи випадає у червні (близько 75 мм) та липні (близько 70 мм), що збігається з періодом інтенсивного росту кукурудзи. Найсухішим є зимовий період: у січні, лютому та березні випадає по 30–35 мм щомісяця. Незважаючи на загалом достатню річну суму опадів, їх нерівномірність у літні місяці часто призводить до виникнення ґрунтових та повітряних посух у критичні для культури фази цвітіння та наливу зерна.

Гідротермічний режим під час вегетації у 2025 році відзначався високим рівнем нестабільності. Весняний період (березень – травень) супроводжувався інтенсивним наростанням тепла: від +5,4°С у березні до +16,1°С у травні, що стимулювало швидкі темпи появи сходів. Однак режим зволоження був вкрай

нерівномірним: якщо квітень приніс 66 мм опадів, то у травні цей показник впав до критичних 16,5 мм. Вже з травня розпочалася жорстка повітряна посуха – дефіцит вологості зріс до 9 мб, вологість повітря знизилася до 59%, а кількість суховійних днів (із вологістю ≤30%) сягнула восьми. Літо 2025 року було спекотним (температурний фон 20,4–23,6°С) та засушливим. Опади випадали спорадично: 41 мм у червні, 45 мм у липні та лише 33 мм у серпні, що суттєво менше за багаторічну норму. Повітряна посуха посилювалася, дефіцит вологи сягнув 12 мб. У вересні теплова напруга дещо спала (+19,1°С), проте опадів практично не було (4 мм), а кількість суховійних днів досягла 15. Таким чином, вегетаційний сезон 2025 року пройшов під знаком жорсткого гідротермічного стресу у другій половині літа, що лімітувало реалізацію генетичного потенціалу кукурудзи.

У 2026 році погодні умови були більш контрастними, але загалом сприятливішими. Весна характеризувалася помірним потеплінням (від +2,5°С у березні до +14,8°С у травні), що дозволило провести сівбу в оптимальні строки. Вологозабезпеченість весняних місяців була стабільною: 41 мм у березні, 30 мм у квітні та 41 мм у травні, що гарантувало якісне проростання насіння. У період активного літнього росту (червень – серпень) температура трималася в ідеальному для кукурудзи діапазоні +21,5...+22,8°С. Розподіл опадів був нерівномірним: у червні випало 38 мм, липень виявився посушливим (17 мм), а серпень приніс аномальні 91 мм дощів. Червень і липень супроводжувалися атмосферною посухою (дефіцит вологи 11–12 мб, 4–5 суховійних днів), що створювало ризики під час цвітіння. Проте серпневі та вересневі (93 мм) рясні опади на фоні комфортних вересневих температур (+13,6°С) повністю відновили ґрунтові запаси води, забезпечивши ідеальні умови для повноцінного наливу зерна. Осінь (жовтень-листопад) була вологою (22 та 74 мм відповідно) і прохолодною, що сприяло якісній підготовці ріллі під наступний врожай. Підсумовуючи, 2026 рік, попри короткочасний липневий стрес, забезпечив кукурудзу достатньою кількістю вологи у другій половині вегетації для формування високої продуктивності.

РОЗДІЛ 3
МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета та завдання досліджень

Метою дослідження було обґрунтування впливу густоти стояння рослин на врожайність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області. Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- оцінити вплив досліджуваних факторів на формування площі листкової поверхні гібридів кукурудзи;
- дослідити закономірності накопичення сухої надземної біомаси досліджуваними гібридами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин;
- оцінити вплив досліджуваних факторів на вологість зерна, вихід зерна з качанів та масу 1000 зерен;
- дослідити закономірності формування врожайності зерна гібридів кукурудзи;
- встановити вплив досліджуваних факторів на показники якості зерна;
- провести економічний аналіз ефективності елементів технології вирощування кукурудзи у досліді.

3.2. Схема досліду та методики досліджень

Трифакторний дослід проведено у триразовій повторності із систематичним розміщенням варіантів. Загальна площа дослідної ділянки становила 340 м², облікова – 270 м². Схему досліду наведено у таблиці 1. У ході реалізації польових та лабораторних досліджень застосовувалися загальноприйняті методики спостережень та обліку [17, 18, 19].

Проходження фенологічних фаз фіксували шляхом візуального моніторингу посівів, відзначаючи дати настання ключових етапів розвитку рослин.

Таблиця 1. Схема досліду

Фактор А – гібрид	Фактор В – густота стояння рослин, тис. шт./га
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) СПЕКТРАЛ (ФАО 320) СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) СИ АРТОС (ФАО 370) СИ ТОПАЗ (ФАО 370) СИ КРЕОН (ФАО 410) СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	40 50 60 70 80 90 100 110

Початок фази реєстрували за наявності відповідних ознак у 10% рослин, а повне настання – коли фаза охоплювала не менше 75% досліджуваних зразків.

Параметри листкової поверхні обчислювали лінійним методом, вимірюючи геометричні розміри листкових пластинок. На відібраних рослинах (по 10 шт. у кожному повторенні) визначали загальну площу асиміляційного апарату та екстраполювали отримані дані на площу 1 гектар (тис. м²/га).

Для оцінки накопичення сухої маси використовували ваговий аналіз: зразки рослин висушували до постійної ваги і зважували.

Збиральну вологість зерна аналізували у лабораторних умовах за стандартними протоколами шляхом дегідратації проб та розрахунку різниці мас до і після висушування.

Вихід чистого зерна визначали після обмолоту контрольних качанів, обчислюючи відсоток зернової маси від загальної ваги качана. Масу тисячі насінин встановлювали згідно з чинним Державним стандартом ДСТУ 4138–2002 [20].

Врожайність фіксували на кожному варіанті досліду, після чого перераховували її на 100% чистоту та базову вологість.

Вміст сирого протеїну досліджували методом К’єльдаля (ДСТУ 4138–2002) [20]. Метод охоплює етапи мінералізації, дистиляції та титрування.

Отриманий азот перераховували на протеїн через коефіцієнт 6,25. Концентрацію жиру оцінювали екстракційним методом Сокслета відповідно до ДСТУ ISO 6492:2003 [21], екстрагуючи ліпіди органічними розчинниками.

Статистичну достовірність результатів перевіряли за допомогою інструментів Microsoft Office Excel. Економічну доцільність різних технологічних схем обчислювали на основі технологічних карт та актуальних ринкових цін станом на осінь 2026 року [32].

3.3. Характеристика гібридів кукурудзи

СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) – середньостиглий гібрид кукурудзи (FAO 310), орієнтований на інтенсивне вирощування в умовах високотехнологічного землеробства. Належить до зубовидного типу зерна (Zea mays indurata). До основних переваг слід віднести: високий потенціал урожайності, високу адаптивність до різних технологій та посухостійкість. Оптимально розкриває свій потенціал при дотриманні інтенсивних технологій.

Гібрид СПЕКТРАЛ (ФАО 320) характеризується високою адаптивністю та стабільністю, що підтверджується максимальною оцінкою його пластичності (9 балів за 9-бальною шкалою). Він демонструє відмінну посухостійкість (9 балів), що робить його придатним для вирощування в умовах періодичного дефіциту вологи та нестабільного зволоження. Початкова енергія росту (8 балів) забезпечує швидкий старт розвитку та формування вирівняних сходів, навіть за помірних температур. Гібрид СПЕКТРАЛ виявляє високу стійкість до фузаріозних уражень стебла та качана (9 балів), що сприяє збереженню продуктивності та зменшенню ризику втрат урожаю під час вегетації та зберігання. Вологовіддача знаходиться на максимально високому рівні (9 балів), що свідчить про швидке зниження вологості зерна після настання фізіологічної стиглості та зменшує потребу у додаткових витратах на сушіння. Холодостійкість гібриду (8 балів) дозволяє проводити сівбу у ранні строки за температури ґрунту від 8°C.

Гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) належить до середньопізньої групи стиглості та характеризується високою інтенсивністю росту і значним продуктивним потенціалом. Завдяки зубовидному типу зерна та потужній кореневій системі він демонструє стабільні показники врожайності, навіть за контрастних умов середовища. Гібрид відзначається високою стабільністю і пластичністю (8 балів), що дозволяє рослинам ефективно адаптуватися до різних агрокліматичних зон та технологічних режимів вирощування. Посухостійкість – висока (9 балів), що свідчить про здатність рослин формувати врожайність за недостатнього або нерівномірного зволоження. Однією з важливих характеристик гібриду є висока початкова енергія росту (9 балів). Інтенсивне проростання та активний розвиток у ранні фази сприяють формуванню вирівняних і конкурентоспроможних посівів, навіть за несприятливих умов температурного режиму. Стебла та качани гібриду виявляють достатньо високу стійкість до фузаріозних уражень (8 балів), що зменшує фітосанітарні ризики та підвищує надійність формування врожаю. Вологовіддача є високою (9 балів), що забезпечує швидке зниження вологості зерна після настання фізіологічної стиглості і сприяє зменшенню витрат на післязбиральну доробку. Виражена холодостійкість (9 балів) дозволяє безпечно проводити ранню сівбу за досягнення температури ґрунту 9°С.

Гібрид СИ АРТОС (ФАО 370) вирізняється високим потенціалом урожайності та універсальністю щодо умов вирощування. Це середньопізній зубовидний гібрид, який демонструє високу стабільність і пластичність (9 балів), що робить його придатним для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Даний гібрид відзначається високою посухостійкістю (9 балів), що є важливою перевагою в умовах нестабільного зволоження, а також стійкістю до фузаріозу стебла і качана (9 балів), що забезпечує надійність формування врожаю. Ранній розвиток рослин підтримується досить високою початковою енергією росту (8 балів) та високою холодостійкістю (9 балів), завдяки чому гібрид СИ АРТОС добре стартує навіть за прохолодних умов весняного періоду. Вологовіддача

становить 7 балів, що за сприятливих погодних умов забезпечує оптимальне дозрівання врожаю без значних затримок. Гібрид невибагливий до типу ґрунтів і за умови достатнього зволоження формує високий рівень урожайності навіть на ґрунтах піщаного гранулометричного складу. Найкраще реагує на середній і високий рівень мінерального живлення та сумісний із різними технологіями обробітку ґрунту: традиційною, мінімальною та No-till. Сівбу рекомендовано проводити за прогрівання ґрунту до 9°С. Гібрид добре переносить вирощування в монокультурі та здатний витримувати тривалий перестій, що підвищує гнучкість у плануванні збирання врожаю.

Гібрид СИ ТОПАЗ (ФАО 370) – середньопізній зубовидний гібрид із високою адаптивністю та вираженою пластичністю, що забезпечує стабільне формування врожаю в широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов. Він має міцне стебло і потужну кореневу систему, добре реагує на загущення та зберігає продуктивність навіть за підвищеної конкуренції між рослинами. Гібрид характеризується високими показниками стабільності та пластичності (9 балів), відмінною початковою енергією росту (9 балів) і високою холодостійкістю (9 балів), що сприяє успішному старту культури за ранніх строків сівби і прохолодних весняних температур. Посухостійкість становить 8 балів, а здатність протистояти фузаріозу стебла і качана – 9 балів, що забезпечує надійне формування врожаю в роки з підвищеним інфекційним навантаженням. Висока вологовіддача (9 балів) сприяє рівномірному та своєчасному дозріванню. Гібрид СИ ТОПАЗ невибагливий до ґрунтових умов і придатний до вирощування на всіх типах ґрунтів. Найкращою мірою реалізує потенційні можливості за середнього або високого рівня мінерального живлення. Він сумісний із усіма технологіями обробітку ґрунту – традиційною, мінімальною та No-till. Оптимальні строки сівби настають за температури ґрунту 8°С. Гібрид добре переносить вирощування в монокультурі та витримує тривале перестоювання на полі, що забезпечує більшу гнучкість у плануванні збиральних робіт. Гібрид придатний як для зернового використання, так і для отримання якісного силосу з високою поживністю і доброю структурою.

Гібрид СИ КРЕОН (ФАО 410) – пізньостиглий зубовидний гібрид кукурудзи, який характеризується високою стабільністю продуктивності у всіх біокліматичних зонах та здатністю формувати високий рівень урожайності за різних умов вирощування. Він вирізняється міцним стеблом і добре розвиненою кореневою системою, що забезпечує стійкість до вилягання та ефективне використання ґрунтової вологи. Гібрид має високі показники початкової енергії росту (9 балів), що сприяє швидкому старту та формуванню рівномірних сходів. Посухостійкість (8 балів) робить його надійним у роки з дефіцитом опадів. Толерантність до фузаріозу стебла і качана є високою (9 балів), що знижує ризики втрати врожаю через ураження грибними патогенами. Показники холодостійкості та вологовіддачі (8 балів) гарантують надійність за прохолодних весняних умов і достатньо швидке дозрівання восени. Гібрид СИ КРЕОН придатний для вирощування на всіх типах ґрунтів, у тому числі легкого гранулометричного складу за умови достатнього зволоження. Найкраще реалізує потенціал за середнього або високого рівня мінерального живлення. Даний гібрид сумісний із традиційним, мінімальним та нульовим обробітком ґрунту. Рекомендована температура ґрунту для сівби – 9°С. Добре витримує монокультуру та тривале перестоювання на полі, що забезпечує гнучкість при організації технологічних операцій. Придатний як для вирощування на зерно, так і для отримання високоякісного силосу. За наявності зрошення його продуктивність може зростати, що робить гібрид привабливим для господарств різних технологічних рівнів.

Гібрид СИ ЗЕФІР (ФАО 430) належить до пізньостиглих зубовидних гібридів кукурудзи, що характеризуються високим потенціалом урожайності та здатністю формувати стабільні врожаї за різних ґрунтово-кліматичних умов. Він вирізняється міцним стеблом і добре розвиненою кореневою системою, що знижує ризик вилягання та забезпечує ефективне використання вологи та елементів живлення. Початкова енергія росту гібриду оцінюється в 8 балів, що сприяє формуванню дружних і рівномірних сходів. Досить висока посухостійкість (8 балів) дозволяє рослинам зберігати продуктивність у

періоди дефіциту вологи. Висока стійкість до фузаріозу стебла та качана (9 балів) значно знижує ризики розвитку хвороб і забезпечує збереження врожаю. Показники холодостійкості та вологовіддачі по 8 балів гарантують надійність на ранніх етапах росту і розвитку та достатньо швидке висушування зерна під час дозрівання. Гібрид придатний для вирощування в усіх зонах України на різних типах ґрунтів. Найповніше реалізує свій потенціал за високого рівня мінерального живлення. Даний гібрид сумісний із традиційним та мінімальним обробітком ґрунту, а оптимальна температура для сівби становить 9°С. Він добре переносить монокультуру та витримує тривалий перестій на полі, що є важливим для господарств із напруженим виробничим графіком. Гібрид СИ ЗЕФІР рекомендований як для зернового виробництва, так і для отримання високоякісного силосу. За умов зрошення продуктивність може істотно зростати, що робить даний гібрид привабливим для інтенсивних технологій вирощування.

3.4. Агротехніка у досліді

Технологічний процес культивування кукурудзи на зернові цілі в рамках польового експерименту базувався на стандартних зональних рекомендаціях для лісостепової зони нашої держави, за винятком тих параметрів, що досліджувалися безпосередньо. У ролі попередньої культури виступала озима пшениця. Відразу після збирання її врожаю стерню піддавали дворазовому лущенню дисковими знаряддями: перше проходження виконували на глибину 8–10 см, а наступне – на 10–12 см. Згодом, у міру проростання сегетальної рослинності, здійснювали механічний догляд шляхом проведення суцільної культивації. Базовий зяблевий обробіток поля полягав у глибокій оранці на 20–22 см. Цей агрозахід супроводжувався внесенням у ґрунт стартової дози азотно-фосфорного живлення із розрахунку $N_{30}P_{30}$.

Весняна польова кампанія стартувала відразу після досягнення ґрунтом стану оптимальної фізичної стиглості. Для збереження накопиченої за зиму вологи проводили ранньовесняне закриття вологи важкими зубовими

боронами. Наступним кроком стала передпосівна підготовка площі, під час якої рівномірно розподіляли 200 кілограмів на гектар нітроамофоски, що забезпечило внесення діючих речовин на рівні $N_{50}P_{50}K_{50}$.

Посівну кампанію реалізовували за допомогою пневматичної сівалки точного висіву Kinze 3000. Насіння висівали пунктирним методом, який гарантував чітке дотримання заданої відстані між насінинами у посадковому ряду. Посівний матеріал загортали на глибину 5–6 сантиметрів із традиційною шириною міжрядь у 70 сантиметрів.

Для підтримання посівів у чистому від бур’янів стані та усунення конкуренції за елементи живлення і вологу, у період вегетації застосовували системний післясходовий гербіцид Елюміс (1,5 л/га). З метою надійного захисту рослин від комплексу фітофагів, зокрема бавовникової совки та стеблового кукурудзяного метелика, посіви обробляли високоефективним інсектицидом Кораген (150 ил/га).

Збиральна кампанія розпочиналася після досягнення зерном фази повної фізіологічної стиглості. Обмолот дослідних ділянок виконували методом прямого комбайнування, використовуючи сучасний зернозбиральний комбайн Claas Tucano 430, що дозволило мінімізувати механічні втрати та забезпечити максимальну точність фіксації дослідних даних.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив густоти стояння рослин на площу листкової поверхні

Формування розвиненого асиміляційного апарату є фундаментальною передумовою для інтенсивного фотосинтезу, що безпосередньо впливає на підсумкову врожайність [10]. Ключовим регулятором параметрів листкової поверхні виступає густота сівби. Збалансована щільність рослин дозволяє сформувати агрофітоценоз із максимальним поглинанням сонячної енергії без критичного взаємного затінення. Водночас надмірне загущення стимулює внутрішньовидову конкуренцію за світло та вологу, що неминуче призводить до редукції площі листя на індивідуальній рослині [38, 52, 73].

Аналіз експериментальних даних підтверджує виражену залежність розвитку асиміляційного апарату кукурудзи у фазі цвітіння як від генетичних властивостей досліджуваних гібридів, так і від просторового розміщення рослин. Зафіксовано, що значення площі листкової поверхні коливалися у широкому діапазоні: від 26,7 до 36,6 тис. м²/га (табл. 2).

Оцінка середніх показників у розрізі селекційних форм демонструє чітку диференціацію гібридів. Найменш розвинену вегетативну масу сформували пізньостиглий гібрид СИ ЗЕФІР (ФАО 430) та середньостиглий СПЕКТРАЛ (ФАО 320), середні значення яких становили близько 30,1 та 30,2 тис. м²/га відповідно. Це свідчить про їхню специфічну архітектоніку та нижчу реактивність на ущільнення ценозу порівняно з іншими варіантами.

Беззаперечним лідером за інтенсивністю нарощування фотосинтетичної площі виявився гібрид СИ ТОПАЗ (ФАО 370), середній показник якого сягнув 34,4 тис. м²/га. Його максимум (36,6 тис. м²/га) зафіксовано за густоти 90 тис. рослин/га. Високий продуктивний потенціал листкового апарату також продемонстрували гібриди СИ АРТОС (ФАО 370) із показником близько 33,3 тис. м²/га та СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) на рівні 32,9 тис. м²/га.

Таблиця 2. **Площа листкової поверхні посівів кукурудзи у фазі цвітіння (середнє за 2025–2026 рр.), тис. м²/га**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	28,0	29,2	31,2	31,9	32,7	33,7	33,3	31,8
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	26,9	28,1	30,0	30,5	31,4	32,3	31,9	30,5
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	29,8	30,7	32,7	33,3	34,0	35,1	34,6	33,1
СИ АРТОС (ФАО 370)	30,2	31,2	33,1	33,6	34,6	35,5	34,9	33,5
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	31,3	32,2	34,3	34,9	35,7	36,6	36,1	34,4
СИ КРЕОН (ФАО 410)	27,9	29,1	31,1	31,8	32,7	33,8	33,3	31,9
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	26,7	28,0	29,8	30,4	31,3	32,3	31,8	30,2

Варто відзначити специфічну реакцію гібридів СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) та СИ КРЕОН (ФАО 410): незважаючи на кардинальну різницю у групах стиглості, вони сформували практично ідентичні середні показники площі листя – на рівні 31,5 тис. м²/га. Це підтверджує гіпотезу про те, що розмір асиміляційної поверхні визначається насамперед генетичною пластичністю гібрида, а не виключно його індексом ФАО.

Щільність фітоценозу виявилася технологічним фактором впливу. Дослідження діапазону від 40 до 110 тис. рослин/га виявило яскраво виражену нелінійну динаміку. За мінімальної густоти (40 тис./га) площа листкової поверхні була найнижчою для всіх гібридів (від 26,7 до 31,3 тис. м²/га). Із поступовим ущільненням посівів спостерігалося планомірне зростання показника, який досягав свого піку на варіантах із густотою 90 тис. рослин/га (від 32,3 до 36,6 тис. м²/га залежно від гібрида). Така тенденція пояснюється максимально ефективним використанням вільної площі поля.

Проте подальше загущення посівів до 100 та 110 тис. рослин/га призводило до стрімкого регресу показників. Наприклад, за максимальної густоти 110 тис./га площа листя знижувалася до 30,2–34,4 тис. м²/га. Це явище безпосередньо пов’язане з різким загостренням внутрішньовидової конкуренції: нестачею ґрунтової вологи, поживних речовин та взаємо затіненням рослин, що провокує деградацію нижнього ярусу листя.

Таким чином, для досліджуваних гібридів кукурудзи оптимальною густотою стояння, що гарантує максимальне розкриття фотосинтетичного потенціалу посіву є 90 тис. рослин/га.

4.2. Вплив густоти рослин на накопичення абсолютно сухої надземної біомаси кукурудзи

Рівень продуктивності фотосинтетичної системи залежить не лише від розмірів листків, а й від швидкості акумуляції сухої речовини. Цей параметр (чиста продуктивність фотосинтезу) відображає добовий приріст біомаси у грамах на квадратний метр асиміляційної поверхні, дозволяючи точно оцінити ефективність фізіологічних процесів протягом усього періоду вегетації рослин [44].

Аналіз експериментальних даних із таблиці 3 доводить, що протягом вегетаційного сезону відбувалося закономірне та інтенсивне накопичення сухої біомаси рослинами кукурудзи.

Таблиця 3. **Накопичення сухої надземної біомаси посівами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин (середнє за 2025–2026 рр.), т/га**

Гібрид	Мікро-стадія за шкалою ВВСН	Густота стояння рослин, тис,/га							
		40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	ВВСН 20	2,84	2,77	3,16	2,98	3,20	3,39	3,19	3,13
	ВВСН 63	26,22	27,24	28,83	29,92	30,25	31,58	31,12	29,73
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	ВВСН 20	2,65	2,70	3,14	2,83	3,25	3,27	3,15	3,10
	ВВСН 63	25,22	26,24	27,85	28,62	29,04	30,27	29,98	28,48
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	ВВСН 20	3,07	2,97	3,35	3,04	3,34	3,51	3,21	3,23
	ВВСН 63	27,83	28,61	30,17	31,13	31,45	32,72	32,28	30,81
СИ АРТОС (ФАО 370)	ВВСН 20	2,95	2,97	3,21	3,23	3,46	3,58	3,29	3,25
	ВВСН 63	28,14	29,02	30,53	31,39	31,93	33,11	32,62	31,18
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	ВВСН 20	3,10	3,18	3,38	3,34	3,43	3,79	3,33	3,35
	ВВСН 63	29,12	29,91	31,65	32,54	32,92	34,11	33,62	31,97
СИ КРЕОН (ФАО 410)	ВВСН 20	2,81	2,71	3,23	2,91	3,33	3,44	3,21	3,34
	ВВСН 63	26,12	27,08	28,72	29,82	30,24	31,62	31,11	29,82
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	ВВСН 20	2,65	2,74	3,07	2,94	3,10	3,49	3,01	3,16
	ВВСН 63	25,01	26,07	27,65	28,52	28,91	30,23	29,86	28,19

Процес відстежувався у двох ключових мікростадіях: ВВСН 20 (формування листкового апарату) та ВВСН 63 (початок цвітіння). Залежно від варіанту досліду (гібрид та густота стояння), на етапі ВВСН 20 маса сухої речовини варіювала від 2,65 до 3,79 т/га, тоді як у фазі ВВСН 63 вона сягала діапазону 25,01–34,11 т/га. Такий приріст свідчить про високу активність фотосинтетичних процесів у період від інтенсивного вегетативного росту до генеративної стадії, що є важливим для закладання майбутнього врожаю.

Оцінка генотипової реакції виявила суттєві відмінності між гібридами за здатністю до продукування біомаси. Лідером виявився гібрид СИ ТОПАЗ (ФАО 370). В усереднених показниках він сформував найбільшу масу: 3,79 т/га у мікростадії ВВСН 20 та 34,11 т/га у мікростадії ВВСН 63 (обидва максимуми зафіксовані за густоти 90 тис. рослин/га). Це свідчить про надзвичайно високу енергію росту та потужний морфо-фізіологічний потенціал даного генотипу.

Високі темпи накопичення сухої речовини також продемонстрували гібриди СИ АРТОС (ФАО 370) та СИ ІРІДІУМ (ФАО 350). На піку своєї продуктивності (за густоти 90 тис./га) гібрид СИ АРТОС досяг показників 3,58 т/га (ВВСН 20) та 33,11 т/га (ВВСН 63), а СИ ІРІДІУМ – 3,51 т/га та 32,72 т/га відповідно. Такі результати підтверджують їхню високу придатність для інтенсивних технологій вирощування.

Гібриди СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) та СИ КРЕОН (ФАО 410) показали стабільні середні результати, досягнувши на оптимальній густоті (90 тис./га) рівня 3,39–3,44 т/га у ранню фазу та 31,58–31,62 т/га під час цвітіння. Натомість найнижчі показники накопичення біомаси серед усіх варіантів спостерігалися у гібридів СПЕКТРАЛ (ФАО 320) та СИ ЗЕФІР (ФАО 430). За мінімальної густоти вирощування (40 тис./га) їхня маса у фазі ВВСН 63 становила лише 25,22 та 25,01 т/га відповідно.

Дослідження впливу архітектоніки посіву показало, що оптимізація густоти стояння є потужним інструментом управління продуктивністю. Встановлено чітку закономірність: зі збільшенням щільності фітоценозу від 40 до 90 тис. рослин/га вихід сухої біомаси з гектара планомірно та суттєво

зростав для всіх без винятку гібридів та в обох досліджуваних мікростадіях. Саме показник у 90 тисяч рослин на гектар забезпечив максимальне накопичення вегетативної маси, що свідчить про досягнення ідеального балансу між кількістю рослин та площею їх живлення.

Однак перевищення цього порогу мало негативні наслідки. Подальше ущільнення посівів до 100 та 110 тис. рослин/га призвело до гальмування процесів росту та помітного зниження маси абсолютно сухої речовини. Наприклад, у гібрида СИ ТОПАЗ у фазі ВВСН 63 біомаса впала з пікових 34,11 т/га (при 90 тис./га) до 33,62 т/га (при 100 тис./га) і далі до 31,97 т/га (при 110 тис./га). Аналогічний регрес зафіксовано і на ранніх етапах розвитку (ВВСН 20). Таке зниження продуктивності в загущених посівах пояснюється загостренням конкурентної боротьби за світло та ресурси, що зумовлює пришвидшене відмирання нижнього ярусу листя та загальне зниження ефективності фотосинтезу.

4.3. Збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи

Маса сформованого врожаю є фінальним результатом взаємодії генетики рослини з екологічними та технологічними факторами. Аналіз структурних елементів врожаю (кількості зерен, їх маси та розташування) допомагає зрозуміти механізми продуктивності та стабілізувати виробничі процеси [61, 68]. Моніторинг цих елементів дозволяє вчасно виявляти технологічні зміни. Наприклад, зниження маси 1000 зерен є індикатором дефіциту азоту або посухи під час наливу [56, 60], тоді як черезерниця в рядах качана свідчать про температурний стрес під час запилення [62].

Сьогодні структурний аналіз активно застосовується для моделювання врожайності та точного вибору гібридів [63]. Таким чином, архітектура врожаю ілюструє не лише потенціал сорту, але й ефективність обраної агротехніки [40]. Рівень вологості зерна на момент збирання врожаю визначає економіку післязбиральної доробки та зберігання продукції [43, 57]. Для більшості культивованих гібридів оптимальним є діапазон 18–24%. За таких

умов мінімізується травмування зернівок комбайном та знижується ризик розвитку мікотоксинів. Затримка збирання призводить до пересихання зерна та його розтріскування, тоді як надмірна вологість вимагає значних витрат енергоносіїв на сушіння [65]. Зерно з вологістю, що перевищує базисні норми (14-15%), автоматично втрачає в ціні під час реалізації [63].

Аналіз експериментальних даних, наведених у таблиці 4, демонструє чітку закономірність формування передзбиральної вологості зерна кукурудзи залежно від генетичних характеристик гібридів та архітектоніки посіву.

Таблиця 4. **Збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), %**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	16,4	16,2	16,1	16,0	16,0	15,7	15,7	15,5
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	16,6	16,3	16,1	16,0	15,9	15,8	15,6	15,6
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	16,6	16,5	16,3	16,1	16,1	15,7	15,7	15,5
СИ АРТОС (ФАО 370)	16,8	16,5	16,3	16,3	16,2	15,9	15,7	15,7
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	17,0	16,8	16,6	16,6	16,4	16,3	16,2	16,0
СИ КРЕОН (ФАО 410)	17,3	17,2	16,9	16,9	16,8	16,6	16,5	16,4
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	17,5	17,4	17,0	16,9	16,9	16,7	16,7	16,4

Цей параметр є вкрай важливим для агровиробництва, оскільки він безпосередньо впливає на логістику збиральної кампанії, витрати енергоносіїв під час штучного досушування та підсумкову рентабельність вирощування культури.

Оцінка генотипової реакції виявила прямий зв’язок між групою стиглості (індексом ФАО) та рівнем вологості зерна на час збирання. Найкращу динаміку вологовіддачі та, відповідно, найнижчий вміст вологи зафіксовано у ранніх та середньостиглих гібридів. Зокрема, у гібрида СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) цей показник коливався в межах 15,5–16,4 %, а у СПЕКТРАЛ (ФАО 320) від 15,6 до 16,6 %. Гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) також продемонстрував високу швидкість висихання зернівки із результатами 15,5–16,6 %. Пізньостиглі генотипи формували зерно з вищим відсотком вологи. Найвищі значення

збиральної вологості серед усіх досліджуваних зразків відмічено у гібрида СИ ЗЕФІР (ФАО 430) від 16,4 до 17,5 %, та у СИ КРЕОН (ФАО 410) від 16,4 до 17,3 %.

Не менш потужним технологічним фактором, що регулював інтенсивність втрати вологи зерном виявилася густота стояння рослин. Результати досліджень чітко ілюструють обернено пропорційну залежність: зі збільшенням щільності агроценозу рівень вологості послідовно та неухильно знижувався для всіх без винятку гібридів. За умов мінімальної щільності (40 тис. рослин/га) фіксувалися максимальні значення вологості зерна: від 16,4 % у гібрида СИ ЕЛЕНОР до 17,5 % у гібрида СИ ЗЕФІР.

Із поступовим загущенням посівів до оптимальних меж (70–80 тис. рослин/га) спостерігалося плавне зниження вмісту води до 16,0 % у СИ ЕЛЕНОР та 16,9 % у СИ ЗЕФІР. На варіантах із максимальним рівнем ущільнення (100–110 тис. шт./га) вологість падала до своїх мінімумів: 15,5 % для СИ ЕЛЕНОР та СИ ІРІДІУМ і 16,4 % для СИ ЗЕФІР та СИ КРЕОН. Таке пришвидшене скидання вологи у загущених фітоценозах пояснюється зменшенням індивідуального розміру качана та маси окремої зернівки внаслідок посилення внутрішньовидової конкуренції, що стимулює швидшу втрату води на фінальних етапах дозрівання.

Підсумовуючи отримані дані, можна стверджувати, що підбір гібридів із меншим показником ФАО у комбінації з підвищенням густоти стояння (але в межах оптимального діапазону для формування високої врожайності) дозволяє суттєво знизити збиральну вологість зерна. Це дає змогу наблизити показники до базових стандартів і значно оптимізувати економічні витрати на післязбиральну доробку продукції.

4.4. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи

Аналіз генотипової специфіки довів, що найвищу частку зерна у структурі качана стабільно забезпечує гібрид СИ ТОПАЗ (ФАО 370): його

показники на всіх варіантах досліду варіювали у найвищому діапазоні від 81,4% до 82,7 % (табл. 5).

Таблиця 5. **Вплив густоти рослин на вихід зерна з качанів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), %**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	81,3	81,2	81,2	81,1	80,9	80,6	79,8	79,7
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	82,1	81,5	81,4	81,1	80,8	80,1	79,9	80,0
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	80,7	80,6	80,5	80,3	80,0	80,0	79,5	79,6
СИ АРТОС (ФАО 370)	79,7	79,1	79,1	79,0	78,7	78,5	78,4	78,0
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	82,7	82,4	82,0	81,9	81,5	81,5	81,3	81,4
СИ КРЕОН (ФАО 410)	80,6	79,8	79,6	79,6	79,3	79,2	79,0	78,3
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	79,6	79,7	79,4	79,4	79,0	78,5	78,2	77,9

Високі результати також продемонстрували гібриди СПЕКТРАЛ (ФАО 320) із показниками 80,0–82,1 % та СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300), де вихід зерна дорівнював 79,7–81,3 %. З іншого боку, найменшим відсотком виходу зерна відзначилися гібриди СИ ЗЕФІР (ФАО 430) та СИ АРТОС (ФАО 370), результати яких коливалися у межах 77,9–79,6 % та 78,0–79,7 % відповідно.

Дослідження впливу архітектоніки посіву виявило чітку обернену кореляцію: зі зростанням густоти стояння рослин на гектарі відсоток виходу зерна закономірно та неухильно зменшувався для кожної з досліджуваних селекційних форм. Найвищі значення для всіх без винятку гібридів були отримані за умов максимального розрідження фітоценозу (40 тис. рослин/га), де показник досягав 79,6–82,7 %. Ущільнення посівів до оптимальних виробничих меж (70–80 тис. шт./га) супроводжувалося поступовим і відносно плавним зниженням виходу зерна до рівня 78,7–81,9%.

Критичне загущення агроценозу до екстремальних позначок у 100 та 110 тисяч рослин на гектар призводило до формування найнижчих значень виходу зерна. За таких умов показник падав до 77,9 % у гібрида СИ ЗЕФІР, 78,0 % у СИ АРТОС та 78,3 % у гібрида СИ КРЕОН (ФАО 410). Подібна фізіологічна реакція кукурудзи є прямим наслідком жорсткої внутрішньовидової конкуренції за водно-мінеральні ресурси та сонячну інсоляцію. В умовах

стресу від переущільнення рослина змушена формувати качан із відносно гіршою виповненістю та меншою масою окремої зернівки на фоні стабільної маси стрижня, що неминуче призводить до зниження загального відсотка виходу чистого зерна.

Аналіз даних таблиці 6 демонструє, що маса 1000 зерен кукурудзи перебуває у залежності як від генетичного потенціалу конкретного гібрида, так і від просторового розміщення рослин в агроценозі. Цей структурний елемент урожаю є одним із ключових індикаторів ефективності фізіологічного наливу та якості сформованої зернової продукції.

Таблиця 6. Маса 1000 зерен залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2025–2026 рр.), г

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	289,8	280,8	279,0	258,6	256,4	229,1	226,2	209,0
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	290,2	286,8	280,7	260,0	254,3	244,7	232,9	224,0
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	345,5	320,8	314,9	278,6	262,6	256,3	238,4	213,9
СИ АРТОС (ФАО 370)	306,8	306,1	300,4	294,1	274,9	262,6	253,7	243,8
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	344,5	322,0	317,9	311,7	268,7	253,0	246,8	221,9
СИ КРЕОН (ФАО 410)	350,0	330,7	302,9	299,4	297,6	275,2	272,3	267,5
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	347,9	344,7	318,1	302,3	284,7	280,4	262,9	259,1

Оцінка генотипових особливостей свідчить про наявність чіткої прямої кореляції між групою стиглості (індексом ФАО) та крупністю сформованої зернівки. Найвищі показники маси зерна зафіксовано у пізньостиглих гібридів СИ КРЕОН (ФАО 410) та СИ ЗЕФІР (ФАО 430), які за умов максимальної площі живлення (40 тис. рослин/га) здатні формувати масу 1000 зерен на рівні 350,0 г та 347,9 г відповідно. Середньопізні гібриди СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) та СИ ТОПАЗ (ФАО 370) також відзначилися потужним генетичним потенціалом виповненості зерна, досягаючи 345,5 г та 344,5 г за аналогічного розрідження посіву. На противагу їм, більш ранні форми, зокрема СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) і СПЕКТРАЛ (ФАО 320), продукують фізіологічно дрібніше насіння: їх максимальні значення зафіксовані на рівні 289,8 г та 290,2 г.

Дослідження впливу густоти стояння виявило яскраво виражену обернено пропорційну залежність: поступове загущення посівів від 40 до 110 тисяч рослин на гектар призводить до суттєвого зменшення маси 1000 зерен у всіх без винятку гібридів. Якщо за мінімального ущільнення фітоценозу (40 тис./га) рослини мінімізують взаємну конкуренцію та формують максимально важке зерно, то за оптимальних норм висіву (70–80 тис./га) маса 1000 зерен очікувано знижується. Наприклад, у потужного гібрида СИ КРЕОН вона зменшується до 297,6–299,4 г, а у СИ ЕЛЕНОР до 256,4–258,6 г.

Максимальне загущення посівів до позначок у 100–110 тис. рослин/га спричиняє падіння цього показника, що зумовлено гострим дефіцитом вологи, поживних речовин та освітлення саме в період наливу зерна. У таких умовах маса 1000 зерен падає до мінімумів: 209,0 г для СИ ЕЛЕНОР, 213,9 г для СИ ІРІДІУМ та 221,9 г для СИ ТОПАЗ. Варто відзначити, що пізньостиглі форми виявилися дещо стійкішими до стресового переущільнення: СИ КРЕОН за густоти 110 тис./га забезпечив масу 1000 зерен на позначці 267,5 г, а СИ ЗЕФІР 259,1 г.

Отже, формування крупного та добре виповненого зерна безпосередньо вимагає достатньої та збалансованої площі живлення, тоді як посилення внутрішньовидової конкуренції в загущених посівах неминуче трансформує архітектоніку качана, призводячи до формування дрібнішого зерна з низькою масою.

4.5. Вплив густоти рослин на врожайність зерна гібридів кукурудзи

Управління густотою стояння є вирішальним технологічним важелем, оскільки саме він контролює ефективність споживання ґрунтової вологи та мінеральних елементів. Оптимальна норма висіву завжди має розраховуватися індивідуально, спираючись на специфіку гібриду та кліматичні реалії конкретного поля. Максимальна рентабельність досягається лише тоді, коли висока індивідуальна продуктивність рослини поєднується з ідеальною кількістю цих рослин на гектарі [59].

Кінцевий показник зернової продуктивності кукурудзи є результатом багатофакторної взаємодії, де ключову роль відіграють генетичні особливості сорту, ґрунтово-кліматичні ресурси зони вирощування та рівень агротехніки. Базовим інструментом для досягнення стабільних врожаїв виступає правильний підбір гібридного складу з високою стійкістю до абіотичних стресів. Водночас розкриття біологічного потенціалу будь-якого генотипу неможливе без оптимізації архітектоніки посіву.

Аналіз даних за 2025–2026 роки підтверджує фізіологічну закономірність: кожна селекційна форма має свій оптимум площі живлення, а надмірне ущільнення фітоценозу провокує жорстку внутрішньовидову конкуренцію, що призводить до суттєвого недобору врожаю. Згідно з отриманими результатами, для більшості досліджуваних гібридів оптимальний діапазон густоти стояння, за якого формується найвищий врожай, знаходиться в межах 60–70 тисяч рослин на гектар (табл. 7).

Таблиця 7. **Урожайність зерна гібридів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), т/га**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	8,97	8,91	8,79	9,29	9,19	9,03	8,85	8,53
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	8,61	9,16	9,15	9,32	9,21	8,84	8,93	8,31
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	9,14	9,17	9,30	9,30	9,11	8,86	8,58	8,16
СИ АРТОС (ФАО 370)	8,99	8,79	8,83	8,57	8,71	8,76	8,20	7,75
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	9,09	9,28	9,35	9,11	9,33	8,90	8,71	8,00
СИ КРЕОН (ФАО 410)	8,86	8,84	9,12	9,04	9,04	9,02	8,85	8,45
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	9,21	9,27	9,33	8,99	8,93	8,71	8,81	8,41
$НІР_{05}$, т/га в 2025 р. А – 0,17; В – 0,14; АВ – 0,32; в 2026 р. А – 0,19; В – 0,12; АВ – 0,36;								

Максимуми зернової продуктивності у досліді продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ (ФАО 370) та СИ ЗЕФІР (ФАО 430), які за густоти стояння 60 тис./га забезпечили врожайність на рівні 9,35 та 9,33 т/га відповідно. Гібрид СПЕКТРАЛ (ФАО 320) та СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) досягли своїх

максимальних значень за дещо вищої щільності – 70 тис./га, сформувавши 9,32 т/га та 9,29 т/га.

Середньопізній гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) показав стабільно високу продуктивність (9,30 т/га) як за розрідження до 60 тис./га, так і за ущільнення до 70 тис./га. СИ КРЕОН (ФАО 410) найкраще реалізував свій потенціал (9,12 т/га) за показника 60 тис. рослин/га. Дещо інакше відреагував гібрид СИ АРТОС (ФАО 370), який сформував свою найвищу врожайність (8,99 т/га) за мінімальної щільності посіву 40 тис./га.

Варіанти з загущенням до 100–110 тис. рослин/га виявилися економічно та агрономічно найменш ефективними для всіх без винятку гібридів. У цьому діапазоні врожайність зменшувалась, досягаючи мінімумів за густоти 110 тис./га: від 7,75 т/га у гібрида СИ АРТОС до 8,53 т/га у СИ ЕЛЕНОР.

З іншого боку, надмірно зріджені посіви (40 тис./га) також не дозволяли повною мірою використати ресурсний потенціал поля. За такої густоти врожайність коливалася у межах 8,61–9,21 т/га, що є нижчим за показники, отримані на оптимальних густотах (60-70 тис./га) для більшості генотипів. Отримана різниця у рівнях зернової продуктивності між досліджуваними варіантами є статистично достовірною, що підтверджується розрахованими показниками найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) для факторів гібриду, густоти та їхньої взаємодії.

4.6. Вміст сирого протеїну в зерні гібридів кукурудзи

Кількість рослин на одиниці площі безпосередньо впливає на інтенсивність освітлення та живлення, що своєю чергою визначає якісні показники зерна (накопичення білків та ліпідів). Помірне ущільнення покращує загальний фотосинтез ценозу, але перехід за критичну межу запускає механізми жорсткої конкуренції, пригнічуючи кожну окрему рослину [55]. Головне завдання агронома – знайти точку рівноваги, за якої рослини споживатимуть усі доступні ресурси без завдання шкоди одна одній, максимізуючи вихід якісної продукції [59].

Оцінка середніх значень накопичення сирого протеїну в зерні кукурудзи за дворічний період (2025–2026 рр.) чітко підтверджує наявність генетичної диференціації між гібридами. Згідно з даними таблиці 8 лідером за здатністю синтезувати білкові сполуки є середньопізній гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350).

Таблиця 8. **Вміст сирого протеїну в зерні гібридів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), %**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	7,10	7,25	7,43	7,57	7,70	7,83	7,72	7,31
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	6,96	7,19	7,38	7,50	7,67	7,73	7,61	7,26
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	7,21	8,17	7,97	7,79	7,95	8,20	8,07	7,61
СИ АРТОС (ФАО 370)	7,06	7,34	7,63	7,75	7,85	7,91	7,78	7,41
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	6,91	7,14	7,48	7,65	7,81	7,93	7,82	7,50
СИ КРЕОН (ФАО 410)	6,75	7,07	7,37	7,57	7,74	7,88	7,82	7,55
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	6,86	7,14	7,33	7,61	7,80	7,83	7,72	7,47

Його показники на різних варіантах досліду варіювали від 7,21 % до максимальних 8,20 %, що свідчить про надзвичайно високий генетичний потенціал. Дещо нижчі, проте стабільно високі рівні білковості продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ (ФАО 370) та СИ АРТОС (ФАО 370), у яких максимальний вміст протеїну сягав 7,93 % та 7,91 % відповідно. Решта генотипів (СИ ЕЛЕНОР, СПЕКТРАЛ, СИ КРЕОН, СИ ЗЕФІР) сформували більш помірний відсоток протеїну, де пікові значення коливалися у вузькому діапазоні від 7,73 % до 7,88 %. Найменшу концентрацію протеїну зафіксовано у пізньостиглого гібрида СИ КРЕОН (ФАО 410) за умов максимального розрідження посіву – 6,75 %.

Аналіз архітектоніки агроценозу виявив пряму залежність між густотою стояння рослин та інтенсивністю накопичення білка. На противагу показникам врожайності чи маси 1000 зерен, які зазвичай знижуються від надмірного загущення, вміст сирого протеїну демонстрував стабільну тенденцію до зростання при ущільненні посівів від 40 до 90 тис. рослин/га.

Для всіх без винятку досліджуваних гібридів саме густота 90 тис./га виявилася фізіологічним оптимумом, за якого фіксувалися найвищі значення вмісту білка: від 7,73 % у гібрида СПЕКТРАЛ до 8,20 % у СИ ІРІДІУМ. З агрономічної точки зору це пояснюється тим, що за такої щільності рослини формують меншу масу зернівки з відносно нижчою часткою вуглеводів (крохмалю), внаслідок чого пропорційна концентрація азотистих речовин (протеїну) в ендоспермі суттєво зростає.

Водночас відхилення від цієї оптимальної позначки у будь-який бік призводило до нівелювання білкового потенціалу. Зменшення густоти стояння до 40–50 тис./га гарантовано супроводжувалося формуванням найменш білкового зерна. Наприклад, у гібрида СИ ТОПАЗ показник падав з 7,93 % (при 90 тис./га) до 6,91 % (при 40 тис./га), а у СИ ЗЕФІР – з 7,83 % до 6,86 %. Екстремальне загущення до 100 і особливо 110 тис./га також мало негативний вплив: через гострий дефіцит ґрунтової вологи та елементів мінерального живлення на фінальних етапах вегетації процеси синтезу білка пригнічувалися. На варіанті 110 тис./га відсоток протеїну стрімко падав до 7,26–7,61 % залежно від гібрида. Отже, регулювання густоти посіву виступає дієвим агротехнічним інструментом не лише для контролю валових зборів, а й для цілеспрямованого керування якістю зерна кукурудзи.

4.7. Економічна ефективність вирощування кукурудзи

Оцінка економічної ефективності вирощування зерна кукурудзи базувалася на визначенні умовного чистого прибутку з одного гектара посіву залежно від генотипу та архітектоніки агроценозу (усереднені дані за 2025–2026 рр.). Аналіз результатів, наведених у таблиці 9, кардинально відрізняється від попередніх припущень та яскраво демонструє специфічну реакцію сучасних гібридів на зміну площі живлення.

За результатами досліджень встановлено, що умовний чистий прибуток істотно варіював під впливом як біологічних особливостей гібридів, так і щільності посіву.

Таблиця 9. **Умовний чистий прибуток за вирощування гібридів кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), тис. грн/га**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	23,85	24,83	26,00	26,91	27,75	28,60	27,88	25,22
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	22,94	24,44	25,67	26,45	27,56	27,95	27,17	24,89
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	24,57	30,81	29,51	28,34	29,38	31,00	30,16	27,17
СИ АРТОС (ФАО 370)	23,59	25,41	27,30	28,08	28,73	29,12	28,27	25,87
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	22,62	24,11	26,32	27,43	28,47	29,25	28,53	26,45
СИ КРЕОН (ФАО 410)	21,58	23,66	25,61	26,91	28,01	28,92	28,53	26,78
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	22,29	24,11	25,35	27,17	28,40	28,60	27,88	26,26

Головною закономірністю для всіх без винятку досліджуваних форм кукурудзи стало планомірне зростання економічної ефективності при ущільненні посівів від 40 до 90 тис. рослин/га. Саме позначка у 90 тис. рослин/га виявилася фінансовим оптимумом, за якого було отримано максимальні показники прибутковості.

Лідером за рівнем рентабельності став середньопізній гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350), який за оптимальної густоти 90 тис./га забезпечив найвищий у досліді умовний чистий прибуток 31,00 тис. грн/га. Високу економічну віддачу за аналогічної густоти (90 тис./га) також продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ (ФАО 370) із показником 29,25 тис. грн/га, СИ АРТОС (ФАО 370) – 29,12 тис. грн/га та пізньостиглий СИ КРЕОН (ФАО 410) – 28,92 тис. грн/га. Гібриди СИ ЕЛЕНОР, СИ ЗЕФІР та СПЕКТРАЛ на своєму піку (90 тис./га) мали дещо менший, але стабільний прибуток: 28,60, 28,60 та 27,95 тис. грн/га відповідно.

Найнижчі показники економічної ефективності фіксувалися за умов максимального розрідження посівів (40 тис. рослин/га), коли потенціал поля використовувався нераціонально. За такої густоти умовний чистий прибуток падав до мінімумів: від 21,58 тис. грн/га у гібрида СИ КРЕОН до 24,57 тис. грн/га у гібрида СИ ІРІДІУМ.

Надмірне загущення посівів також мало виражений негативний економічний ефект. Перевищення оптимальної густоти та збільшення

щільності до 100 і 110 тис. рослин/га призводило до різкого падіння прибутковості через зниження індивідуальної продуктивності рослин внаслідок жорсткої конкуренції. Так, за максимального ущільнення (110 тис./га) умовний чистий прибуток стрімко знижувався, варіюючи в межах від 24,89 тис. грн/га (СПЕКТРАЛ) до 27,17 тис. грн/га (СИ ІРІДІУМ).

Найвищі фінансові результати та максимальний рівень рентабельності у всьому досліді продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ (ФАО 370) та СИ ЗЕФІР (ФАО 430). За умов розріджених посівів (50 та 40 тис. рослин/га відповідно) обидва ці генотипи досягли позначки рентабельності у 118,1 %. Також надзвичайно високу економічну віддачу забезпечив гібрид СИ ІРІДІУМ (ФАО 350), рентабельність якого при густоті 70 тис./га сягнула 118,0 %, а при 60 тис./га становила 117,1 % (табл. 10).

Таблиця 10. **Рівень рентабельності виробництва зерна кукурудзи (середнє за 2025–2026 рр.), %**

Гібрид	Густота стояння рослин, тис./га							
	40	50	60	70	80	90	100	110
СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300)	112,4	107,8	102,9	113,1	111,3	104,5	102,5	101,8
СПЕКТРАЛ (ФАО 320)	101,1	113,9	111,1	114,0	112,4	106,5	103,0	96,7
СИ ІРІДІУМ (ФАО 350)	114,0	116,4	117,1	118,0	112,8	103,7	98,8	99,2
СИ АРТОС (ФАО 370)	110,0	104,1	103,3	97,7	99,2	94,1	84,5	101,2
СИ ТОПАЗ (ФАО 370)	114,0	118,1	116,5	110,4	115,6	100,6	96,2	98,4
СИ КРЕОН (ФАО 410)	106,5	105,6	110,4	109,3	109,6	105,4	99,3	101,6
СИ ЗЕФІР (ФАО 430)	118,1	116,2	116,1	106,2	105,3	100,6	94,7	107,0

Загалом для більшості досліджуваних гібридів оптимальною виявилася густота на рівні 60–70 тис. рослин/га. Зокрема, для гібридів СПЕКТРАЛ (ФАО 320) та СИ ЕЛЕНОР (ФАО 300) найдоцільнішим стало формування посіву зі щільністю 70 тис./га, що гарантувало рівень рентабельності 114,0 % та 113,1 % відповідно. Гібрид СИ КРЕОН (ФАО 410) показав свій найкращий фінансовий результат (110,4 %) за густоти 60 тис./га.

З іншого боку, надмірне ущільнення агроценозу до екстремальних показників (100–110 тис. шт./га) призводило до різкого падіння економічної

ефективності виробництва для всіх гібридів. Найнижчий рівень рентабельності у досліді було зафіксовано у гібрида СИ АРТОС (ФАО 370) за густоти 100 тис./га – 84,5 %.

Зменшення рентабельності до показників, нижчих за 100 %, також відмічено у гібридів СИ ЗЕФІР (94,7 % при 100 тис./га), СИ ТОПАЗ (96,2% при 100 тис./га та 98,4 % при 110 тис./га), СИ ІРІДІУМ (98,8 % при 100 тис./га та 99,2 % при 110 тис./га), а також СПЕКТРАЛ (96,7 % при густоті 110 тис./га).

Таким чином, результати дослідження переконливо доводять, що нераціональне загущення посівів понад оптимальні параметри значно збільшує виробничі витрати, які не компенсуються відповідним приростом врожаю, що у підсумку істотно знижує загальний рівень рентабельності вирощування зерна кукурудзи.

ВИСНОВКИ

1. Найвищі показники площі асиміляційного апарату (36,6 тис. м²/га) та максимальне накопичення абсолютно сухої надземної біомаси (34,11 т/га у фазу ВВСН 63) були зафіксовані у гібридів СИ ТОПАЗ (ФАО 370), СИ АРТОС (ФАО 370) та СИ ІРІДІУМ (ФАО 350). Найефективніше формування цих вегетативних параметрів відбувалося за умови ущільнення агроценозу до 90 тис. рослин/га.

2. Передзбиральна вологість зерна кукурудзи формувалася під комплексним тиском генетичних властивостей та архітектоніки посіву. Доведено, що збільшення індексу ФАО (тривалості вегетації) закономірно підвищує вологість зерна, тоді як ущільнення фітоценозу, навпаки, стимулює інтенсивнішу вологовіддачу на фінальних етапах дозрівання завдяки формуванню дрібніших качанів.

3. Виявлено стійку тенденцію до зниження відсотка виходу чистого зерна з качанів на фоні зростання густоти стояння. Максимум за цим показником продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ та СПЕКТРАЛ за умов максимального розрідження посівів (40 тис. рослин/га), де вихід насіння сягав 82,1–82,7 %.

4. Фізіологічно найкрупніше зерно з максимальною масою 1000 насінин здатні формувати пізньостиглі гібриди СИ КРЕОН та СИ ЗЕФІР. Їх найвищі значення на рівні 347,9–350,0 г були отримані за мінімальної щільності фітоценозу (40 тис./га). Підтверджено наявність обернено пропорційної залежності між кількістю рослин на гектарі та масою зерна.

5. Найвища зернова продуктивність у проведеному експерименті гарантувало вирощування гібридів СИ ТОПАЗ і СИ ЗЕФІР за оптимізованої густоти 60 тис. рослин/га (9,33–9,35 т/га), а також СПЕКТРАЛ і СИ ІРІДІУМ при щільності 60–70 тис./га, що дозволило отримати 9,30–9,32 т/га зерна.

6. Концентрація сирого протеїну в кукурудзяному зерні мала стійку тенденцію до зростання при ущільненні посівів, досягаючи свого фізіологічного максимуму за густоти 90 тис. рослин/га.

7. Найвища економічна віддача у грошовому еквіваленті зафіксована у гібрида СИ ІРІДІУМ, який забезпечив максимальний умовний чистий прибуток (31,00 тис. грн/га) за густоти 90 тис. рослин/га. Водночас найвищі показники рівня рентабельності (117,1–118,1 %) у досліді продемонстрували гібриди СИ ТОПАЗ, СИ ЗЕФІР та СИ ІРІДІУМ за норм висіву 40–70 тис. рослин/га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах ТОВ «Умань-Агротех» Уманського району Черкаської області Для формування оптимальної площі живлення та максимальної продуктивності рекомендується вирощувати гібриди кукурудзи з наступною густотою рослин: СИ ІРІДІУМ (ФАО 350) – 60–70 тис./га; СИ ТОПАЗ (ФАО 370) – 60–70 тис./га; СИ ЗЕФІР (ФАО 430) – 50–60 тис./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басюк П. Л., Грабовський М. Б. Агроенергетична оцінка продуктивності кукурудзи при застосуванні мікродобрив і регуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 20–29.

2. Басюк П. Л., Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на силос. *Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції*, м. Харків, 28 листопада 2025 р. С. 46–48.

3. Вахній С. П., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Павліченко К. В., Степаненко М. В., Мостипан О. В. Енергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно та виробництво паливних пелет. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2026. Том 79 (2). С. 7–17.

4. Вахній С. П., Грабовський М. Б., Панченко Т. В., Козак Л. А., Павліченко К. В. Якісні показники основної і побічної продукції кукурудзи при використані мінеральних добрив та регуляторів росту рослин. *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції*, 3 листопада 2025 р. С. 61–63.

5. Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Купчук І. М., Телекало Н. В., Гонтарук Я. В. Напрями вдосконалення вирощування та переробки кукурудзи на біопаливо. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С. 25–32.

6. Грабовський М. Б. Кукурудза для виробництва біогазу. *Агробізнес сьогодні*. 2020. № 8 (423). С. 42–44.

7. Грабовський М. Б. Проблеми виробництва зерна кукурудзи у світі та в Україні. *Економіка та управління АПК*. 2010. Вип. 2 (71). С. 56–61.

8. Грабовський М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. *Наукові горизонти*. 2019. № 7 (80). С. 15–21.

9. Грабовський М. Б. Продуктивність сумісних посівів сорго цукрового й кукурудзи та вихід біогазу. *Біоенергетика*. 2018. № 2 (12). С. 32–34.

10. Грабовський М. Сівба кукурудзи. *Агрономія Сьогодні*. 2011. URL: https://surl.li/ddziwk.

11. Грабовський М.Б. Кукурудза для виробництва біогазу. Агробізнес сьогодні, 2020. №8 (423). С. 42-44.

12. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О. Продуктивність кукурудзи на силос в залежності від густоти стояння рослин. *Агробіологія*. 2015. № 2 (121). С. 77–83.

13. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О. Фотосинтетична діяльність гібридів кукурудзи залежно від ширини міжрядь і густоти рослин. *Новітні технології в рослинництві*. 2015. С. 11–12.

14. Грабовський М. Б., Степаненко М. В. Вплив способу сівби на формування продуктивності кукурудзи. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку АПК*. 2021. С. 159–161.

15. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т. О. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75).

16. Діброва А., Діброва Л., Чміль А., Діброва М., Гузь М. Моделювання впливу вартості мінеральних добрив на результативність виробництва й експорту кукурудзи з України. *Agricultural and resource economics*. 2022. Vol. 8 (3). С. 123–152.

17. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. *Методика наукових досліджень в агрономії*. К. : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

18. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / За ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 316 с.

19. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник. Кн. 2. Статистична обробка результатів / За ред. Рожкова А. О. Харків, 2016. 342 с.

20. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ, 2003. 170 с.

21. ДСТУ ISO 6492:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту жиру. Київ, 2005. 24 с.

22. Железняк В. В., Грабовський М. Б., Степаненко М. В. Вплив строків застосування регуляторів росту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Інноваційні зернопродукти та агротехнології*, 2026. С. 121–122.

23. Железняк В. В., Грабовський М. Б., Козак Л. А., Павліченко К. В. Застосування регуляторів росту в технології вирощування кукурудзи на зерно. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції*, 2026. С. 56–57.

24. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Ляшенко В. В. Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 97–105.

25. Ібатуллін І. І., Карпук Л. М., Свиноус І. В., Грабовський М. Б., Федорук Ю. В. «Зелена» трансформація аграрного виробництва як чинник продовольчої безпеки України. *Ефективна економіка*. 2026. № 5.

26. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 117. С. 64–73.

27. Іванів М. О., Сидякіна О. В., Артюшенко В. В. Еколого-генетична мінливість урожайності гібридів кукурудзи. *Вісник НУВГП*. 2013. Вип. 1 (61). С. 47–54.

28. Козак Л. А., Грабовський М. Б., Качан Л. М., Павліченко К. В., Німенко С. С. Ефективність застосування регуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142. С. 124–136.

29. Косогорова Ю. 7 вимог фермерів до кукурудзи у 2024 році. *Зерно*. 2024. № 1.

30. Лавриненко Ю. О., Міщенко С. В., Марченко Т. Ю., Грабовський М. Б. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 41–47.

31. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. С. 32–44.

32. Мандриш О. Ю., Грабовський М. Б., Железняк В. В., Мостипан О. В., Павліченко К. В. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи за різного

рівня технологічного забезпечення. *Інноваційні технології в агрономії*. 2025. С. 4–6.

33. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива / Пивовар В. С. та ін. К. : Украгропром-продуктивність, 2010. 192 с.

34. Мєлєшко І. О., Сидякіна О. В. Сучасний сортимент гібридів кукурудзи на зерно на українському ринку. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку*. 2021. С. 59–63.

35. Морозов О. В., Морозова О. С., Іванів М. О., Керімов А. Н. Ефективність вирощування кукурудзи на зерно в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 119. С. 83–91.

36. Морозова Л. Українське – значить якісне. *The Ukrainian Farmer*. 2018. № 2.

37. Мостіпан М., Хитрий О. Вплив густоти стояння рослин на продуктивність посівів кукурудзи в Степу України. *Проблеми конструювання.* 2023. С. 353–355.

38. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156.

39. Паламарчук В. Д., Рудська Н. О., Борисов В. В. Вплив густоти рослин на формування морфологічних ознак у гібридів кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 44–54.

40. Панченко Т. В., Козак Л. А., Грабовський М. Б. Агробіологічні особливості росту та продуктивності кукурудзи за різних систем удобрення. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2026. № 1. С. 430–450.

41. Плічко Г. Кукурудза завжди буде затребувана! *Зерно*. 2024. № 1.

42. Процик І. С., Безе А. О. Світові тенденції розвитку ринку пшениці та кукурудзи і визначення місця України на ньому. *Менеджмент та підприємництво в Україні*. 2022. № 2 (8). С. 414–426.

43. Ратушний Б. В. Досвід США у застосуванні технологій точного землеробства в аграрному секторі. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2025. Вип. 21. Т. 2. С. 23–37.

44. Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Економічна та енергетична оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 120. С. 131–140.

45. Рябчун Н. Фотосинтез та врожайність зернових культур. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 1–4.

46. Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Сучасний стан, проблеми та перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 144. С. 164–174.

47. Сидякіна О. В., Гамула Є. О. Інтегрована система захисту кукурудзи від стеблового метелика. *Ефективні системи захисту рослин*. 2025. С. 52–56.

48. Сидякіна О. В., Іванів О. О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 225–234.

49. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив способів сівби на формування маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 159–165.

50. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив способів сівби на тривалість окремих міжфазних періодів та вегетаційного періоду кукурудзи. *Вісник СНАУ*. 2023. Вип. 3(53). С. 85–90.

51. Степаненко М. В., Грабовський М. Б., Качан Л. М., Козак Л. А. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежно від способу сівби. *Актуальні проблеми АПК*. 2023. С. 114–115.

52. Степаненко М. В., Грабовський М. Б., Козак Л. А., Качан Л. М. Вихід біоетанолу у гібридів кукурудзи залежно від технології вирощування. *Формування інноваційних агротехнологій*. 2023. С. 73–76.

53. Andrade F. H., Calviño P., Cirilo A., Barbieri P. Yield Responses to Narrow Rows Depend on Increased Radiation Interception. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. P. 975–980.

54. Baye W., Xie Q., Xie P. Genetic Architecture of Grain Yield-Related Traits in Sorghum and Maize. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23 (5).

55. Buka S., Tkachuk V., Kondratiuk V., Tonkha O., Slobodyanyuk N. Prospects for agribusiness in Ukraine over the next 5 years. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80 (2).

56. Ciampitti I. A., Vyn T. J. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants. *Field Crops Research*. 2011. Vol. 121 (1). P. 2–18.

57. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC. *Cambridge University Press*. 2022.

58. Crop monitoring in Europe: Ukraine. *Joint Research Centre (JRC) MARS Bulletin*. 2023. Vol. 31 (9). 50 p.

59. Djalovic I., Prasad P. V. V., Dunđerski D., Katanski S. Optimal Plant Density Is Key for Maximizing Maize Yield. *Plants*. 2024. Vol. 13 (13).

60. Djaman K., Allen S., Djaman D. S. Planting date and plant density effects on maize growth. *Environmental Challenges*. 2022. Vol. 6.

61. Drulis P., Kriaučiūnienė Z., Liakas V. The Influence of Different Nitrogen Fertilizer Rates... *Agronomy*. 2022. Vol. 12 (3).

62. Feng X. Z. Genetic and environmental factors influencing grain quality in maize. *Maize Genomics and Genetics*. 2024. Vol. 15 (2). P. 93–101.

63. Hara P., Piekutowska M., Niedbała G. Selection of Independent Variables for Crop Yield Prediction. *Land*. 2021. Vol. 10 (6).

64. Harthoorn A., Walters C. The Economics of Corn and Soybean Harvest Moisture. *Center for Agricultural Profitability*. 2022.

65. Hashemi A. M., Herbert S. J., Putnam D. H. Yield Response of Corn to Crowding Stress. *Agronomy journal*. Vol. 97 (3). P. 839–846.

66. Jukić Ž., Mason S., Babić M. Factors influencing maize kernel breakage – a review. *Journal of Central European Agriculture*. 2024. Vol. 25 (2). P. 401–415.

67. Kushnirenko O., Venger V., Valinkevych N. Prospects for maize processing for the development of bioeconomy. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27 (7). P. 32–44.

68. Li R.-F., Liu P., Yang Q.-L., Ren H. Effects of Lower Leaf Senescence on Carbon and Nitrogen Distribution. *Acta Agronomica Sinica*. 2018. Vol. 44 (7). P. 1032–1042.

69. Marchão R. L., Brasil E. M., Duarte J. B. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 2005. Vol. 35. P. 93–101.

70. Pan B., Huang Ye., Gao X., Xu Q. Insights into Optimization of Planting Density and Fertilization in Maize. *Maize Genomics and Genetics*. 2025. Vol. 16 (1).

71. Prymak I., Grabovskyi M., Voitovyk M., Lozinskyi M. Changes in the balance of humus in the soil of five-field crop rotation depending on fertilizer systems. *Scientific Papers Series*. 2026. Vol. 26. Issue 1. P. 749–760.

72. Sangoi L. Understanding plant density effects on maize growth and development. *Crop Production*. 2001. Vol. 31 (1).

73. Sun S., Huang Z., Liu H. Response of Grain Yield to Planting Density and Maize Hybrid Selection. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (5).

74. Sydiakina O. V., Hamula Ye. A. Current range of corn hybrids in Ukraine: analysis and prospects. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 205–213.

75. Tokatlidis I. S. Adapting maize crop to climate change. *Agronomy for Sustainable Development*. 2013. Vol. 33. P. 63–79.

76. Wang F., Wang L., Yu X., Gao J. Effect of planting density on the nutritional quality of grain. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (9).

77. Wu H.-Yu., Zhang Ya.-J., Zhang W.-F. Photosynthetic characteristics of senescent leaf induced by high planting density. *Acta Agronomica Sinica*. 2019. Vol. 45 (2). P. 248–255.

78. Zakharchenko E., Datsko O., Mishchenko Y. Efficiency of biofertilizers when growing corn for grain. *Modern Phytomorphology*. 2023. Vol. 17 (2). P. 50–56.

79. Zhang Y., Xu Z., Li J., Wang R. Optimum Planting Density Improves Resource Use Efficiency. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12.

80. Zhao L., Duan X., Zhang X., Song L. *Agronomy*. 2025. Vol. 15 (5). P. 1099.