

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

ПОГОДЖЕНО

**Декан агробіологічного
факультету**

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**

(підпис)

(ПІБ)

“ ____ ” _____ **2025 р.**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри рослинництва

_____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

(підпис)

(ПІБ)

“ ____ ” _____ **2025 р.**

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Реалізація генетичного потенціалу гібридів кукурудзи в Індустріальній
молочній компанії»**

Спеціальність

201 Агрономія

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор с.-г. наук, професор
кафедри рослинництва

_____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

(підпис)

Керівник магістерської роботи

канд. с.-г. наук, доцент
кафедри рослинництва

_____ **Володимир МОКРІЄНКО**

(підпис)

Виконала

_____ **Ангеліна ВОЛОЩУК**

(підпис)

Київ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри рослинництва
доктор с.-г. наук, професор

Світлана КАЛЕНСЬКА

“ _____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТЦІ

Волощук Ангеліні Юрїївні

Спеціальність	201 Агрономія
Освітня програма	Агрономія
Орієнтація освітньої програми	Освітньо-професійна (освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: «Реалізація генетичного потенціалу гібридів кукурудзи в Індустріальній молочній компанії», затверджена наказом ректора НУБіП України від 12.12.2024 р. № 2220 «С»/

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.10.2025 р.

Вихідні дані – попередником кукурудзи на зерно є пшениця озима. Ґрунтові умови представлені сірими опідзоленими ґрунтами з середнім забезпеченням його елементами мінерального живлення, бонітет даних ґрунтів становить від 54 до 61 балів. Середня багаторічна кількість опадів за рік складає 627 мм, зокрема за вегетаційний період кукурудзи 290 мм. Сума активних температур у регіоні становить 2700-2900⁰С. Особливістю температурного режиму в регіоні є його коливання на початкових етапах

органогенезу, що потрібно враховувати з визначенням оптимальних строків сівби кукурудзи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- теоретично обґрунтувати тему обраного напряму досліджень – проаналізувати наукові публікації щодо впливу передзбиральної густоти стояння рослин на формування продуктивності кукурудзи;

- опрацювати методики дослідної справи та розробити схему досліду та технологію вирощування кукурудзи з урахуванням досліджуваних факторів;

- проаналізувати вплив кількісного розміщення рослин на площі на тривалість вегетаційного періоду, біометричні параметри та фотосинтетичну діяльність посівів кукурудзи. Встановити закономірності формування лінійних параметрів від морфобіологічних особливостей гібридів і густоти стояння рослин;

- обґрунтувати рівень урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від погодних умов (з урахуванням багаторічних даних) та формування передзбиральної густоти стояння рослин;

- розрахувати економічну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи.

- за результатами експериментальних досліджень обґрунтувати висновки та пропозиції виробництву.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 2024 р.

Керівник магістерської роботи
кандидат с.-г. наук, доцент
МОКРІЄНКО

(підпис)

Володимир

Завдання прийняла до виконання

(підпис)

Ангеліна ВОЛОЩУК

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ГЕНЕЗИС ТА АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ КУКУРУДЗИ	10
1.1. Господарсько-промислова цінність кукурудзи	10
1.2. Біологічні особливості кукурудзи	12
1.3. Фази росту й розвитку кукурудзи	16
1.4. Формування оптимальної густоти стояння рослин	19
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ	23
2.1. Ґрунтовий покрив	23
2.2. Кліматичні умови	25
2.3. Методика проведення дослідів	29
2.4. Технологічна схема вирощування кукурудзи	33
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ	35
3.1. Біометричні показники рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин	35
3.2. Фотосинтетична діяльність посівів	39
3.3. Вологозабезпеченість посівів кукурудзи	43
3.4. Вологість зерна перед збиранням	48
3.5. Індивідуальна продуктивність	50
3.6. Формування елементів структури урожаю зерна	52
3.7. Урожайність зерна гібридів кукурудзи	54
3.8. Економічна ефективність виробництва кукурудзи	58
ВИСНОВКИ	61
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64

РЕФЕРАТ

У роботі розглянуто сучасні наукові підходи до вивчення технологічних аспектів вирощування кукурудзи та обґрунтовано їх значення для підвищення врожайності цієї важливої зернової культури. У першому розділі проаналізовано генезис досліджень із визначення господарсько-промислової цінності кукурудзи, її біологічних особливостей та різновидів. Наведено характеристику основних фенологічних фаз росту і розвитку рослин, а також підкреслено роль густоти стояння як ключового фактора реалізації генетичного потенціалу гібридів.

У другому розділі подано методику та умови проведення досліду, що включали вивчення ґрунтових та кліматичних особливостей, застосування сучасних прийомів польового експерименту та дотримання технологічної схеми вирощування кукурудзи. Описані умови дають змогу забезпечити коректність отриманих результатів і можливість їх практичного використання.

Третій розділ присвячено аналізу особливостей росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння. Розглянуто зміни біометричних показників, фотосинтетичної активності, рівня забезпеченості вологою та вологості зерна перед збиранням. Значну увагу приділено вивченню індивідуальної продуктивності рослин, формуванню елементів структури врожаю та впливу площі живлення на кінцеву урожайність. Проведені дослідження дозволили визначити оптимальні параметри густоти стояння для максимізації продуктивності гібридів.

У заключній частині сформульовано висновки щодо доцільності використання певних технологічних підходів при вирощуванні кукурудзи та запропоновано практичні рекомендації для виробництва.

**КУКУРУДЗА, ГІБРИД, НОРМА ВИСІВУ, ГУСТОТА СТОЯННЯ,
БІОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ, ФОТОСИНТЕЗ, ПРОДУКТИВНІСТЬ**

ВСТУП

Глобальна продовольча безпека й надалі належить до найскладніших викликів сучасності, що зумовлює потребу в нарощуванні обсягів виробництва зернових культур. Інтенсифікація зернової галузі забезпечується за рахунок зростання урожайності, що досягається впровадженням удосконалених технологічних елементів: застосуванням принципів точного землеробства, дотриманням науково обґрунтованих сівозмін, проведенням хімічної меліорації, внесенням органічних і мінеральних добрив, використанням ресурсоощадних систем обробітку ґрунту та сучасних засобів захисту рослин, а також уведенням високоякісного насінневого матеріалу й адаптацією технологій до зональних природно-кліматичних умов.

За цих умов дослідження кукурудзи як ключової світової продовольчої та технічної культури зберігає особливу актуальність. Кукурудза посідає провідне місце у структурі землеробства багатьох країн, а підвищення її врожайності є важливою умовою подолання глобального дефіциту продовольства. Вирішальним чинником у цьому процесі виступає застосування високопродуктивних гібридів. Культура заслужено вважається стратегічною та безвідходною: її зерно широко використовується у харчовій і кормовій промисловості та для виробництва біоетанолу, тоді як пожнивні рештки придатні для виготовлення біогазу [1-3].

Підвищення врожайності можливе завдяки залученню до виробництва гібридів різних груп стиглості за ФАО, що дозволяє максимально реалізувати їх генетичний потенціал. Попри енергомісткість технології вирощування, сьогодні існує низка ефективних шляхів зниження енерговитрат від вибору оптимальних гібридів та раціональних способів основного обробітку ґрунту до коригування агрофону та врахування зональності продуктивності. Водночас найбільший вплив на урожай формують погодні умови впродовж вегетації та своєчасне виконання всіх технологічних операцій [4-6].

Актуальність дослідження визначається необхідністю глибокого аналізу факторів, що впливають на формування структурних елементів урожаю, з метою розроблення технології, яка забезпечить максимально ефективну реалізацію потенціалу кукурудзи за конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Головну увагу зосереджено на особливостях формування врожайності різних гібридів та можливостях її регулювання через оптимальну норму висіву [7-10].

Метою роботи є встановлення густоти стояння, за якої різні гібриди кукурудзи демонструють найвищі показники продуктивності.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- дослідити формування врожайності гібридів залежно від норми висіву;
- встановити кореляційний взаємозв'язок між групою стиглості за ФАО, урожайністю та оптимальною густотою стояння;
- здійснити економічну оцінку вирощування кукурудзи за різної густоти стояння рослин.

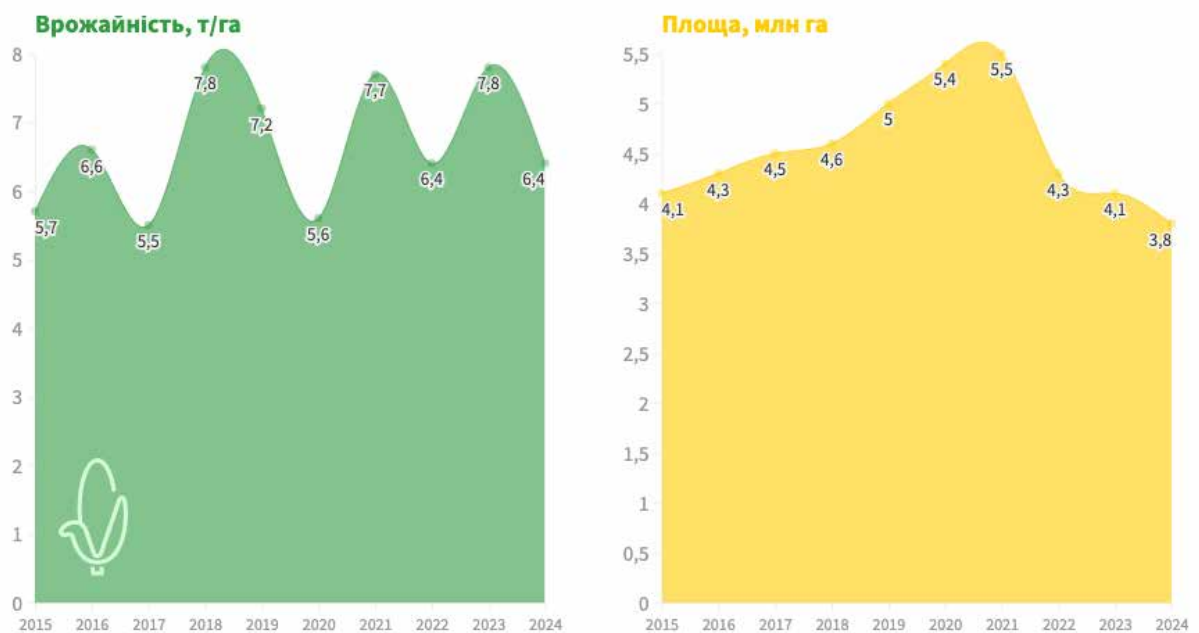
Практичне значення роботи полягає у всебічному дослідженні гібридів ДКС 3972 (ФАО 300), ДКС 4598 (ФАО 360) та ДКС 4391 (ФАО 350) в умовах Лісостепу України на сірих опідзолених ґрунтах Чернігівщини. Отримані результати будуть передані ІМК для подальшого аналізу та можливого впровадження зазначених гібридів у промислове виробництво.

РОЗДІЛ 1. ГЕНЕЗИС ТА АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ КУКУРУДЗИ

1.1. Господарсько-промислова цінність кукурудзи

Кукурудза є однією з основних сільськогосподарських культур, що посідає значну частку у структурі виробництва багатьох країн. Найбільші площі виробництва кукурудзи мають США (389,69 млн т), Китай (289,09 млн т) і Бразилія (131,95 млн т) [2]. Український соняшник найбільше експортується в Іспанію (984 млн \$), Китай (709 млн \$), Єгипет (553 млн \$), Нідерланди (449 млн \$) та Італію (399 млн \$) [31].

Кукурудза: врожайність та площі 2015-2024 рр.



Джерело: Держстат України • Створено за допомогою Flourish: Станом на 10.12.2024

 **SUPERAGRONOM.COM**
Головний сайт для агрономів

Рисунок 1. Врожайність і посівні площі під кукурудзою протягом 2015 - 2024 рр. [40]

Кукурудза вважається універсальною культурою, оскільки напрямки її використання передбачають найрізноманітніші сфери. Приблизно дві третини світового виробництва кукурудзи спрямовується на кормовиробництво, виступаючи одним із найбільш висококалорійних джерел

енергії для тваринництва. Сучасні інтенсивні сорти кукурудзи дають врожайність 80-140 ц/га, що дозволяє з 1 га посіву одержувати до 180 ц к.од. і 10 ц перетравного протеїну, що значно переважає жито, ячмінь та овес за вмістом кормових одиниць [25]. Розмелені стрижні качанів також згодують тваринам, 100 кг таких стрижнів відповідає 35 к.од. [11]. Кукурудза є критично важливою сировиною для промислового сектору як джерело крохмалю для фармацевтичної, паперової, гірничодобувної та будівельної галузей. Продукти переробки використовуються у широкому спектрі товарів: від біопластикових пакетів та миючих засобів до косметики та агрохімікатів.

Стратегічне значення кукурудзи особливо зростає в енергетичному секторі через виробництво біоетанолу [11]. У 2024 році Україна екпортувала до ЄС 99,3 тис. т біоетанолу, майже повністю використавши квоту на експорт до ЄС, що зумовило розвиток української біоетанольної галузі, представленої 17 заводами із сукупною потужністю понад 420 тис. т, і дозволило Україні позиціонувати себе як ключового регіонального виробника біопалива, що активно інтегрується у європейський ринок та посилює свою енергетичну стійкість [21].

Крім того, кукурудза широко застосовується для виробництва біогазу, показник виходу біометану на тону врожаю становить 310-320 нл СН₄/кг СР [26].

Сухе зерно кукурудзи містить 9–12 % білка, 4–6 % жиру і 6570 % безазотистих екстрактивних речовин. Воно є цінним концентрованим кормом для всіх сільськогосподарських тварин і птиці. Один кілограм відповідає 1,34 корм. од. і містить 70 г перетравного протеїну. 100 кг зеленої маси, зібраної в фазі молочно-воскової стиглості, відповідають 32 кормовим одиницям, а 100 кг сухих стебел, зібраних на зерно, – 37 кормовим одиницям і містять 1,5 кг перетравного протеїну [12].

Зі стебел, листя і стрижнів качанів виробляють папір, лінолеум, віскозу, активоване вугілля, штучний корок, пластмасу, анестезуючі засоби тощо.

Кукурудза також має важливе агротехнічне значення, оскільки завдяки заорюванню її кореневої системи і стеблових решток, значна частина органіки повертається у ґрунт, тому повернення 7 т листостеблової маси може розцінюватись відповідником надходження еквівалентної кількості елементів живлення 20-25 т гною. Кукурудза виступає добрим попередником для соняшника, ріпаку, цукрових буряків, картоплі, гороху, сої, загалом бобових, олійних та овочевих культур, гіршим для пшениці і жита і дуже поганим для озимого ячменю [13].

1.2. Біологічні особливості кукурудзи

Кукурудза є світлолюбною та теплолюбною культурою, яка потребує інтенсивного сонячного опромінення. Оптимальний рівень радіації для її росту становить 700–1200 Вт/м². За умов достатнього освітлення рослини швидше нарощують листову масу, раніше змикають рядки та формують вищу продуктивність. Найсприятливіші для вирощування кукурудзи підвищені ділянки понад 400 м над рівнем моря, де сонячне випромінювання є інтенсивнішим [14].

Висока продуктивність кукурудзи значною мірою пояснюється її C4-типом фотосинтезу, який забезпечує ефективне використання сонячної енергії. Кукурудза характеризується більшим вмістом хлорофілу в листках і має вищий коефіцієнт засвоєння фотосинтетично активної радіації порівняно з культурами C3-типу. Саме тому вона здатна швидко формувати врожай і потребує доброго освітлення (27–32 тис. лк при тривалості світлового дня 12–14 год).

Проростання насіння починається вже при 6–7°C, але оптимальною температурою є 10–12°C. Мінімальна температура для активного росту становить 10°C, а при зниженні нижче цієї межі ріст практично припиняється. Надмірне підвищення температури також негативне: понад 32°C проростання сповільнюється, а понад 35°C зупиняється. Найбільш продуктивною є асиміляція за температури 22–30°C. Кукурудза чутлива до

заморозків: на стадії 3 листків вона пошкоджується вже за -3°C , а під час цвітіння – при температурах нижче 3°C (табл. 1.1).

Кукурудза неоднаково вимоглива до температурного режиму в різні фази росту й розвитку (табл. 1.1). Кукурудза найбільше потребує тепла у періоди сходи – викидання волотей та викидання волотей – рання воскова стиглість.

Таблиця 1.1. - Вимоги кукурудзи до температури на різних фазах росту й розвитку, $^{\circ}\text{C}$ [4]

Фази росту й розвитку	Біологічний мінімум, $^{\circ}\text{C}$	Оптимальні екологічні умови, $^{\circ}\text{C}$	Критична температура, яка викликає пошкодження, $^{\circ}\text{C}$
Проростання	8-10	12-15	-2-3
Сходи	10-12	15-18	-2-3
Вихід у трубку	10-12	16-20	-2-3
Викидання – цвітіння волоті	12-15	16-20	-1-2
Дозрівання	10-12	18-24	-4-5

Для проходження основних фаз розвитку культура потребує певної суми активних температур: до утворення качана – близько 700°C , до цвітіння – приблизно 1200°C . Підвищення температури активізує ріст вегетативних органів і пришвидшує накопичення целюлози, що корисно, зокрема, у біоенергетичному виробництві. Зменшення тривалості дня сприяє прискоренню генеративного розвитку та підвищує частку крохмалю в зерні [15].

Для оцінки строків дозрівання кукурудзи використовують показник ФАО, який враховує температуру, потенціал врожайності, ефективність використання світла та віддачу вологи зерном. За ФАО гібриди поділяють на ранні (100–199), середньоранні (200–299), середньостиглі (300–399), середньопізні (400–499) та пізньостиглі (понад 500). Насіння з більшим ФАО має вищий потенціал врожайності. Рекомендовані гібриди залежать від регіону: Полісся – до 180, Лісостеп – 180–380, Степ – 260–500. Зміна на 10

одиниць ФАО відповідає приблизно 1–2 дням різниці у строках дозрівання або 1–2 % вмісту сухої речовини в качанах (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Вимоги гібридів до температурного режиму у період вегетації [8]

Група стиглості	Сума температур, °С				Вегетаційний період, днів	Кількість листків, шт	ФАО
	активних, °С	ефективних, °С	у тому числі				
			від сходів до викидання волоті	від викидання волоті до воскової стиглості			
Ранньостиглі	2200	900-1000	400	400	90-105	12-14	100-200
Середньоранні	2400	1100	450	450	105-115	14-16	201-300
Середньостиглі	2600	1150	500	500	115-120	17-18	301-400
Середньопізні	2800	1200	550	550	120-130	19-20	401-500
Пізньостиглі	2900-3000	1250-1300	600	600	135-140	21-23	501-600

За вегетаційний період кукурудза споживає від 400 до 1200 мм води, залежно від клімату. Із 1 мм вологи культура формує приблизно 20 кг зерна. Для досягнення врожайності 11,5 т/га необхідно близько 570 мм продуктивної вологи. Найчутливішою кукурудза є до водозабезпечення за 10–14 днів до викидання волоті та до фази молочної стиглості. У цей час вона використовує 40–50 % сумарного водоспоживання. Дефіцит вологи в цей період може знизити врожайність на 20–50 %. Навіть короткочасна 2–3-денна посуха під час викидання волоті чи запилення зменшує врожай на 20–22 %. Надлишкове зволоження є не менш небезпечним, оскільки погіршує аерацію ґрунту та засвоєння фосфору [16].

Кукурудза потребує глибокого залягання ґрунтових вод, оскільки надмірно зволожені ґрунти гальмують розвиток кореневої системи. Як культура тривалого вегетаційного періоду вона споживає значну кількість поживних елементів: для формування 1 т зерна необхідно 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору та 25–30 кг калію. Для врожаю 10 т/га рослина виносить із ґрунту близько 250 кг N, 100 кг P і 250 кг K [17].

Поглинання елементів живлення відбувається нерівномірно. На ранніх етапах найбільш активно надходить калій, який необхідний для ростових процесів. Його нестача призводить до пригнічення розвитку, пожовтіння листя, ослаблення кореневої системи та погіршення запилення. Азот

поглинається переважно від фази 6–8 листків до цвітіння. Він суттєво впливає на фотосинтез, ріст органів і формування структури врожаю. Дефіцит азоту спричиняє світло-зелене забарвлення рослин та зниження темпів росту. Фосфор надходить у рослину поступово, але відіграє ключову роль у розвитку коренів та формуванні качана; його нестача викликає темно-зелене забарвлення і затримку розвитку [4, 11, 18].

У розвитку рослин кукурудзи можна виділити два важливих етапи (критичні фази) щодо забезпеченості їх макро- та мікроелементами: трьох – п'яти та семи – восьми листків. У цей період кукурудза формує генеративні органи, що визначають величину майбутнього врожаю, тому від наявності елементів удобрення, особливо фосфору, залежить кількість качанів на рослині та зерен у них. Дуже важливий період розвитку кукурудзи – фаза трьох – п'яти справжніх листків. У цей період кукурудза росте слабо, її коренева система слаборозвинута і не може поглинати поживні речовини з важкодоступних сполук, тому для стимулювання росту коренів важливо забезпечити рослини кукурудзи, окрім сполук фосфору, ще й марганцем (Mn), цинком (Zn) та бором (B) [19].

Кукурудза не витримує кислих (оптимальне значення рН 6,0-7,0), важких перезвожених, що сильно запливають, засолених ґрунтів. На ґрунтах із рН < 5,5 урожай кукурудзи значно знижується. За рН 5,0 і менше ґрунти обов'язково потрібно вапнувати. Вапняні добрива найліпше вносити під попередник. Кукурудза має дуже розвинену кореневу систему, здатну засвоювати елементи живлення з великого об'єму ґрунту. Основна маса кореневої системи (майже 60 %) розміщена в шарі ґрунту 0-20 см [14].

Кукурудза є світлолюбною, теплолюбною та вологозалежною культурою, що потребує інтенсивного сонячного освітлення, оптимальної температури та достатньої кількості води для формування високого врожаю. Висока продуктивність обумовлена С4-типом фотосинтезу, ефективним використанням поживних елементів і потужною кореневою системою, здатною засвоювати елементи з глибоких шарів ґрунту. Найчутливіші фази

розвитку – 3–5 та 7–8 листків, а також викидання волоті та молочна стиглість, коли нестача води або елементів живлення суттєво знижує врожай [20].

Кукурудза потребує родючих, нейтральних або слабокислих ґрунтів із глибоким заляганням ґрунтових вод. Раціональне забезпечення води, світла, тепла та поживних речовин забезпечить формування високої продуктивності культури [21].

1.3. Фази росту й розвитку кукурудзи

Життєвий цикл кукурудзи складається з кількох стадій розвитку, основними з яких є яровизація та світлова, хоча деякі дослідники виділяють і третю стадію – статеву, або спорогемогенез. У фазі яровизації рослина формує вегетативні органи: первинну та вторинну кореневу систему, зародкові та прикореневі листки. Одночасно конус наростання диференціюється на зачаткові вузли, міжвузля та стеблові листки, у пазухах яких закладаються бічні пагони, і відбувається кушення рослини. У світловій стадії розвитку формується майбутнє суцвіття, розростаються перші нижні міжвузля, а рослина активно нарощує вегетативну масу. Статева, або спорогемогенна, стадія характеризується формуванням генеративних органів: квіток, пилків і зав'язі, що завершується викиданням волотей та підготовкою рослини до утворення качанів [22].

Розуміння етапів росту і розвитку кукурудзи, які супроводжуються специфічними фізіологічними процесами, є надзвичайно важливим для ефективного ведення сільськогосподарського виробництва. Знання про порядок формування кореневої системи, листків, стебла, волоті та качанів дозволяє своєчасно проводити агротехнічні операції. Це, у свою чергу, забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, сприяє максимальному використанню поживних речовин і води та мінімізує втрати врожаю через стресові фактори. Такий підхід дає змогу планувати агротехнічні заходи з урахуванням критичних фаз розвитку кукурудзи, що

безпосередньо впливає на формування кількості й якості зерна, підвищуючи загальну врожайність культури [4,11].

Таблиця 1.3 – Фази росту й розвитку і етапи органогенезу [14]

Фази росту й розвитку	Етапи органогенезу		Елементи продуктивності
	волоті	качана	
Проростання насіння, сходи	I. Конус наростання недиференційований	-	-
Третій – п'ятий листок	II. Диференціація конуса наростання	I. Недиференційований конус наростання бокового стебла	Оптимальна густина стояння рослин
	III. Ріст у довжину конуса наростання. Формування бокових гілок волоті	II. Диференціація вкороченого стебла на вузли і міжвузля	Кількість листків; коефіцієнт куціння
Початок стеблуння	IV. Формування колоскових квіток	III. Подальше витягування конуса наростання, сегментація його основи	-
Вихід в трубку (11-13 листок)	V. Формування квіток у колосках	IV. Утворення колоскових лусок. Формування колоскових бугорків	Кількість члеників качана
	VI. Утворення пилка	V. Диференціація колоскового бугорка	Формування довжини качана і кількості колосків в рядах
Викидання волоті	VII. Ріст в довжину всіх члеників суцвіття, завершення формування статевих квіток	VI. Формування зародкового мішка, ріст стовпчиків тичинки	Кількість квіток в качані
	VIII. Викидання волоті	VII. Завершення формування статевих квіток	Фертильність квіток
Цвітіння волоті. Викидання ниток качана. Всихання ниток качана	IX. Цвітіння волоті	VIII. Викидання ниток рилець	Жаростійкість
		IX. Цвітіння, запилення, запліднення	Озерненість качана
		X. Формування зародка і зернівки, початок молочної стиглості	Величина зернівки
Молочна стиглість	-	XI. Молочна стиглість, накопичення поживних речовин в зернівці	Маса зернівки
	-	XII. Перетворення поживних речовин в запасні	-

Життєвий цикл кукурудзи починається із сівби насіння в ґрунт, після чого насінина набухає, оболонка розривається, і з'являються первинний

корінець та зародкова брунька. Первинний корінець росте вниз, забезпечуючи перше водопостачання, а зародкова брунька спрямовується вгору і дає початок листкам, які спочатку розгортаються у вигляді шилець. Протягом перших 3–4 днів проростання формуються зачатки придаткових коренів, які згодом забезпечують інтенсивне живлення рослини, а також закладається конус наростання майбутньої волоті та качана. Ранні стадії росту, до появи 3–5 листків, відбуваються за рахунок запасів поживних речовин насінини, а після цього основне живлення забезпечують придаткові корені, які ростуть у глибину та вшир, формуючи розгалужену кореневу систему [23].

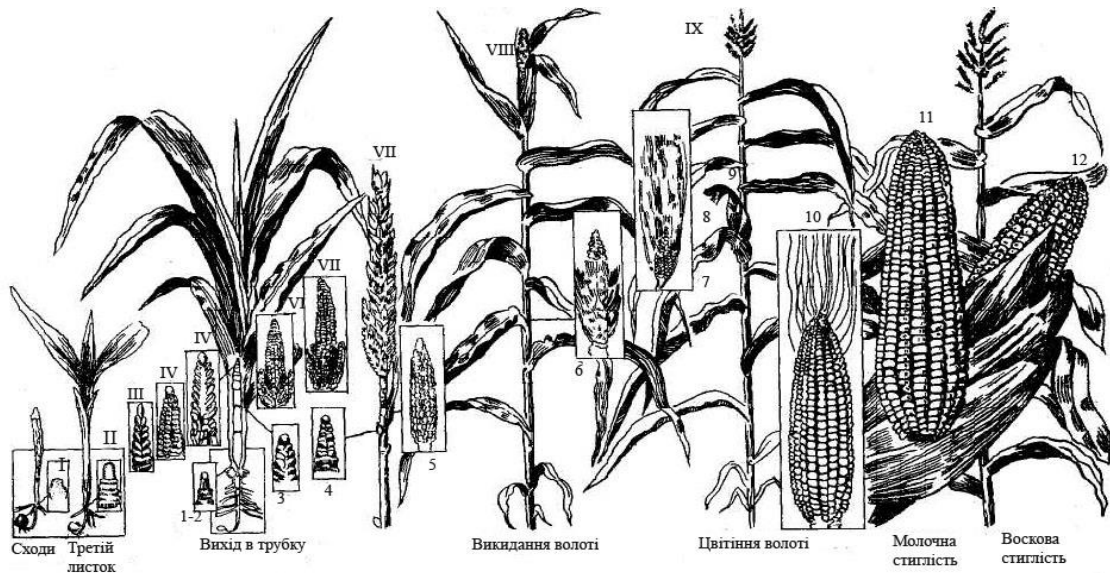


Рис. 1.1. – Фази росту й розвитку і етапи органогенезу кукурудзи

Етапи органогенезу волоті: I – конус наростання стебла з зародковими листками; II – витягування конуса і формування вузлів і міжвузлів зародкового стебла; III – сегментація конуса наростання; IV – формування колоскових лусок; V – формування квіток; VI – формування пилка і утворення мікроспор; VII – посилений ріст суцвіття; VIII – викидання волоті; IX – цвітіння. Етапи органогенезу качана: 1 – недиференційований конус наростання бічного стебла; 2 – витягування конуса і диференціація вузлів і міжвузлів вкороченого стебла; 3- сегментація конуса наростання; 4- формування колоскових квіток; 5 – диференціація квіток; 6 – формування тичинки і зародкового мішка; 7 – посилений ріст ниток і качана; 8- викидання ниток; 9- цвітіння і запліднення; 10- формування зернівки; 11 – молочна стиглість; 12 – воскова стиглість.

У фазі появи 3–8 листків відбувається активний ріст листків і стебла, а також закладка генеративних органів. Тривалість появи нового листка сповільнюється до 3–6 днів, проте розвиток конуса наростання волоті і

качана триває, закладаючи майбутню структуру врожайності. Після 8–11 листків настає початок стеблуння, коли формуються вузли і міжвузля, визначається загальна кількість листків і коефіцієнт кущення, а рослина починає активно накопичувати вегетативну масу [7,21].

Найінтенсивніший ріст кукурудзи спостерігається у фазі трубкування та появи 11–13 листків. У цей період висота рослини може збільшуватися на 10–15 см на добу, активно формується волоть, розвиваються квітки та утворюється пилок. Саме від забезпеченості водою та поживними елементами у цей час залежить кількість зерен у ряду, довжина качана та загальна врожайність [4,22,24].

Вода відіграє ключову роль у період від появи 15 листків до молочної стиглості, коли рослина споживає 69–73 % загального водоспоживання за сезон. Недостатнє зволоження в цей період призводить до порушення запилення, в'янення листя, зниження фотосинтетичної активності та суттєвого зменшення врожаю. Після цвітіння волотей і появи ниточок качанів настає молочна стиглість, коли зерно містить молочну рідину, а надалі досягається воскова стадія, коли ядро зернівки починає тверднути. Повна стиглість характеризується сформованим зерном із характерною формою та забарвленням, а рослина демонструє ознаки висихання [5,14,22].

Таким чином, життєвий цикл кукурудзи включає тісно пов'язані вегетативні та генеративні фази, від правильного розвитку кореневої системи та листків до наливу і дозрівання зерна. Ефективне забезпечення рослин водою, поживними речовинами, оптимальною температурою та світлом у кожен критичну фазу є визначальним фактором формування високого врожаю.

1.4. Формування оптимальної густоти стояння рослин

Сучасний ринок насінневого матеріалу кукурудзи пропонує широкий асортимент інтенсивних високопродуктивних гібридів, які відзначаються високим потенціалом врожайності. Проте реалізація цього потенціалу у

виробничих посівах часто обмежується низкою факторів, серед яких ключовими є густина посіву, рівномірність розташування рослин у ряду, архітектоніка стеблостою та строки сівби. Ці чинники безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин, формування кореневої системи, фотосинтетичну активність, водо- та поживне забезпечення культури, а також на строки настання основних фаз розвитку і тривалість вегетаційного періоду [25].

Густина стояння рослин визначається ґрунтово-кліматичними умовами регіону вирощування та морфобіологічними особливостями конкретного гібрида. Як зрідження, так і загушення посівів призводять до зниження врожайності. У зріджених посівах недобір урожаю пояснюється зменшенням кількості рослин на одиниці площі, тоді як у загущених посівах індивідуальна продуктивність рослин знижується через конкуренцію за світло, воду та поживні речовини. Тому правильний підбір густоти стояння є важливим резервом підвищення продуктивності та ефективності використання гібридного потенціалу.

Плануючи густоту стояння кукурудзи, необхідно враховувати зональні особливості, зокрема запаси вологи, технологічні умови вирощування та біологічні характеристики гібридів. За використання сучасних інтенсивних посухостійких гібридів, особливо іноземної селекції, доцільно підвищувати густоту посіву на 15 тис./га від раніше рекомендованих норм, досягаючи таких орієнтовних показників: для ранньостиглих гібридів – 70–75 тис./га, для середньоранніх – 60–70 тис./га, для середньостиглих – 55–65 тис./га. В Лісостепу за достатнього вологозабезпечення оптимальні густоти становлять: ранньостиглі гібриди – 80–90 тис./га, середньоранні – 70–80 тис./га, середньостиглі – 60–75 тис./га [26].

Площа листової поверхні кукурудзи значною мірою залежить від густоти стояння рослин. Найбільші значення спостерігалися за густоти 80 тис. рослин/га: гібриди Адевей та ЛГ 30352 мали площу листків у фазу

цвітіння 40,0 та 37,5 тис. м²/га відповідно, а у фазу воскової стиглості – 26,0 та 24,2 тис. м²/га. Найменші показники зафіксовані у ЛГ 3258 – 35,1 та 22,6 тис. м²/га. При густоті 65 тис./га площа листків зменшувалася: Адевей – 33,9 та 23,7 тис. м²/га, ЛГ 30352 – 32,2 та 22,5 тис. м²/га, ЛГ 3258 – 30,1 та 21,4 тис. м²/га. Найменша площа спостерігалася за густоти 50 тис./га. Це свідчить про важливість оптимальної густоти стояння для формування максимальної асиміляційної поверхні, що є ключовим фактором фотосинтетичної активності та врожайності [27].

Оптимальна густина посіву значною мірою залежить від групи стиглості гібриду. Так, ранньостиглий гібрид Р8521 зазвичай формує максимальну врожайність при густоті 75 тис. рослин/га, середньоранній PR39B76 – при 70 тис./га, середньостиглий PR38N86 – також при 70 тис./га. Інший приклад – гібрид Діана 180 СВ у середньому за трирічні дослідження формував найвищу врожайність 6,04 т/га за густоти 55 тис. рослин/га. Гібрид Жайвір 198 СВ показав максимальну врожайність 7,64 т/га за густоти 65 тис. рослин/га в сприятливі роки [28].

Для деяких гібридів, таких як ДП Пивиха та ДП Галатея, оптимальна густина перед збиранням становить 110–120 тис./га, тоді як для Моніка 350 МВ і Бистриця 400 МВ вона нижча – близько 90 тис./га. Українські гібриди Титан 220 СВ і Генерал формують максимальну продуктивність за густоти 90 та 80 тис./га відповідно, а зарубіжний гібрид Сандріна показав найкращі результати при густоті 70 тис./га, демонструючи вищу економічну та енергетичну ефективність [29].

Густина стояння впливає не лише на врожайність, а й на формування структурних елементів урожаю кукурудзи: довжину качана, масу зерна з одного качана, рівень озерненості та масу 1000 зерен. Перевищення оптимальної густоти призводить до зменшення маси зерна та озерненості качанів, що негативно впливає на загальний урожай. У зріджених посівах недобір урожаю пояснюється меншим числом рослин на одиниці площі, хоча висока індивідуальна продуктивність частково компенсує втрати. Таким

чином, диференційований підхід до визначення густоти посіву є критично важливим для максимального використання потенціалу кожного гібрида [30].

Сучасні гібриди кукурудзи демонструють високу пластичність і здатність адаптуватися до змінних умов довкілля. Наприклад, навіть при зменшенні густоти стеблостою деякі гібриди здатні формувати більші качани, підвищену озерненість і масу 1000 зерен, що дозволяє підтримувати стабільну врожайність. Водночас надмірне загушення призводить до конкуренції між рослинами і зниження індивідуальної продуктивності, особливо у посушливі роки [18, 22, 31].

Крім врожайності, густина стояння впливає на якість зерна. Підвищення густоти зазвичай знижує вміст протеїну, особливо у середньостиглих та середньопізніх гібридів, тоді як вміст крохмалю, жиру та клітковини залишається практично стабільним. Це підкреслює необхідність комплексного підходу до підбору густоти посіву, який враховує не лише врожайність, а й біохімічні показники зерна та потенційне використання продукції [27,29].

Таким чином, визначення оптимальної густоти стояння рослин є одним із ключових елементів технології вирощування кукурудзи. Воно безпосередньо впливає на врожайність, якість зерна, формування структурних елементів качанів та економічну ефективність вирощування. Метою досліджень є встановлення оптимальної густоти посіву для конкретних гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу з урахуванням їх біологічних особливостей та агроекологічних умов, що дозволить максимально реалізувати генетичний потенціал культури і підвищити продуктивність та ефективність виробництва.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ

2.1. Ґрунтовий покрив

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий. Вміст гумусу в орному шарі (10-20 см) складає 2,03%, водний рН становить 5,7 – 6,3, ємність поглинання катіонів – 19,98 мг-екв/100 г ґрунту. Запас поживних речовин в орному шарі сірого опідзоленого ґрунту становить: легкогідролізованого азоту – 7,2 мг /100 г ґрунту, рухомого фосфору – 10,7 і обмінного калію – 8,2 мг/100 г ґрунту. Щільність складення ґрунту становить 1,37 г/см³, вологість стійкого в'янення складає 6,10%, найменша вологоємність – 24% (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. – Фізико-хімічні показники сірих опідзолених ґрунтів

Глибина шару, см	Гумус, %	рН водне	рН сольове	Гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту	Сума основ мг-екв. на 100 г ґрунту	Ємність вбирання мг-екв на 100 г ґрунту	Ступінь насичення основами, %	Об'ємна маса, г/см ³	Питома маса, г/см ³
0-20	2,03	5,7	4,5	3,52	19,98	24,7	85	1,37	2,66
20-50	0,69	5,9	4,8	2,23	16,43	24,5	88	1,46	2,72
50-100	0,43	6,3	4,3	3,34	19,10	22,7	85	1,46	2,70



HE 0-23 см – гумусовий горизонт, бурувато-сірий, пухкий, пилувато-середньосуглинковий, слабо ущільнений, припудрений присипкою SiO_2 , перехід до наступного горизонту різкий.

I₁ (h) 24-43 см – ілювіальний, зверху слабо гумусований, сіро-бурий, вологий, важкосуглинковий, щільний, дуже переритий червами; грані структурних окремоостей припудрені присипкою SiO_2 , перехід до наступного горизонту є поступовим.

I₂ 44-89 см – ілювіальний, безгумусний, темно-бурий,

важкосуглинковий,

призматичний, дуже щільний, грані структурних окремоостей

покриті червоно-бурим колоїдним лакуванням і припудрені SiO_2 ; перехід до наступного горизонту поступовий.

I₃ 90-119 см – ілювіальний, бурий, важкий, важкосуглинковий, грудочкувато-призматичний, щільний, по гранях структурних окремоостей помітні колоїдні натіки R_2O_3 і SiO_2 ; перехід до наступного горизонту поступовий.

Pi 120-140 см – слабоілювіований на лесі, жовтувато-бурий, вологий, важкосуглинковий, крупногрудочкуватий з рідкими колоїдними натіками по гранях структурних окремоостей; перехід до наступного горизонту різкий.

Рис. 2.1. - Ґрунтовий розріз сірого лісового ґрунту (ІМК, 2025)

Рк 141-260 см – бурувато-палевий, легкосуглинковий, карбонатний лес, видимі карбонати представлені псевдоміцелієм.

Ґрунт дослідної ділянки належить до сірого лісового типу з опідзоленим профілем. Орний горизонт (0–20 см) характеризується гумусом 2,03 %, слабокислим водним рН 5,7–6,3, високою ємністю поглинання катіонів (19,98 мг-екв/100 г ґрунту) та помірним вмістом поживних речовин: легкогідролізованого азоту – 7,2 мг/100 г, рухомого фосфору – 10,7 мг/100 г, обмінного калію – 8,2 мг/100 г. Об'ємна маса ґрунту 1,37 г/см³, вологість стійкого в'янення – 6,1 %, а найменша вологоємність – 24 %.

Ґрунт характеризується достатнім вмістом гумусу в орному шарі, слабокислою реакцією, помірною щільністю та добрим водно-повітряним режимом, що є сприятливим для розвитку кореневої системи кукурудзи. Водночас нижні горизонти важкосуглинкові та щільні, що може обмежувати проникнення коренів у глибину та водо- і поживне забезпечення рослин під час посухи.

Отже, сірий лісовий ґрунт дослідної ділянки є придатним для вирощування кукурудзи, проте для досягнення високої врожайності необхідно враховувати властивості орного шару, забезпечити оптимальне зволоження та поживне живлення рослин, а також можливе покращення структурності нижніх горизонтів через глибоке розпушування чи внесення органічних і мінеральних добрив.

2.2. Кліматичні умови

Чернігівська область розташовується на півночі Лівобережної України, охоплюючи поліську та лісостепову зони Придніпровської низовини. Клімат області є помірно-континентальним, достатньо м'яким і в міру вологим. Регіон належить до зони достатнього зволоження. Протягом останніх 10 років спостерігається загальносвітова тенденція до підвищення середньорічної температури, Чернігівський регіон не став винятком.

Середньомісячна температура січня становить $-6\dots-7^{\circ}\text{C}$, липня - $+19\dots20^{\circ}\text{C}$. Багаторічна норма опадів становить 627 мм.

Вегетаційний період кукурудзи в умовах Чернігівщини у 2025 році характеризувався значними температурними аномаліями, контрастним режимом зволоження та частими весняними заморозками. У квітні спостерігалось кілька хвиль сильних заморозків, що класифікувались як стихійне метеорологічне явище II рівня небезпечності. Натомість, завдячуючи аномально теплому березню суми ефективних температур вище $+5^{\circ}\text{C}$ станом на 30 квітня досягли $240-260^{\circ}\text{C}$, що у 1,5-2 рази вище за середні багаторічні показники ($140-160^{\circ}\text{C}$).



Рисунок 2.2. - Вплив низьких температур повітря на рослини кукурудзи, ІМК, 2025

Травень 2025 року характеризувався показниками, що на $4\dots6^{\circ}\text{C}$ нижчі від багаторічної норми і є одними з найнижчих середньодекадних температур за останні 30 років, тому такі умови були несприятливими для початкового розвитку кукурудзи. Середня декадна температура повітря червня у Чернігівській області становила лише плюс $16,2^{\circ}\text{C}$, що на $1,1-3,0^{\circ}\text{C}$ нижче норми. У регіоні було досягнуто найнижчих значень максимальної температури повітря третьої декади червня за період спостережень із 1951 року [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].



Протягом квітня-червня 2025 року режим зволоження Чернігівщини був нестабільним, диференціюючись від значного дефіциту до локального перезволоження. Середня обласна кількість локальних опадів у Чернігівській області за квітень була однією з найвищих у країні на рівні 52-79 мм. Станом на 20 квітня 2025 запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту під запланованими під кукурудзу площами були оптимальними (123-190 мм). У червні кількість опадів склала 80-131 % норми, що забезпечило добре зволоження на деяких полях, натомість на інших – зумовило пошкодження культур градом (рис. 1.3).

У міру того, що кукурудза є теплолюбною культурою, метеорологічні аномалії мали значний вплив на її початковий розвиток. Заморозки до 0...-2°C призвели до пошкодження листя кукурудзи і появи антоціанового забарвлення листя через неможливість засвоювати фосфор (рис. 1.2). Низькі температури травня і брак ефективного тепла зумовили сповільнене зростання культури, подовжуючи період утворення листків.

Рис. 2.3. - Пошкодження рослин кукурудзи градом (ІМК, 2025)

Таблиця 2.2. – Опади за вегетаційний період кукурудзи (за даними Прилуцької метеостанції ІМК)

Показники	Місяці						За вегетацію
	4	5	6	7	8	9	
Опади, мм							
2024	47	17	73	28	21	34	220

2025	73	31	59	44	12	29	248
Багаторічна норма	53,7	75,6	72,7	57,0	48,0	41,9	348,9

Таблиця 2.3. – Сума активних температур за вегетаційний період кукурудзи (за даними Прилуцької метеостанції ІМК)

Сума активних температур >10°C							
Місяці	4	5	6	7	8	9	За вегетацію
2024	205,2	497,3	614,7	679,8	702,1	536	3235,1
2025	289,2	456,3	598,5	651,7	615,2	512,4	3123,3
Багаторічна норма	201,9	494,5	598,7	666,2	637,8	433,9	3033

Аналіз температурного та водного режимів за вегетаційний період показує, що умови зростання кукурудзи суттєво впливають на ріст, розвиток і формування врожайності культури.

За даними Прилуцької метеостанції ІМК, у 2024 році вегетаційний період характеризувався загальною кількістю опадів 220 мм, що значно нижче багаторічної норми (348,9 мм). Найбільші опади припали на червень (73 мм) та квітень (47 мм), а липень та серпень були відносно посушливими – відповідно 28 мм і 21 мм. У 2025 році загальна кількість опадів склала 248 мм, також нижче середньої багаторічної норми, з максимальними значеннями у квітні та червні (73 мм і 59 мм) і мінімальними у серпні – 12 мм.

Сума активних температур (>10°C) у 2024 році становила 3235,1 °C, що перевищувало багаторічну норму (3033 °C). Найвища активність

температур спостерігалася у липні та серпні – 679,8 °C і 702,1 °C відповідно. У 2025 році сума активних температур була дещо нижчою – 3123,3 °C, з максимумом у липні (651,7 °C) і відносно низьким значенням у вересні (512,4 °C).

Враховуючи критичні періоди розвитку кукурудзи сходи і утворення 4–5 листків, викидання волоті, цвітіння та налив зерна, то нестача вологи у червні-серпні та високі температури можуть обмежувати ріст рослин, зменшувати озерненість і масу зерна. Особливо чутливими до дефіциту вологи є фази викидання волоті та цвітіння, коли посушливі умови призводять до зниження зав'язування зерна.

Таким чином, аналіз температурного та водного режимів показує, що рік із недостатньою кількістю опадів і високою сумою активних температур у критичні періоди може негативно впливати на формування врожайності кукурудзи, особливо у середньостиглих і пізньостиглих гібридів, тоді як ранньостиглі гібриди проявляють більшу толерантність до посушливих умов.

2.3. Методика проведення дослідів

Дослідження проводили методом закладання польового дослідів, що передбачає систематичне розміщення різних варіантів густоти стояння рослин у полях із контролем усіх агротехнічних заходів, а також проведення детальних лабораторних аналізів ґрунту, рослинного матеріалу та характеристик урожайності. Такий підхід дозволяє отримати надійні дані про взаємозв'язок між густотою посіву та продуктивністю гібридів кукурудзи. Метою досліджень було визначити оптимальні параметри густоти стояння для конкретних гібридів у різних фазах розвитку, а завданням – оцінити вплив густоти на ріст, розвиток, формування асиміляційної поверхні, масу зерна з качана, озерненість та загальну врожайність.

У рамках дослідження було закладено дослід з оцінки впливу густоти стояння рослин на формування врожайності різних гібридів кукурудзи. Як фактор А розглядали три гібриди кукурудзи: ДКС 3972 (ФАО 300), ДКС 4598

(ФАО 360) та ДКС 4391 (ФАО 350). Фактор В – передзбиральна густина стояння рослин, яка варіювалася у межах 60, 70, 80 та 90 тис. рослин на гектар для кожного з гібридів. Таким чином, дослідження дозволяло оцінити взаємодію гібридних особливостей та густоти посіву на формування врожайності зерна (табл. 2.4).

Площа посівної ділянки – 151,2 м² (36 м x 4,2 м), облікової – 100,8 м² (36 м x 2,8 м). Повторність трикратна.

Таблиця 2.4. – Схема досліду

Гібриди кукурудзи (Фактор А)	Передзбиральна густина стояння рослин, тис. шт./га (Фактор В)			
	60	70	80	90
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	70	80	90
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	70	80	90
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	70	80	90

Відбір зразків для аналізу проводився трикратно: у фазу 9–10 листків, у фазу викидання волоті та у фазу молочно-воскової стиглості зерна. Для оцінки польової схожості насіння проводили підрахунок сходів на контрольних ділянках після появи 7–10 справжніх листків. Паралельно з цим визначали густоту стояння рослин підрахунком на площі 10 м² (14,3 погонних метри) із подальшим перерахунком у тисячі рослин на гектар [32-34].

Вологість ґрунту впродовж вегетаційного періоду визначали термостатно-ваговим методом, а в лабораторних умовах аналізували вміст легкогідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та калію для оцінки поживного режиму ґрунту [34].

Фенологічні спостереження проводили на досліджуваних рядках у двох несуміжних повтореннях: відмічали початок і завершення фаз сівби, сходів, викидання волотей, цвітіння качанів, молочної, воскової та повної

стиглості зерна. Фази стиглості зерна визначали шляхом розрізання середньої зернівки верхнього качана: повна стиглість настає при появі чорного прошарку на місці прикріплення зернівки [33].

Висоту рослин вимірювали від поверхні ґрунту до верхівки волоті, а висоту кріплення качанів – від поверхні ґрунту до точки прикріплення середнього качана на рослині. Для кожного варіанту відбирали 10 типових рослин у двох несуміжних повтореннях [33].

Площу листкової поверхні визначали за методикою [32], де вимірювали довжину та ширину кожного листка і розраховували площу за формулою:

$$S = k \cdot l \cdot n$$

де S – площа листка, см²;

$k = 0,67$ – поправочний коефіцієнт;

l – довжина листка, см;

n – ширина листка у найбільшій частині, см.

Загальну площу листкової поверхні розраховували як суму площ усіх листків рослини [32].

Фотосинтетичний потенціал оцінювали через визначення сухої речовини рослин у відповідні фази розвитку та розрахунок чистої продуктивності фотосинтезу [32].

Для визначення врожайності відбирали 10 качанів на кожній обліковій ділянці, визначали вологість зерна та вихід насіння, після чого урожай перераховували на стандартну вологість 14 % [32-34].

Врожайність розраховували за формулою:

$$Y = \frac{m \cdot 10000}{S} \cdot \frac{100 - W}{100 - 14}$$

де:

- Y – врожайність зерна, т/га;

- m – маса зерна з облікової ділянки, кг;
- S – площа облікової ділянки, м²;
- W – передзбиральна вологість зерна, %;
- 14 – базова вологість зерна для перерахунку.

Таблиця 2.5. – Зведена схема методів дослідження впливу густоти стояння на продуктивність кукурудзи

Напря́м дослідження	Методика	Показники	Особливості проведення
Ґрунтові показники	Термостатно-ваговий метод; хімічний аналіз	Вологість ґрунту, легкогідролізований N, рухомий P, обмінний K	Відбір проб у ключові фази вегетації
Польова схожість та гу́стота стояння	Підрахунок сходів у фазу 7–10 листків	% схожості, кількість рослин/га	Перерахунок рослин на 10 м ² у тисячі на гектар
Фенологія	Візуальні спостереження	Фази розвитку: сходи, 9–10 листків, викидання волотей, цвітіння качанів, молочна, воскова, повна стиглість зерна	Початок фази – 10 % рослин, завершення – 75 %
Морфологічні параметри	10 типових рослин на варіант	Висота рослин, висота кріплення качанів	Дві несуміжні повторності
Пло́ща листкової поверхні	Вимір довжини та ширини листків, розрахунок за формулою $S = k \cdot l \cdot n$	Пло́ща асиміляційної поверхні (м ² /га)	$k = 0,67$, сумування площ всіх листків рослини
Фотосинтетичний потенціал	Визначення сухої речовини рослин	Продуктивність фотосинтезу	9–10 листків, викидання волотей, молочно-воскова стиглість

Напрямок дослідження	Методика	Показники	Особливості проведення
Урожайність та якість зерна	Відбір 10 качанів на ділянку, визначення вологості та виходу зерна	Урожайність насіння, маса 1000 зерен	Перерахунок на 14 % вологості зерна

Таким чином, комплекс застосованих методик дозволяв оцінити вплив густоти стояння рослин на ріст і розвиток кукурудзи, фотосинтетичний потенціал, формування листкової поверхні, висоти рослин і кріплення качанів, а також кінцеву врожайність зерна. Це забезпечує обґрунтований аналіз взаємозв'язку між густотою посіву та продуктивністю конкретних гібридів кукурудзи.

2.4. Технологічна схема вирощування кукурудзи

Технологія вирощування кукурудзи передбачала комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту, розвитку та формування врожайності культури з урахуванням її критичних періодів.

Попередником культури на дослідній ділянці була озима пшениця, а поле характеризувалося слабким засміченням однорічними бур'янами. Після збирання попередника проводили лушення стерні на глибину 6–8 см, що дозволяло зберегти вологу в ґрунті та сприяти проростанню падалиці і бур'янів. Після їх появи виконували обробку гербіцидом суцільної дії «Раундап Макс» (1,35 л/га) у баковій суміші з «Діален Супер» (1 л/га) для знищення пророслих бур'янів.

Основним осіннім обробітком було глибоке рихлення на 35–40 см, який руйнував ущільнений підорний шар, покращував водно-повітряний режим ґрунту та сприяв глибокому проникненню кореневої системи

кукурудзи, що особливо важливо у критичні фази розвитку, такі як викидання волоті та формування зерна.

Система удобрення включала основне та передпосівне внесення мінеральних добрив для забезпечення максимального реалізації генетичного потенціалу гібридів. Основне внесення проводили ранньої весни з використанням карбаміду у нормі 250 кг/га, а під час сівби – комплексного добрива діамофоска (NPK 10:26:26) у нормі 150 кг/га.

Сівбу кукурудзи проводили при стійкому прогріванні ґрунту до 10-12⁰С на глибині 10 см. Норма висіву залежала від схеми досліду і передбачала страхову надбавку у кількості 7%.

Система захисту від бур'янів була двоетапною. Ґрунтовий захист передбачав застосування гербіциду «Примекстра TZ Голд» (4 л/га), а страховий гербіцидний захист – у фазу 3–5 листків кукурудзи, коли бур'яни активно конкурують з рослинами за ресурси. Для боротьби з бур'янами по вегетації застосовували гербіцид Мілагро (1,2 л/га) самохідним оприскувачем.

У кінцевий період вегетації, для прискорення дозрівання та полегшення збирання врожаю, проводили десикацію посівів із застосуванням препарату «Раундап Макс» у нормі 2,5 л/га. Внесення здійснювалося наземним оприскувачем із витратою робочого розчину 50 л/га.

Важливо відзначити, що вся технологія вирощування була спланована з урахуванням критичних періодів розвитку кукурудзи: від сходів до формування листової поверхні, викидання волоті, формування та наливу зерна, що дозволяло максимально реалізувати потенціал гібридів і забезпечити високий рівень врожайності.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГУСТОТИ СТОЯННЯ

3.1. Біометричні показники рослин кукурудзи залежно від густоти стояння рослин

Висота рослин є одним з найголовніших індикаторів, який демонструє реакцію гібрида на загущеність посівів. Згідно з дослідженнями вчених, встановлено чітку пряму залежність між висотою рослин кукурудзи та густотою стояння. Зі збільшенням кількості рослин на одиниці площі посилюється міжрослинна конкуренція за світло, вологу та елементи живлення. У відповідь на ці умови кукурудза демонструє характерну адаптивну реакцію, що зумовлено витягуванням стебла, що дозволяє частково компенсувати дефіцит освітлення та підтримувати ефективність фотосинтезу [12].

За результатами дослідження, за густоти стояння 70 тис. рослин/га висота кукурудзи була на 3,4% більшою, ніж у контрольному варіанті з густотою 60 тис. рослин/га. Подальше ущільнення посівів до 80 тис. рослин/га посилило цей ефект: висота рослин збільшилась уже на 5,0% порівняно з контролем. Таке зростання вищості підтверджує, що кукурудза активно реагує на інтенсифікацію конкуренції, змінюючи морфологічні параметри стебла як елемент стратегічної адаптації до умов вирощування [9].

Аналогічні дослідження було проведено й у працях інших дослідників, де встановлено подібні закономірності: ущільнення посівів спричиняє посилення конкуренції між рослинами та, відповідно, стимулює їх морфологічну адаптацію, зокрема збільшення висоти стебла [5,12,22].

Однією з важливих морфологічних ознак, за якими можна характеризувати реакцію гібридів на зміни умов живлення, є темпи росту рослин у висоту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Динаміка росту гібридів кукурудзи різних груп стиглості в залежності від густоти стояння рослин, см (середнє за 2024-2025 рр).

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Фази росту і розвитку рослини			
		7-8 листків	11-12 листоків	13-14 листоків	цвітіння волотей
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	68,4	123,8	169	193,5
	70	71,5	125,8	176,7	201,9
	80	73,4	127,5	177,7	200,8
	90	75,6	128,1	178,6	202,8
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	66	125,8	182,2	227,8
	70	70,1	130,5	190,9	235
	80	71,9	131,1	187,9	235,1
	90	74,2	133,7	188,9	239,1
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	68,2	125,5	180,9	228,1
	70	70	130,7	189,6	236,7
	80	70,5	130,5	190,2	236,4
	90	73,5	131,9	190,1	238,6

Аналіз наведених даних показує, що для всіх трьох гібридів кукурудзи спостерігається чітка тенденція до зростання висоти рослин зі збільшенням густоти стояння від 60 до 90 тис. рослин/га. Уже у фазі 7–8 листків рослини демонстрували приріст висоти у межах від 66,0–68,4 см за густоти 60 тис./га до 73,5–75,6 см за густоти 90 тис./га. Це становить від 7,8% до 12,4% підвищення залежно від гібрида.

У фазі 11–12 листків висота рослин також послідовно збільшувалася з підвищенням густоти. Якщо за густоти 60 тис./га висота коливалася в межах 123,8–125,8 см, то за 90 тис./га досягала 128,1–133,7 см, що свідчить про приріст на 4,3–6,3%. Найвищі показники на цій фазі забезпечував гібрид ДКС 4598.

У фазі 13–14 листків загальна тенденція зберігалася: при збільшенні густоти від 60 до 90 тис./га висота рослин зростала з 169,0–182,2 см до 178,6–190,2 см. Найпомітніший приріст спостерігався між варіантами 60 і 70 тис./га, що свідчить про сильну реакцію рослин на початкове ущільнення посіву.

Під час цвітіння волотей усі гібриди досягали максимальних значень висоти. За густоти 60 тис./га цей показник становив 193,5–228,1 см, тоді як за густоти 90 тис./га зростав до 202,8–239,1 см. Отже, абсолютний приріст висоти між мінімальною та максимальною густиною становив 9,3–11,0 см, що підтверджує посилення конкуренції рослин за світло в умовах ущільненого стеблостою.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що всі досліджувані гібриди кукурудзи подібним чином реагують на зростання густоти стояння. Збільшення кількості рослин на площі зумовлює посилене витягування стебла на всіх етапах росту та розвитку. Найвищих показників рослини досягали за густоти 90 тис. рослин/га, де максимальна висота становила 239,1 см. Таким чином підтверджується, що саме міжрослинна конкуренція виступає основним чинником, який стимулює вертикальний ріст кукурудзи незалежно від її групи стиглості.

Висота рослин і висота прикріплення качана – це ознаки, які залежать від біологічних особливостей рослин кукурудзи та умов їх вирощування. В залежності від густоти стояння рослин змінюється висота прикріплення качана як показника придатності рослин до механізованого збирання.

Низька висота прикріплення качанів (30–50 см) призводить до значних втрат зерна під час механізованого збирання (15–20% і більше), але й надто високе прикріплення качанів (вище 110 см) є небажаним [23].

Згідно з літературними джерелами висота рослин і висота прикріплення качанів генетично детерміновані, хоча на них також впливають елементи агротехніки й умови довкілля [17]. Кукурудзозбиральні комбайни за своїми технічними характеристиками можуть збирати початки,

розташовані на висоті не нижче 50 см від поверхні ґрунту, тому цю висоту слід вважати мінімальною, а отже, качани, які розташовані нижче 50 см, під час збирання травмуються робочими органами комбайнів або залишаються незібраними. Качани, що розташовані на висоті, меншій за 50 см і сильно обвислі, потрапляють в подавальні ланцюги русел комбайна, обмолочуються і, не доходячи до качанновідриваючого пристрою, відділяються від стебла та падають, залишаючись на полі [14].

У зв'язку із цим дослідження впливу густоти стояння гібридів кукурудзи як одного з елементів технології вирощування на висоту рослин і висоту закладання качанів є необхідними й актуальними.

Показники прикріплення качана по всіх гібридах, які досліджувались в 2025 році були більшими у 2024 роком (табл.3.2).

Таблиця 3.2. Висота прикріплення качана залежно від густоти стояння рослин, см

Гібриди	Роки спостережень	Густота стояння рослин, тис. шт./га			
		60	70	80	90
ДКС 3972 (ФАО 300)	2024	78,9	79,7	81,6	83,2
	2025	60,5	61,8	62,8	63,1
	В середньому	69,7	70,75	72,2	73,15
ДКС 4598 (ФАО 360)	2024	88,7	89	89,7	90,6
	2025	76,5	76,8	77,6	78,6
	В середньому	82,6	82,9	83,65	84,6
ДКС 4391 (ФАО 350)	2024	92,1	92,5	93,6	95
	2025	79,8	80,3	81,6	81,8
	В середньому	85,95	86,4	87,6	88,4

З таблиці 3.2 видно, що збільшення густоти стояння рослин від 60 до 90 тис./га сприяє зростанню висоти прикріплення качана у всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. Для гібриду ДКС 3972 (ФАО 300) середня висота прикріплення качана зросла з 69,7 см до 73,15 см (+4,7%).

Гібрид ДКС 4598 (ФАО 360) показав приріст від 82,6 см до 84,6 см (+2,4%), а у гібрида ДКС 4391 (ФАО 350) висота підвищилася з 85,95 см до 88,4 см (+2,8%).

Ці дані свідчать, що при більшій густоті посіву спостерігається витягування стебла, що забезпечує більш високий рівень прикріплення качана. Це важливо для стійкості рослин та запобігання вилягання, адже оптимальна висота формування качана знижує ризик його контакту з ґрунтом і сприяє кращому розвитку зерна.

Об'єднуючи ці результати з динамікою росту стебла, можна зробити висновок, що збільшення густоти стояння стимулює як вертикальний ріст рослин, так і підвищення прикріплення качана, що є позитивною адаптивною реакцією кукурудзи на ущільнення посівів.

3.2. Фотосинтетична діяльність посівів

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур базуються на теорії формування врожаю як фотосинтезуючої системи та розробляються з врахуванням біологічних особливостей, зокрема й типу фотосинтезу рослин [8, 21]. У зв'язку з належністю до культур з С4-типом кукурудза значно ефективніше, ніж культури з С3-типом засвоює вуглекислий газ і використовує сонячну радіацію на утворення сухої речовини посіву [11]. Це зумовлює суттєво вищу потенційну індивідуальну продуктивність рослин кукурудзи порівняно з іншими злаками, для реалізації якої у господарському врожаї потрібне оптимальне забезпечення факторами життя – світлом, теплом, водою та поживними речовинами [1, 4, 25, 30].

Фотосинтез є унікальним процесом утворення органічних речовин шляхом перетворення світлової енергії у хімічну. За рахунок інтенсивності формування площі листової поверхні рослини формується ефективність протікання процесу синтезу вуглеводів. На перебіг фотосинтезу може мати вплив низка факторів, включаючи освітленість, температуру довкілля,

вологість, біологічні особливості рослини, специфічна реакції культури на вплив навколишнього середовища.

Наведені дані демонструють, що основною закономірністю є пряма залежність пропорційного зростання загальної площі листкової поверхні посіву у відповідності до збільшення густоти стояння (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. – Вплив густоти стояння рослин на динаміку формування листкової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості, тис.м²/га (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин тис./га	Фази росту і розвитку рослин			
		7-8 листоків	11-12 листоків	цвітіння волотей	молочний стан зерна
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	7,3	21,5	39,0	27,5
	70	7,8	22,6	41,1	28,9
	80	8,1	24,0	43,3	30,5
	90	8,3	25,5	44,8	31,7
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	7,7	21,0	40,1	29,1
	70	8,1	22,0	42,0	30,4
	80	8,5	22,9	43,3	31,9
	90	8,8	23,9	45,0	33,4
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	8,8	23,1	40,0	26,8
	70	9,3	24,1	41,6	28,1
	80	9,7	25,5	43,0	29,6
	90	10,1	26,3	44,4	30,7

Під час визначення площі листкового апарату кукурудзи у розрізі фаз встановлено позитивну динаміку її збільшення до фази цвітіння і зниження показника у фазу молочної стиглості. У фазі 7-8 листків відзначається істотна різниця за показником у розрізі гібридів. Так, гібриди ДКС4391 та ДКС4598 були більш облистяними і забезпечили значення показника в межах 7,7–10,1

тис. м²/га, тоді як гібрид ДКС 3972 мав значення площі листків від 7,3 до 8,3 тис. м²/га.

У фазі 11-12 листків площа асиміляційного апарату кукурудзи стрімко зростала і становила 21,0–26,3 тис. м²/га. Максимальні показники відзначено у середньостиглого гібриду ДКС 4391.

Наші дослідження показали, що до фази цвітіння площа листкової поверхні кукурудзи на одиниці площі досягла свого оптимуму, значення коливались у межах 39,0–45,0 тис. м²/га. Варіабельність даних становила 10,6%, тобто була дещо меншою, ніж у попередньо-аналізовані фази росту рослин.

У фазу молочної стиглості зерна площа листків гібридів кукурудзи зменшилась, оскільки ростові процеси припинились, розпочався генеративний період, під час проходження якого відбувається перерозподіл поживних речовин, відзначено засихання нижніх листків. Так, у фазі молочної стиглості значення поступалися оптимальним (у фазі цвітіння) на 13–14 тис. м²/га.

Таким чином, для досягнення максимального фотосинтетичного потенціалу необхідно підтримувати оптимально високу густоту посіву, особливо для забезпечення максимальної площі листкової поверхні в критичний період цвітіння волотей.

Важливе значення в оцінці фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи є фотосинтетичний потенціал, який характеризує потужність роботи листків, тобто протягом якого періоду вегетації асиміляційний апарат знаходився у фізіологічно активному стані. Відповідно до досліджень вчених, збільшення норми висіву рослин з 60 тис. рослин/га до 90 тис. рослин/га обумовлює зростання значення показника загальної фотосинтетичної потужності посівів на 0,19-0,32 млн. м²-днів/га у відповідності до групи стиглості гібридів [60].

Важливим питанням визначення ефективності фотосинтетичної діяльності рослин залишається встановлення фотосинтетичного потенціалу кукурудзи залежно від факторів досліду (табл.3.4).

Таблиця 3.4. – Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи в залежності від морфотипу гібрида та густоти стояння рослин, млн. м² днів/га (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин тис./га	Фази росту і розвитку рослин			
		7-8 листків	11-12 листоків	цвітіння волотей	молочний стан зерна
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	0,19	0,96	1,54	2,03
	70	0,18	0,94	1,64	2,14
	80	0,18	0,92	1,49	1,93
	90	0,17	0,87	1,42	1,75
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	0,21	0,98	1,56	2,05
	70	0,20	0,96	1,66	2,16
	80	0,20	0,94	1,51	1,95
	90	0,19	0,89	1,44	1,77
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	0,23	1,0	1,58	2,07
	70	0,22	0,98	1,68	2,18
	80	0,22	0,96	1,53	1,97
	90	0,21	0,91	1,46	1,79

З таблиці видно, що фотосинтетичний потенціал кукурудзи змінюється залежно від густоти посіву та фази росту. У ранній фазі 7–8 листків значення фотосинтезу були невисокими: при густоті 60 тис./га – від 0,19 до 0,23 млн м²·днів/га, а при 90 тис./га зменшувалися до 0,17–0,21 млн

м²·днів/га. Це пов'язано з тим, що щільні посіви затінюють нижні листки і зменшують площу для фотосинтезу.

У фазі 11–12 листків фотосинтетичний потенціал зростає і досягає максимуму при густоті 60–70 тис./га (0,94–1,0 млн м²·днів/га). При більшій густоті (80–90 тис./га) він починає знижуватися через конкуренцію рослин за світло.

Пік фотосинтезу спостерігається у фазі цвітіння волотей при густоті 70 тис./га (1,64–1,68 млн м²·днів/га). Далі, при 80–90 тис./га, значення зменшуються через ущільнення рослин і затінення листків.

У фазі молочного стану зерна фотосинтетичний потенціал досягає максимальних значень при середній густоті (70 тис./га – 2,14–2,18 млн м²·днів/га) і знижується при густоті 90 тис./га (1,75–1,79 млн м²·днів/га).

Кукурудза має С4-фотосинтез, що дозволяє ефективно використовувати світло і тепло. Однак при надто густих посівах нижні листки затінюються, що знижує ефективність фотосинтезу. Отже, оптимальною для рослин є густота стояння 70 тис./га, при якій фотосинтез працює найефективніше, що сприяє кращому росту, розвитку і формуванню врожаю.

3.3. Вологозабезпеченість посівів кукурудзи

Аналізуючи численні дослідження науково-дослідних установ були виявлено, що наявність ґрунтової вологи відіграє надважливу роль у визначенні оптимальної густоти стояння, оскільки оптимальна площа живлення, що досягається шляхом підбору доцільної норми висіву насіння на гектар, забезпечує розвиток кожної окремої рослини як одиниці реалізації генетичного потенціалу кукурудзи [13].

Кукурудза належить до посухостійких культур із транспіраційним коефіцієнтом 350-400, але її сумарне водоспоживання протягом вегетаційного періоду коливається у межах від 2800-3200 м³/га (для середньоранніх) до 3400-3800 м³/га (для середньостиглих).

Результати досліджень свідчать про те, що різні гібриди у різний спосіб використовують запаси продуктивної вологи у відповідності до густоти стояння рослин (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. – Запаси продуктивної вологи рослинам в ґрунті залежно від густоти стояння рослин гібридів кукурудзи у фазу цвітіння волотей,

мм

(середнє за 2024 - 2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин тис./га	Шари ґрунту, см			
		0-50	50-100	100-150	0-150
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	46,8	44,8	47	137,4
	70	44	41	41,9	124,7
	80	41,7	38,6	39,7	102
	90	37,4	33,8	31	95
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	37	35	37,2	127,6
	70	34,2	31,2	32,1	114,9
	80	32,1	28,8	29,9	92,2
	90	27,6	23,9	21,2	85,2
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	35	33	35,2	125,6
	70	32,2	29,2	30,1	112,9
	80	30,1	26,8	22,9	90,2
	90	25,6	22	20,2	83,2

За результатами досліджень встановлено чітку залежність запасів продуктивної вологи в ґрунті від густоти стояння рослин гібридів кукурудзи

у фазу цвітіння волотей, що обумовлене посиленням конкуренції за вологу між рослинами при їх загущенні. Крім того, на рівень вологозабезпечення суттєво впливає і габітус рослин, що опосередковано відображається через групу стиглості. Зі збільшенням густоти стояння рослин від 60 до 90 тис./га відбувається значне зменшення загальних запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-150 см: у ДКС 3972 спостерігається зменшення запасів вологи на 30,8%; для ДКС 4598 зменшення становить 33,2%; ДКС 4391 характеризується зменшенням запасів вологи на 33,8%.

Найбільше відносне зниження запасів вологи спостерігається у гібридів ДКС 4598 та ДКС 4391, що мають довший вегетаційний період і демонструють їхнє більш інтенсивне водоспоживання, особливо в умовах загущення.

У досліді простежується залежність використання вологи гібридами кукурудзи від періоду вегетації: чим більший показник ФАО, тим, як правило, нижчими є початкові запаси вологи або інтенсивнішою є витрата до фази цвітіння.

За оптимальної густоти стояння рослин 60 тис./га найбільші запаси вологи у шарі 0-150 см зафіксовано у гібрида з найменшим ФАО - ДКС 3972 - 137,4 мм. Гібриди з довшим періодом вегетації (ДКС 4598 - 127,6 мм та ДКС 4391 - 125,6 мм) мали менші запаси вологи, що свідчить про їхню більшу потребу у воді та інтенсивніше водоспоживання до фази цвітіння. Різниця між ДКС 3972 та ДКС 4391 при 60 тис./га становить близько 11,8 мм (9,4%).

Зі збільшенням густоти стояння рослин, найбільш різке зниження запасів вологи спостерігається у глибших шарах ґрунту через активну експлуатацію рослинами глибоких шарів ґрунту для забезпечення своїх потреб у воді при підвищеній густоті стояння.

Натепер недостатньо вивченими є питання оптимізації водного режиму ґрунту для коригування режимів зрошення та підвищення продуктивності кукурудзи. У зв'язку з цим актуальними є дослідження з вирощування нових

гібридів різних груп стиглості з визначенням і застосуванням оптимальних параметрів технології вирощування. У комплексі агрозаходів, що впливають на економічний ефект вирощування культури, важливе місце належить строкам густоті стояння рослин.

Коефіцієнт водоспоживання є одним із критеріїв оцінювання продуктивності використання води – це кількість води (м³), що витрачається на випаровування з поверхні ґрунту і транспірацію для утворення 1 т сухої біомаси, – менш специфічний для культур і характеризує ефективність використання води агроценозом. Він більше залежить від природних та агротехнічних факторів, ніж коефіцієнт транспірації, помітно підвищується в зоні з недостатньою кількістю опадів. Зниження коефіцієнта водоспоживання досягається скороченням непродуктивних витрат води, вдосконаленням технологій вирощування сільськогосподарських культур [2; 5].

За показниками сумарного водоспоживання та врожайності гібридів кукурудзи встановлено коефіцієнт водоспоживання посівів на одиницю врожаю зерна досліджуваної культури (табл. 3.6).

Таблиця 3.6. – Вологозабезпеченість і ефективність водоспоживання гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, мм (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Сумарна вологозабезпеченість, мм	Запаси води при повній стиглості зерна у шарі ґрунту 0-150 см, мм	Загальні витрати води за період вегетації, мм	Коефіцієнт водоспоживання	Співвідношення зерна в кг на тону води
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	467	88,8	362	360	2,1
	70		74,1	388	385	2,16
	80		53,5	423	404	2,18

	90		46,4	449	446	2,35
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	498	79	378	378	2,19
	70		66,3	408	397	2,23
	80		43,6	423	421	2,31
	90		36,6	461	458	2,44
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	512	77	388	395	2,26
	70		64,3	421	403	2,34
	80		41,6	438	445	2,44
	90		34,6	446	471	2,58

З таблиці 3.6 видно, що густина стояння рослин суттєво впливає на водоспоживання і ефективність використання води всіма досліджуваними гібридами кукурудзи. Загальні витрати води за період вегетації зростають зі збільшенням густоти: у гібриду ДКС 3972 (ФАО 300) вони підвищуються з 362 мм при 60 тис./га до 446 мм при 90 тис./га, а у ДКС 4391 (ФАО 350) — з 388 мм до 471 мм відповідно.

При цьому запаси води у ґрунті при повній стиглості зерна зменшуються зі зростанням густоти: наприклад, у ДКС 4598 (ФАО 360) вони знижуються з 79 мм при 60 тис./га до 36,6 мм при 90 тис./га, що вказує на активніше використання води рослинами в щільних посівах.

Особливо важливо враховувати критичний період водоспоживання кукурудзи, який охоплює фази від цвітіння волотей до молочної стиглості зерна. Саме в цей період рослини потребують найбільшої кількості води для формування качана та зерна. Дані таблиці показують, що при високій густоті стояння рослини більш інтенсивно використовують запаси води в критичний період, що відображається у підвищенні коефіцієнта водоспоживання та співвідношення зерна до води: наприклад, у ДКС 4391 при 60 тис./га на 1 тону зерна витрачалось 2,26 тис. кг води, а при 90 тис./га — 2,58 тис. кг води.

Отже, збільшення густоти стояння рослин сприяє більш ефективному використанню води, особливо у критичний період формування зерна. Проте

занадто щільні посіви можуть прискорювати витрати води, що при нестачі опадів або зрошення може створювати ризик водного стресу. Оптимальна водоспоживна ефективність у більшості гібридів спостерігається при густоті 70–80 тис./га, коли баланс між кількістю рослин і запасами вологи дозволяє забезпечити максимальне формування врожаю.

3.4. Вологість зерна перед збиранням

Вологість зерна є ключовою якісною характеристикою, яка безпосередньо впливає на вибір технології збирання, зберігання та економічну ефективність виробництва кукурудзи.

Взаємодія рослин у посіві визначає функціонування агроценозу як саморегулюючої системи, що опосередковано впливає на передзбиральну вологість зерна та адаптивний потенціал гібридів. Дослідження, проведені в умовах достатнього зволоження підтверджують залежність передзбиральної вологості зерна від групи стиглості гібрида та густоти стояння рослин. Вченими було виявлено, що вологість зростає пропорційно збільшенню ФАО, варіюючи від мінімальних 20,4-21,2% у ранньостиглого гібрида з ФАО 200 до максимальних 28,7-29,5% у пізньостиглого з ФАО 380. Більш того, чинник загушення посівів також відіграв роль у вмісті вологи у зерні, оскільки зростання густоти від 60 до 90 тис./га призводило до додаткового підвищення передзбиральної вологості зерна на 0,6-0,9%, що підтверджує загально визнаний вплив погіршення аерації та посилення конкуренції на процес вологовіддачі [24].

Як свідчить практика, збирання кукурудзи припадає на осінній період з високою вірогідністю випадання опадів, коли збирання врожаю починається за вологості 25-30%. При цьому до 25% урожаю кукурудзи може надходити з високим рівнем вологості.

У загальній сухій надземній масі кукурудзи на листя, стебла, віяла, стрижні (з ніжкою) та обгортки в середньому припадає до 60%, а на зерно близько 40%. При цьому в зерні зі стрижнями на останні припадає до 18%. З урожаєм кукурудзи відчужується 70-73% біомаси, а кількість решток менша за інші культури. Для механізованого збирання кукурудзи на зерно краще використовувати скоростиглі гібриди, що мають міцні стебла і невелику листову масу, характеризуються дружнім досяганням, качани мають бути вертикально орієнтованими з обгортками, що легко відділяються [35].

Таблиця 3.7. – Вологість зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, % (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Календарні дати						
		01.09	06.09	11.09	16.09	21.09	24.09	30.09
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	29,9	28,6	26	25,8	20,5	20,1	15,5
	70	31,4	28,4	27,3	24,9	23,7	21,8	16,7
	80	32,5	31,4	27,8	28,6	23,3	22,7	18,3
	90	33,2	30,1	28,3	27,3	24,4	22,5	18,8
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	30,4	29,6	27,1	25,3	23,5	19,3	17,5
	70	33,2	32,4	29,9	28,1	26,3	22,1	20,3
	80	34,4	32,9	28,1	29,9	26,3	22,8	21
	90	34,4	33,7	28,1	29,9	27,2	23,5	21,3
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	39,3	35,9	32,1	28,7	28,3	23,8	20,5
	70	42,1	38,7	34,9	31,5	31,1	26,6	23,3
	80	42,4	40,4	35,6	32,1	30,1	27,3	24,3
	90	44,7	41,4	37,8	33,2	32,3	28,3	26,5

Аналіз табличних даних ілюструє пряму кореляцію між густиною стояння рослин та вологістю зерна, адже збільшення густоти від 60 до 90 тис.

рослин/га призводить до зростання вологості протягом усього облікового періоду, що є наслідком погіршення світлового режиму та аерації у більш загущених посівах. Крім того, гібрид ДКС 4598 (ФАО 360) демонструє стабільно вищу вологість порівняно з ДКС 3972 (ФАО 300). Наприклад, на кінцеву дату 30.09 мінімальна вологість для ФАО 300 становить 15,5%, тоді як для ФАО 360 – 20,5%, що є критичною різницею при плануванні збиральної кампанії та подальшого сушіння.

З іншого боку, незалежно від гібрида та густоти стояння, простежується загальна тенденція до зниження вологості зерна з плином часу, що відображає процес природної вологовіддачі. Найбільш суттєве зниження вологості для обох гібридів досягається у варіантах із мінімальною густотою стояння, оскільки вона забезпечує оптимальні умови для доступу повітря та світла. З цього можна зробити висновок: для мінімізації витрат на доробку необхідно не лише обирати гібрид із відповідним ФАО для конкретної кліматичної зони, але й оптимізувати густоту стояння з метою прискорення досягнення зерна в полі та досягнення базисної вологості до початку масового збирання.

3.5. Індивідуальна продуктивність

Урожайність кукурудзи визначається середньою продуктивністю однієї рослини і кількістю рослин на одиницю площі. За впливу густоти стояння рослин доволі серйозно змінюються такі елементи продуктивності, як маса 1000 зерен, довжина качана, озерненість качана, а також загальна кількість качанів на рослинах. Варто зазначити, що при відхиленні густоти стояння рослин в напрямку до зрідження, то показники будуть збільшуватись, а при відхиленні до загущення посівів, то показники демонструватимуть тенденцію до зменшення.

Результати досліджень демонструють обернену залежність між рівнем густоти стояння рослин кукурудзи та ключовими елементами структури врожаю. Зокрема, у діапазоні збільшення густоти від 60 до 80 тис. рослин/га

виявлено стійку тенденцію до зниження як кількості зерен у качані, так і маси зерна з одного качана, що пояснюється посиленням внутрішньовидової конкуренції за лімітуючі ресурси у більш загущених агроценозах і негативно позначається на процесах формування генеративних органів та наливу зерна, призводячи до депресії індивідуальної продуктивності рослин [12]. При цьому варто враховувати, що урожайність кукурудзи за однакових густот стояння, але з різним рівнем вологозабезпечення може формувати різні значення, і в такому випадку, лімітуючим фактором є волога, навіть попри усі спроби оптимізувати технологічні операції з вирощування кукурудзи.

Згідно з дослідженнями було з'ясовано, що у роки з низьким рівнем опадів (105 мм) максимальну врожайність 6,2 т/га досягнуто за відносно низької, як для Полтавської області, густоти 58 тис. /га, що підтверджує негативний вплив загущення за дефіциту ґрунтової вологи. Натомість, у сприятливих за вологозабезпеченістю роках, із значно вищим рівнем опадів (286 мм) гібриди забезпечували високу продуктивність, забезпечивши максимальну врожайність 10,4 т/га за значно більшої густоти стояння 78 тис./га, а мінімальна врожайність не опускалася нижче 9,1 т/га [20].

Таблиця 3.8. – Індивідуальна продуктивність рослин гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Кількість рослин, %		
		з одним качаном	з двома качанами	без качанів
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	86	14	
	70	91	9	
	80	94	6	
	90	97	2	1
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	94	6	
	70	98	2	

	80	94	4	2
	90	97	2	1
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	93	7	
	70	96	4	
	80	95	5	
	90	88	9	3

Результати дослідження показують, що оптимальна густина стояння рослин є компромісом між максимальною кількістю рослин на одиниці площі та мінімізацією конкуренції, яка знижує індивідуальну продуктивність. Основна тенденція даних полягає в тому, що з підвищенням щільності посіву індивідуальна продуктивність рослин знижується.

Зокрема, зростання густоти стояння обмежує прояв генетичної схильності до багатокачанності: у менш щільних посівах багатокачанний тип продуктивності проявляється активніше, тоді як у щільних посівах домінує монокачанний тип. Найкритичнішою формою цього явища є рослини без качанів на гранично високих густотах через нераціональне використання площі живлення.

Цей ефект найбільш виражений у гібриду ДКС 4391, де частка таких рослин досягала 3%, що свідчить про його нижчу стресостійкість до ущільнення агроценозу і окреслює верхню межу економічно доцільної норми висіву.

3.6. Формування елементів структури урожаю зерна

Аналізуючи дослідження, можна простежити тенденцію залежності формування структурних елементів врожаю кукурудзи від густоти стояння. У досліджах було виявлено, що густина стояння 70 тис. рослин/га забезпечує оптимальний баланс між кількістю рослин та їхнім ресурсним забезпеченням, оскільки за цієї величини показника було досягнуто максимальні показники усіх кількісних ознак качана. Крім цього, ця густина сформувала найвищу

масу зерна з качана у межах усіх досліджуваних гібридів. Загущення посівів на рівні 100 тис./га призводить до депресії морфологічних ознак у прояві зменшення діаметру качана на 0,6-1,5 см [26].

Таблиця 3.9. – Елементи структури врожаю залежно від густоти стояння рослин (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Довжина качана, см	Маса зерен з одного качана, г	Вихід зерна,%
ДКС 3972 (ФАО 300)	60	18,6	164,2	79,6
	70	18,3	145,0	79,1
	80	17,9	122,4	78,7
	90	17,3	101,4	78
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	19,2	172,5	82
	70	18,9	153,3	80,9
	80	18,3	124,1	80,7
	90	18	104,9	80,2
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	17,4	168,8	83,3
	70	17,2	152,1	82,5
	80	17,1	118,6	82,4
	90	16,8	98,1	81,3

Аналіз впливу густоти стояння рослин на елементи структури врожаю кукурудзи (середнє за 2024–2025 рр.) показує, що підвищення густоти стояння суттєво впливає на морфологічні та продуктивні показники гібридів. Для всіх трьох розглянутих гібридів – ДКС 3972 (ФАО 300), ДКС 4598 (ФАО 360) та ДКС 4391 (ФАО 350) – спостерігається тенденція до зменшення

довжини качана з ростом густоти: у ДКС 3972 вона зменшується з 18,6 см при 60 тис./га до 17,3 см при 90 тис./га; у ДКС 4598 – з 19,2 см до 18,0 см; у ДКС 4391 – з 17,4 см до 16,8 см. Це свідчить про зростання конкуренції між рослинами за ресурси при високій густоті стояння.

Маса зерен з одного качана також зменшується зі збільшенням густоти. Для ДКС 3972 вона падає з 164,2 г до 101,4 г, для ДКС 4598 – з 172,5 г до 104,9 г, а для ДКС 4391 – з 168,8 г до 98,1 г. Водночас вихід зерна зменшується менш різко: у ДКС 3972 з 79,6% до 78%, у ДКС 4598 – з 82% до 80,2%, у ДКС 4391 – з 83,3% до 81,3%, що свідчить про певну пластичність гібридів у використанні ресурсів.

Порівняльний аналіз показує, що ДКС 4391 має найвищу початкову масу зерен і вихід, але найбільше реагує на підвищення густоти, тому його врожайність максимальна при середній густоті 70 тис./га. ДКС 4598 демонструє стабільне зростання врожайності з підвищенням густоти, досягаючи максимальних значень при 90 тис./га. ДКС 3972 показує поступове збільшення врожайності зі збільшенням густоти, але подальше підвищення густоти обмежене зменшенням маси качана.

Загалом, оптимальна густота стояння для максимального врожаю окремого качана у всіх гібридів лежить у межах 60–70 тис./га, тоді як максимальна врожайність у цілому поле можлива при вищих густотах для більш пластичних гібридів, таких як ДКС 4598. Таким чином, для ефективного використання ресурсів і отримання високої врожайності слід враховувати як вибір гібриду, так і оптимальну густоту стояння.

3.7. Урожайність зерна гібридів кукурудзи

Урожайністю зерна вважається співвідношення кількості рослин на одиницю площі до їх індивідуальної продуктивності. Тому при оптимальному підборі густоти стояння рослин можна добитись високого та стабільного врожаю зерна та понизити витрати на його післязбиральне досушування.

Дослідження, які присвячені вивченню густоти стояння рослин як фактору врожайності гібридів кукурудзи, чітко демонструють тенденцію до зниження врожайності гібридів кукурудзи при загущенні посівів понад оптимальний показник густоти [8].

Дослідження вчених виявили залежність урожайності гібридів кукурудзи від групи ФАО та густоти стояння рослин. Загальна тенденція полягає в тому, що для кожної групи стиглості існує своя оптимальна густота посіву, вихід за межі як у бік зрідження, так і в бік надмірного загушення якої призводить до зниження врожайності (рис. 3.1).



ДКС 3972 (ФАО 300)

ДКС 4391 (ФАО 350)



ДКС 4598 (ФАО 360)

Рис. 3.1. – Формування елементів структури врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння від 60 до 90 тис./га, 2025

Загалом, чітко видно, що зі зменшенням розміру качана знижується і його врожайність. Це підтверджує вплив густоти стояння та інших факторів на структуру та продуктивність качанів, адже більша густина зазвичай призводить до зменшення розміру і маси зерен.

За даними обліку врожаю на наших дослідках встановлено, що величина даного показника за роки досліджень суттєво залежала від густоти стояння рослин, морфобіологічних особливостей гібридів та безпосередньо від умов року. За даними дослідження встановлено, що урожайність зерна кукурудзи залежала від густоти стояння рослин, погодних умов, генетичних та морфобіологічних особливостей гібридів. У 2025 році гібриди сформували найбільшу врожайність, що обумовлено кращою вологозабезпеченістю, як на початкових стадіях вегетації, так і на критичний період по волозі, такий як викидання-цвітіння волотей (табл. 3.10).

Таблиця 3.10. – Урожайність зерна кукурудзи за вологості 14% в залежності від густоти стояння рослин, т/га

Гібриди	Густина стояння	Урожайність по роках		Середнє за 2024-2025	± до контролю,
		2024	2025		

	рослин, тис./га			pp.	т/га
ДКС 3972 (ФАО 300) (контроль)	60	8,76	10,93	9,85	-
	70	9,03	11,26	10,15	-
	80	8,76	10,81	9,79	-
	90	8,21	10,05	9,13	-
ДКС 4598 (ФАО 360)	60	9,34	11,35	10,35	0,50
	70	9,45	12,01	10,73	0,58
	80	8,82	11,03	9,93	0,14
	90	8,71	10,16	9,44	0,31
ДКС 4391 (ФАО 350)	60	9,31	10,95	10,13	0,28
	70	9,67	11,62	10,65	0,5
	80	8,24	10,74	9,49	-0,3
	90	8,00	9,65	8,83	-0,3

*НІР_{0,95} для густоти
для гібридів*

*0,24 0,11
0,18 0,08*

Таблиця містить дані про врожайність трьох гібридів кукурудзи ДКС 3972 (ФАО 300), який є контролем, а також ДКС 4598 (ФАО 360) і ДКС 4391 (ФАО 350) – за різних густот стояння рослин: 60, 70, 80 і 90 тисяч рослин на гектар.

Для контролю (ДКС 3972) максимальна середня врожайність за два роки була за густоти 70 тис./га – 10,15 т/га, при цьому підвищення густоти до 90 тис./га знизило врожайність до 9,13 т/га.

Гібрид ДКС 4598 демонструє стабільне перевищення врожайності контролю. Максимальний середній врожай 10,73 т/га припадає на густоту 70 тис./га, що на 0,58 т/га більше за контроль. Навіть при 90 тис./га врожайність лишається порівняно високою – 9,44 т/га.

ДКС 4391 також має високі показники при 60 і 70 тис./га (максимум 10,65 т/га при 70 тис./га, що на 0,5 т/га вище за контроль). Однак при

збільшенні густоти до 80 і 90 тис./га врожайність різко знижується до 9,49 та 8,83 т/га відповідно, що нижче за контрольні значення.

Отже, загальна тенденція для усіх гібридів – оптимальна густина стояння знаходиться в межах 60–70 тис./га, при якій досягається максимальний врожай. Збільшення густоти понад цей рівень призводить до зниження врожайності, особливо помітного у гібридів ДКС 3972 і ДКС 4391.

Гібрид ДКС 4598 показує найкращу пластичність до зміни густоти і має найбільший потенціал для високої врожайності у широкому діапазоні густоти стояння.

3.8. Економічна ефективність виробництва кукурудзи

Економічна ефективність є ключовим індикатором, що визначає доцільність та успішність господарської діяльності у вирощуванні кукурудзи. Вона відображає комплексне співвідношення між отриманими результатами, зокрема валовим збором продукції, та понесеними на це витратами, як матеріальними, так і трудовими. У сучасних ринкових умовах, коли аграрний сектор стикається з постійними викликами, такими як коливання цін на ресурси та готову продукцію, нестабільні погодні умови та зростаюча конкуренція, досягнення високого рівня ефективності стає головним пріоритетом для кожного агровиробника [39].

Таблиця 3.11. – Економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібриди	Густина стояння рослин, тис./га	Урожайність, т/га	Вартість 1 т зерна, грн	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі витрати грн./га	Чистий прибуток грн./га	Собівартість 1 т зерна, грн	Рівень рентабельності, %
ДКС 3972	60	9,85	8 200	80 770	38 317	42 453	4 310	110,8
	70	10,15	8 200	83 230	38 967	44 263	4 361	113,6

(ФАО 300)	80	9,79	8 200	80 278	39 617	40 661	4 153	102,6
	90	9,13	8 200	74 866	39 267	35 599	3 899	90,7
ДКС 4598	60	10,35	8 200	84 870	38 317	46 553	4 498	121,5
	70	10,73	8 200	87 986	38 967	49 019	4 568	125,8
(ФАО 360)	80	9,93	8 200	81 426	39 617	41 809	4 210	105,5
	90	9,44	8 200	77 408	39 267	38 141	4 040	97,1
ДКС 4391	60	10,13	8 200	83 066	38 317	44 749	4 417	116,8
	70	10,65	8 200	87 330	38 967	48 363	4 541	124,1
(ФАО 350)	80	9,49	8 200	77 818	39 617	38 201	4 025	96,4
	90	8,83	8 200	72 406	39 267	33 139	3 753	84,4

Дослідження показало, що економічна ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від густоти стояння рослин. У ДКС 3972 оптимальна густина для економічного ефекту становила 70 тис./га, при якій врожайність досягала 10,15 т/га, чистий прибуток складав 44 263 грн/га, а рентабельність – 113,6%. При збільшенні густоти до 90 тис./га врожайність знизилася до 9,13 т/га, а прибуток і рентабельність зменшилися до 35 599 грн/га і 90,7% відповідно.

ДКС 4598 демонструє найвищу економічну ефективність серед усіх гібридів. Максимальний прибуток і рентабельність зафіксовані при густоті 70 тис./га: 49 019 грн/га та 125,8%. Навіть при 60 тис./га цей гібрид залишався високорентабельним (46 553 грн/га, 121,5%). Збільшення густоти до 90 тис./га знижує прибуток до 38 141 грн/га, рентабельність – до 97,1%.

ДКС 4391 також показує найкращі економічні результати при густоті 70 тис./га (48 363 грн/га, 124,1%). При 80–90 тис./га прибуток і рентабельність значно падають (38 201 і 33 139 грн/га; 96,4% і 84,4% відповідно).

Отже, для всіх трьох гібридів оптимальна густина стояння рослин для досягнення високої економічної ефективності 70 тис./га. ДКС 4598 є найбільш прибутковим і стабільним гібридом. Підвищення густоти понад

оптимальне значення знижує врожайність, прибуток і рентабельність, особливо у ДКС 3972 та ДКС 4391. Собівартість 1 т зерна коливалася в межах 3 753–4 568 грн, при цьому максимальний економічний ефект досягається при середній густоті 70 тис./га.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз даних показав, що всі три гібриди кукурудзи демонструють послідовне збільшення висоти рослин зі зростанням густоти стояння від 60 до 90 тис./га. Найбільш помітний приріст спостерігається між 60 і 70 тис./га, що свідчить про активну реакцію рослин на ущільнення посіву. Максимальна висота досягала 239,1 см при густоті 90 тис./га, причому гібрид ДКС 4598 забезпечував найвищі показники на більшості фаз росту. Таким чином, міжрослинна конкуренція є основним чинником, який стимулює вертикальний ріст кукурудзи незалежно від групи стиглості.

2. Дослідження показали, що площа листкового апарату кукурудзи зростає від фази 7–8 листків до фази цвітіння, після чого зменшується у фазу молочної стиглості. На ранніх етапах (7–8 листків) гібриди ДКС 4391 та ДКС 4598 мали більшу площу листків (7,7–10,1 тис. м²/га) порівняно з ДКС 3972 (7,3–8,3 тис. м²/га). У фазі 11–12 листків площа листків зростала до 21,0–26,3 тис. м²/га, з максимумом у ДКС 4391. До фази цвітіння площа листків досягла оптимуму – 39,0–45,0 тис. м²/га, при цьому варіабельність показників становила 10,6%. У фазу молочної стиглості площа листків зменшилась на 13–14 тис. м²/га порівняно з фазою цвітіння через завершення ростових процесів і засихання нижніх листків.

3. Фотосинтетичний потенціал кукурудзи зростає від фази 7–8 листків до цвітіння, досягаючи максимуму при густоті 70 тис./га, а надмірне ущільнення (80–90 тис./га) знижує його через затінення листків. У фазу молочної стиглості показники також найбільші при 70 тис./га і зменшуються при більшій густоті. Оптимальна густина для високого фотосинтезу всіх гібридів 70 тис./га.

4. Густина стояння рослин значно впливає на водоспоживання та ефективність використання води. Загальні витрати вологи за період вегетації зростають зі збільшенням густоти: у гібрида ДКС 3972 від 362 мм при 60 тис./га до 446 мм при 90 тис./га, у ДКС 4391 – від 388 мм до 471 мм. Запаси вологи в ґрунті при повній стиглості зменшуються зі зростанням густоти: у

ДКС 4598 вони знижуються з 79 мм до 36,6 мм, що свідчить про активніше використання води рослинами в щільних посівах.

5. Аналіз показує пряму залежність між густиною стояння рослин та вологістю зерна. Зі збільшенням густоти від 60 до 90 тис./га вологість зерна зростає протягом усього облікового періоду через погіршення світлового режиму та аерації в загущених посівах. Гібрид ДКС 4598 (ФАО 360) демонструє стабільно вищу вологість порівняно з ДКС 3972 (ФАО 300). Так, на 30.09 мінімальна вологість ФАО 300 становить 15,5%, а ФАО 360 – 20,5%, що має значення для планування збирання та сушіння зерна.

6. Підвищення густоти стояння рослин призводить до зменшення довжини качана та маси зерен у всіх трьох гібридів. Довжина качана зменшувалася: ДКС 3972 – з 18,6 до 17,3 см, ДКС 4598 – з 19,2 до 18,0 см, ДКС 4391 – з 17,4 до 16,8 см. Маса зерен з одного качана також знижувалася: ДКС 3972 – з 164,2 до 101,4 г, ДКС 4598 – з 172,5 до 104,9 г, ДКС 4391 – з 168,8 до 98,1 г. Водночас вихід зерна зменшувався менш різко, що свідчить про певну пластичність гібридів у використанні ресурсів.

7. Для контролю (ДКС 3972) максимальна середня врожайність за два роки досягалася при густоті 70 тис./га – 10,15 т/га, а підвищення густоти до 90 тис./га знизило врожайність до 9,13 т/га. Гібрид ДКС 4598 стабільно перевищує контроль, з максимальним врожаєм 10,73 т/га при густоті 70 тис./га та високою врожайністю навіть при 90 тис./га (9,44 т/га). ДКС 4391 показує високі результати при 60–70 тис./га (максимум 10,65 т/га), проте при 80–90 тис./га врожайність падає до 9,49–8,83 т/га, нижче за контроль. Оптимальна густина стояння для високої врожайності всіх гібридів – 70 тис./га. Збільшення густоти понад цей рівень знижує врожайність, особливо у ДКС 4391.

8. Економічна ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від густоти стояння рослин. Для всіх трьох гібридів оптимальна густина для високого прибутку та рентабельності становить 70 тис./га. При цій густоті врожайність, чистий прибуток і рентабельність досягають

максимальних значень (наприклад, ДКС 4598: 10,73 т/га, 49 019 грн/га, 125,8%). Збільшення густоти понад оптимальне значення знижує врожайність, прибуток і рентабельність, особливо у ДКС 3972 та ДКС 4391. Собівартість 1 т зерна коливалася в межах 3 753–4 568 грн, що підтверджує економічну перевагу середньої густоти 70 тис./га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для формування стабільної врожайності зерна кукурудзи на рівні 10–12 т/га рекомендується висівати гібрид ДКС 4598 (ФАО 360) та формувати передзбиральну густоту 70 тис. рослин/га. Така густота забезпечує оптимальний розвиток рослин, максимальний фотосинтетичний потенціал, ефективне використання води та високу економічну ефективність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. EBA Statistical Report 2022 : Open Interactive Version / European Biogas Association (EBA). - Брюссель, 2022. - Режим доступу: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/> (дата звернення: 03.10.2025).
2. FAOSTAT: статистична база даних / Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй (ФАО). - Режим доступу: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 02.10.2025).
3. FSIN and GNAFC. 2025. GRFC 2025. Rome. <https://doi.org/10.71958/wfp130664>
4. PUJOL PALOL, MIQUEL (2008). Les plantes cultivades. 1. Cereals. I.S.B.N.: 84-609-4590-1.
5. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. Heterosis. Handbook of maize: Its biology. N.Y: Springer Science+Business Media, 2009. P. 457-467
6. Азуркін В.О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу / В.О. Азуркін, І.С. Поліщук, В.А. Мазур // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. Сер.: Сільськогосподарські науки. - 2011. - Вип. 8 (48). - С. 27-30.
7. Андрієнко О. О. Вплив густоти стояння гібридів кукурудзи на формування площі асиміляційної поверхні / О. О. Андрієнко // Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (20 листопада 2020 р.). - 2020. - С.22-24
8. Андрієнко О. О., Васильковська, К. В., & Резніченко, В. П. (2020, November). Густота стояння рослин як фактор врожайності гібридів кукурудзи. In VIII International Scientific and Practical Conference “Modern problems in science (pp. 28-31).
9. Антоненко О., Довгеля, О., & Бачинський, О. Вплив системи удобрення та густоти стояння посівів на висоту рослин кукурудзи. Живлення рослин, технології та інновації: матеріали Всеукраїнської, 16.

10. Аспекти вирощування кукурудзи //М. Г. Цехмейструк, Н.М. Музафаров, К. М. Манько // Журнал «Агробізнес сьогодні» - 2014. - № 8
11. Біоетанол - практика та застосування [Електронний ресурс] / ПрАТ «Українська технологічна компанія». - Київ, 2019. - Режим доступу: https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/10/bioethanol_utc_experience-1.pdf (дата звернення: 02.10.2025).
12. Богомаз, С. О. (2024). Формування елементів структури врожаю та урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та удобрення. Сільське господарство та лісівництво. 2024.№ 3 (34). С. 208-218. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-18.
13. Бомба, М., Дудар, І., Литвин, О., Тучапський, О., & Апостол, М. (2013). Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія, (17 (2)), 64-67.
14. Бучковська, В. А. Годівля тварин і технологія кормів [Електронний ресурс] : конспект лекцій (розділ 1 та 2) для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти / В. А. Бучковська. - Кам'янець-Подільський, 2022. - Режим доступу: <http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/11739/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BB%D1%8F.pdf> (дата звернення: 02.10.2025).
15. Васильківський С.П. Селекція і насінництво польових культур: підручник / С.П. Васильківський, В.С. Кочмарський. - Біла Церква, 2016. - 376 с.
16. Ващенко В. Ресурсозберігаючі технології у рослинництві / В. Ващенко, О. Бондарєва // Техніка АПК.- 2016.- №4.- С. 27-28.
17. Визначення фази розвитку кукурудзи. Pioneer: веб-сайт. Режим доступу: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Ukraine_Intl/agronomy/staging-corn-growth.pdf (дата звернення: 26.07.2025)

18. Вожегова Р.А., Дробіт О.С., Шебанін В.С., Дробітько А.В. Вирощування гібридів кукурудзи інтенсивного типу в умовах змін клімату за зрошення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 67 (II). С. 29-43. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-2

19. Вожегова, Р., Лавриненко, Ю., Марченко, Т., Пілярська, О., & Скакун, В. (2023). Удосконалення елементів агротехніки вирощування нових гібридів кукурудзи в умовах центрального Лісостепу України. Вісник аграрної науки, 101(11), 5-10.

20. Вплив структурних показників на врожайність кукурудзи. Superagronom: веб-сайт. Режим доступу: <https://superagronom.com/blog/254-vpliv-strukturnih-pokaznikiv-na-vrojajnist-kukurudzi> (дата звернення: 11.09.2025)

21. Гелетуша, Г. Г. Перспективи виробництва біометану в Україні / Г. Г. Гелетуша // Біоенергетична асоціація України (UABIO). - 2023. - Режим доступу: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/03/Geletuha-biometan-15-bereznaya-2023.pdf> (дата звернення: 03.10.2025).

22. Гетман, Н. Я. Формування врожаю кукурудзи залежно від густоти стояння рослин за мінерального фону живлення / Н. Я. Гетман // Сільське господарство та лісівництво. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку. - 2024. - № 33. - С. 55-56.

23. Глупак З.І., Горпінченко В.М. (2022). Урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин. «HONCHARIVSKI CHYTANNYA» dedicated to the 93 th anniversary of Doctor of Agricultural Sciences professor Mykolay Dem'yanovych Honcharov, 25 May 2022, 56.

24. Глупак, З. І., & Бутенко, А. О. (2022). Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості та густоти стояння в умовах Лісостепу України. Вісник Уманського національного університету садівництва, (2), 5-10.

25. Годівля сільськогосподарських тварин : лекції для студентів факультету ветеринарної медицини. - Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України - Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86_%D0%B9%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4_%D0%B2%D0%BB%D1%8F%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD.pdf (дата звернення: 02.10.2025).

26. Грабовський М.Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. Наукові горизонти. 2019. № 7 (80). DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-15-21.

27. Гудзь В. П., Лісовал А. П., Андрієнко В. О., Рибак М. Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії: Підручник. За редакцією В. П. Гудзя. Друге видання, перероблене та доповнене. - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 408 с.

28. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будионний Ю.В., Танчик С.П. / Землеробство// Центр учбової літератури, 2010. - 464 с.

29. Дудка М.І., Якунін О.П. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від способу сівби та густоти стояння рослин в Північному степу України. Зернові культури. Том 7. № 1. 2023. с. 76-84 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0261>

30. Заверталюк В.Ф. Реакція гібридів кукурудзи на рівень мінерального живлення і густоту стояння рослин. // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. - 2001. - С. 70-72.

31. Інфографічний довідник Агробізнес України 2023/24 [Електронний ресурс] / [уклад. Agribusiness in Ukraine]. - 2024. - Режим доступу: https://agribusinessinukraine.com/get_file/id/the-infographics-report-ukrainian-agribusiness-2024.pdf (дата звернення: 02.10.2025).

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

33. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 1 кн. Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.

34. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.

35. Каленська С. М., Єременко О. А., Таран В. Г., Крестьянінов Є.В., Риженко А.С. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. Вип. 25. С. 48-57.

36. Каталог продукції DEKALB Україна. URL: <https://www.dekalb.ua/katalog-produkcii/elektronnij-katalog> (дата звернення: 15.07.2025)

37. Кириченко В. В., Гур'єва І. А., Кузьмишина Н. В., Рябчун В. К., Чернобай Л. М. Інтенсифікація використання генофонду кукурудзи в гетерозисній селекції. За редакцією академіка НААН В. В. Кириченка, НААН Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2019. 326 с.

38. Клімат Чернігівської області. Чернігівський обласний центр з гідрометеорології: веб-сайт. Режим доступу: <https://ch-pogoda.com.ua/index.php/home/klimat> (дата звернення: 28.08.2025)

39. Коваленко, І. М. Вплив технології вирощування кукурудзи на зерно на урожайність та економічну ефективність в умовах Лівобережного Лісостепу України / І. М. Коваленко, І. М. Масик // Таврійський науковий вісник. - 2018. - № 99. - С. 67-76.

40. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017-2024 рр. Superagronom: веб-сайт. Режим доступу:

<https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-uroжайnist-zernovoyi-za-2017-2024-rr> (дата звернення: 17.06.2025)

41. Лихочвор В. В. Практичні поради з вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: НВФ Українські технології, 2001. 128 с.

42. Мазур В.А., Шевченко Н.В., Яковець Л. А. Агро-біологічні особливості вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біоетанолу в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: ТОВ "Друк" 288 с.

43. Мазур, В. А. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування / В. А. Мазур, О. І. Циганська, Н. В. Шевченко // Сільське господарство та лісівництво. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку. - 2018. - № 8. - С. 5-13.

44. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 3. С. 11-14.

45. Мелешко, І. О. Сучасний сортимент гібридів кукурудзи на зерно на українському ринку / І. О. Мелешко, О. В. Сидякіна // Сучасна наука: стан та перспективи розвитку : матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених з нагоди Дня науки (19 трав. 2021 р.). - Херсон, 2021. - С. 58-63.

46. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.

47. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин: Підручник. – К.: Вища освіта, 2006. 463 с

48. Мурач, О. М. Реалізація генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи за рахунок оптимізації густоти рослин / О. М. Мурач, Д. Р. Лемешев, С. І. Бердін // Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту : матеріали наук. конф. (16 черв. 2022 р.). - Суми, 2022. - С. 116-118.

49. Носов С.С. Біометричні показники та зернова продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби і густоти

стояння рослин в умовах північної підзони Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2014. № 2 (34). С. 86-90.

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

51. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Мазур В.А., Паламарчук О.Д.. Підручник: Новітні агротехнології у рослинництві - Вінниця, 2017. - 602 с.

52. Паламарчук, В. Д. Характеристика гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен та продуктивністю залежно від елементів технології [Електронний ресурс] / В. Д. Паламарчук // Вісник Уманського національного університету садівництва. - 2018. - № 1. - С. 38-42. - Режим доступу: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/18662.pdf> (дата звернення: 04.10.2025).

53. Поліщук М.І., Хавхун А.А. Шляхи підвищення врожайності гібридів кукурудзи в умовах потепління клімату. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки. 2023. №2 (39). С. 54-59

54. Полоус Г.П. Основні елементи методики польового дослідження: Навчальний посібник/Г.П.Полоус. - Ставрополь: СтавГАУ, 2009. - 108 с

55. Поляков В. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та системи удобрення. Новітні технології в АПК: дослідження та управління. 2020. Вип. 27(41). С. 240-249.

56. Скакун, В. М., & Марченко, Т. Ю. (2022). Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. Аграрні інновації, (16), 135-142.

57. Таран В.Г., Каленська С.М., Новицька Н.В., Данилів П.О. Стабільність та пластичність гібридів кукурудзи залежно від системи

удобрення та густоти стояння рослин в Правобережному Лісостепу України. Біоресурси і природокористування. 2018. Т.10. №3-4. С.147-156.

58. Технологія виробництва продукції рослинництва. І частина [Електронний ресурс] : електронний посібник. - Київ : Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти, 2022. - Режим доступу: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/tehn_vur_prod_rosl_I_chastun_a/Golovna/Golovna.htm (дата звернення: 04.10.2025).

59. Ткачук О., Бондаренко М. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 24. С. 182-191

60. Філіпов Г.Л., Яремко Л.С. Фотосинтетична діяльність зрошуваної кукурудзи в посівах різної структури. Бюлетень інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 21-23.

61. Шевчук Р.І., Вільчинська Л.А. Окремі елементи технології вирощування кукурудзи. Матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції «Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика» - Тернопіль, 2019. с. 229 - 230.

62. Шпаар, Д., Гінапп К., Дрегер Д., Захаренко А., Каленська С. та ін. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання. К.: Альфа-стевія ЛТД, 2009. 396 с.

63. Штукін, М. О., & Оничко, В. І. (2013). Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія, (11), 212-217.

64. Якунін О.П., Заверталюк В.Ф., Губар О.В. [та ін.] Кукурудза харчова (технологічні аспекти вирощування) : монографія / за ред. О. П. Якуніна. - Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. - 208 с.