

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

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного  
рослинництва  
факультету

\_\_\_\_\_ **Віталій КОВАЛЕНКО**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«ОПТИМІЗАЦІЯ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ  
КУКУРУДЗИ НА ЧОРНОЗЕМАХ ТИПОВИХ»**

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

**Гарант освітньої програми**  
доктор с.-г. наук, професор

**Світлана КАЛЕНСЬКА**

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи,**  
доктор с.-г. наук, професор

**Світлана КАЛЕНСЬКА**

**Виконав**

**Віталій МОКРІЄНКО**

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри рослинництва  
доктор с.-г. наук, професор \_\_\_\_\_ Каленська С.М.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ СТУДЕНТУ  
МОКРІЄНКО ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

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

Тема випускної магістерської роботи: «Оптимізація адаптивної технології вирощування кукурудзи на чорноземах типових», яка затверджена наказом ректора НУБіП України від 12.12.2024 р. № 2220 «С». Термін подання магістерської кваліфікаційної роботи для обговорення результатів експериментальних досліджень та практичного їх значення на кафедрі рослинництва 15.10.2025 р.

Мета та завдання магістерської роботи, які підлягають теоретичному обґрунтуванню, науковому та практичному дослідженню:

**1. Об'єкт досліджень** – ріст і розвиток рослин кукурудзи, лінійні процеси, фотосинтез та показники фотосинтетичної діяльності посівів, індивідуальна продуктивність гібридів кукурудзи: передзбиральна густина стояння рослин (загальне виживання): маса зерна з початку, кількість рядів зерен і їх кількість у ряду (кількість зерна з початку).

**2. Предмет досліджень** – оптимізовані елементи адаптивної технології вирощування кукурудзи (підбір гібридів за ФАО та формування оптимальної

густоти стояння рослин на час збирання врожаю), що забезпечать ефективне використання ґрунтово-кліматичних ресурсів та формування економічно обґрунтованого рівня врожайності зерна.

### **3. Аналіз ґрунтових та погодно-кліматичних умов:**

- провести оцінку рівня забезпечення ґрунту елементами мінерального живлення на основі результатів агрохімічного обстеження;

- аналіз умов вегетаційного періоду з акцентом на температурні коливання, особливо у критичні періоди росту й розвитку та формування індивідуальної продуктивності кукурудзи;

- визначити запаси доступної вологи для рослин на час сівби та простежити в динаміці рівень вологозабезпечення посівів;

- виконати розрахунок потенційної урожайності зерна кукурудзи з урахуванням кліматичних чинників – теплових ресурсів, водного балансу й агровиробничої якості ґрунтів, та зіставити отримані теоретичні (розрахункові) показники з фактичними результатами польових досліджень.

**4. Методика проведення досліджень** – при проведенні польових досліджень методичною основою були науково-практичні рекомендації щодо проведення досліджень у агрономії опубліковані наступними вченими: В.Г. Дідора, О.Ф. Смаглій, Е.Р. Ермантраут (2013), А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська (2016) та В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз, В.П. Опришко (2014).

**5. Аналіз та узагальнення отримання результатів наукових досліджень** – обґрунтувати стан вибраного напрямку досліджень і результати експериментальних (польових) досліджень, дати наукове пояснення отриманих результатів, сформулювати висновки та рекомендації виробництву.

Дата видачі завдання “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_  
КАЛЕНСЬКА

Світлана

( підпис )

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Віталій МОКРІЄНКО

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Кліматичні зміни в останні роки обумовили коливання продуктивності кукурудзи, що і обґрунтувало необхідність досліджень щодо оптимізації адаптивної технології вирощування. Вчені в галузі рослинництва відзначають, що адаптивна технологія вирощування – це система управління ростом і розвитком культурних рослин, що ґрунтується на поточній інформації про їхній стан. Цей підхід дозволяє адаптувати елементи зональної технології вирощування до конкретних умов, оптимізуючи їх для підвищення врожайності та ефективності.

Магістерська робота складається з наступних розділів: стан вивчення проблематики: наведено результати вчених-дослідників щодо формування продуктивності кукурудзи залежно від підбору гібридів кукурудзи за ФАО і формування оптимальної передзбиральної густоти стояння рослин з урахуванням морфологічних ознак і біологічних особливостей гібридів; методика проведення польових досліджень і аналіз погодних умов наведено у другому розділі, зокрема проаналізовано вплив температурного і водного режиму на ріст і розвиток рослин упродовж вегетації; аналіз і обґрунтування отриманих результатів досліджень наведено у третьому розділі (експериментальна частина), вказано на закономірності формування продуктивності рослин залежно від досліджуваних факторів досліду; висновки та рекомендації виробництву обґрунтовано змістом роботи та її науковими результатами.

Результатами експериментальних досліджень встановлено, що для формування сталих і високих урожаїв зерна кукурудзи слід обирати гібриди з ФАО від 250 до 300 та формувати передзбиральну густоту 65-70 тис/га.

**КУКУРУДЗА, РІСТ І РОЗВИТОК, ЛІНІЙНІ ПРОЦЕСИ,  
ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ, УРОЖАЙНІСТЬ, ГІБРИДИ,  
ГУСТОТА СТОЯННЯ РОСЛИН**

**ЗМІСТ**

Завдання	3
Реферат	4
Зміст	5
Вступ	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	9
1.1. Адаптація технології вирощування кукурудзи до кліматичних змін	9
1.1.1. Відношення кукурудзи до вологи	11
1.1.2. Жаро – та посухостійкість кукурудзи в умовах кліматичних змін	15
1.2. Гібрид, як елемент енергозбереження	19
1.3. Формування оптимальної густоти стояння рослин	25
РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика місця проведення досліджень	30
2.2. Методика проведення досліджень	36
РОЗДІЛ 3. РІСТ, РОЗВИТОК ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ	46
3.1. Особливості проходження міжфазних періодів	46
3.2. Лінійний ріст рослин кукурудзи	49
3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи	52
3.4. Формування врожайності зерна кукурудзи	59
3.5. Вологовіддача – як елемент ресурсоощадної технології вирощування кукурудзи	64
ВИСНОВКИ	70
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	72

## ВСТУП

Серед зернових культур сучасного аграрного виробництва України ключовою є кукурудза. Завдяки своєму універсальному призначенню – використанню на харчові цілі, для годівлі сільськогосподарських тварин та технічної переробки, вона знаходиться на другому місці після пшениці за розмірами посівних площ та на першому місці за обсягами виробництва та урожайністю. кукурудза є високомаржинальною культурою, яка користується значним попитом на зовнішньому ринку, тому і займає одні із найбільших посівних площ в Україні [1-2].

Кукурудза відноситься до інтенсивних сільськогосподарських культур, здатних за дотримання оптимальних агротехнічних заходів формувати високі врожаї. Проте період зберігання зерна, що припадає на осінній сезон, характеризується підвищеною вологістю продукції, що зумовлює необхідність додаткових ресурсних витрат на забезпечення її якісного зберігання. Біологічна специфіка гібридів кукурудзи, зокрема залежність за групою стиглості, визначає суттєві відмінності у термінах дозрівання, продуктивності, рівні вологості зерна, а отже – і у технологічних параметрах доробки та зберігання, які мають значний вплив на енергетичну ефективність агропроцесів [3].

Сучасна наука визначає пріоритетним напрямом підвищення врожайності кукурудзи впровадження інтенсивних гібридів з високим генетичним потенціалом. Враховуючи, що зернова продуктивність є генетичною ознакою, не кожен гібрид здатний окупити витрати за рахунок досягнутих урожаїв. Сьогодні на українському ринку представлено широкий асортимент гібридів, однак лише окремі з них, за умови застосування відповідної технології, можуть забезпечити врожайність на рівні 14–17 т/га [4-5].

При виборі гібридів необхідно комплексно враховувати призначення продукції, групу стиглості, потенційну врожайність, якість зерна, резистентність до патогенів і шкідників, а також адаптивність до абіотичних

стресів. В умовах значних економічних та енергетичних затрат на вирощування кукурудзи, а також дисбалансу цін на енергоносії і продукцію аграрного сектору, науково обґрунтований підбір технологічних елементів із врахуванням кліматичних особливостей є необхідним. Раціональний вибір гібридів для конкретних ґрунтово-кліматичних умов – це перший, визначальний крок для забезпечення стабільного високого врожаю [6-7].

Отже, поряд із впровадженням адаптованих високоврожайних гібридів, актуальним є розроблення та впровадження енергоефективних технологій вирощування, що максимально використовують природний енергетичний потенціал регіону. Особливо важливим є проведення досліджень у регіонах із сприятливими природно-господарськими умовами, де сума ефективних температур дозволяє вирощувати кукурудзу всіх груп стиглості з ФАО в діапазоні від 150 до 420.

# РОЗДІЛ 1

## СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ

### (Огляд літератури)

У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значущому продукту. Кукурудза є основною фуражною культурою у світі, оскільки вважається одним з кращих видів концентрованих зерна кормів для виробництва у тваринництві. Потреба в кукурудзі і сфери її застосування не обмежуються тільки харчовими цілями, продукти її переробки активно використовуються в промисловості, тваринництві та медицині.

Сьогодні кукурудза також є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі. Це обумовлено її високою врожайністю і відсутністю значних проблем у вирощуванні [2, 7]. У світі за останні десятиліття кукурудза характеризується найбільш високими темпами зростання врожайності серед зернових культур. Останніми роками намітилася тенденція збільшення площ, відведених під обробіток кукурудзи.

Адаптація сільського господарства до сучасних та майбутніх змін клімату сьогодні має вирішальне значення – ефективне планування і реалізація адаптаційних заходів на різних рівнях державних установ може допомогти в реалізації цього питання. Тому оцінка майбутніх кліматичних змін сьогодні є дуже важливою, й не тільки для сільського господарства.

#### **1.1. Адаптація технології вирощування кукурудзи до кліматичних змін**

Останнім часом усе більше набуває актуальності дискусія щодо зміни температурного режиму планети, яку часто ототожнюють із процесом глобального потепління. Однак підвищення середньодобової температури повітря пов'язане насамперед із циклічністю клімату залежно від активності сонячної радіації. Глобальне потепління сприяло зміні груп стиглості гібридів кукурудзи, строки цвітіння скоротились на 12-15 днів, а строки

дозрівання – на 18-27 днів. Більш ранні дати настання фаз вегетації можуть виражатися в додатковому врожаї за використання пізньостиглих форм або в економії енергоносіїв на сушінні. Але є й інша сторона медалі – це дефіцит вологи, в умовах потепління [155, 257, 258].

Останнім часом на території України відбулися часткові зміни атмосферної циркуляції: вологий кліматичний цикл змінився на сухий, через що підвищилися значення місцевих циклонів, зокрема чорноморських, середземноморських повітряних мас – унаслідок зменшення впливу атлантичних повітряних мас. Збільшується нерівномірність й інтенсивність опадів, тривалість бездошових періодів, зростає ймовірність агрономічно несприятливих атмосферних явищ.

В умовах потепління вирішення забезпеченості вологою вирішується ранніми строками сівби [155, 260, 261]. Глобальне потепління клімату розширює ареал вирощування кукурудзи, відкриває значні можливості зайняти нові площі на півночі, так середнє підвищення температур на 1°C відсуває кордони культивування на 200 км на північ [155].

У зональному аспекті ймовірність посух зменшується від 80-90% на південних чорноземах, на чорноземах звичайних – 40%, чорноземах типових центральної й південної частини Лісостепу – 10-20%. Тому навіть в умовах зони Лісостепу, ґрунти якого є еталоном родючості в Україні, один-два роки з десяти є посушливими з відчутним недобором урожаїв. Імовірність весняних посух з урахуванням локальних в Україні становить 84%, літніх – 98%, осінніх – 71%, зокрема надзвичайно посушливих і катастрофічних – 8,3 і 5,0% відповідно [259].

Отже, у період вегетації кукурудзи зменшилася кількість атмосферних опадів, у критичні періоди розвитку рослин відзначено зниження відносної вологості повітря, збільшення середньодобової температури повітря, що призводить до неповного запилення і, як наслідок, зменшення врожайності через череззерницю. Збільшується кількість днів із суховіями. Якщо спостерігаються атмосферні опади, то вони мають зливовий характер, що

малоефективно, а іноді й негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Також слід зазначити певну зміну характеру зволоження протягом року з погіршенням його у весняно-літній період, особливо в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. Враховуючи незначні відхилення середньорічних показників, брак опадів у вкрай потрібний час для розвитку та формування врожаю більшості культур компенсується здебільшого підвищенням їх кількості в осінній і зимовий періоди [262].

Унаслідок підвищення середньодобової температури повітря на 1,0-1,5°C відбулося подовження вегетаційного періоду на 10-15 діб, збільшення кількості теплих і сухих днів, більш раннє та різке настання теплого періоду навесні. Потепління клімату майже зняло проблему забезпечення кукурудзи теплом. І сьогодні практично немає територій, де б кукурудзі не вистачало тепла для дозрівання.

Існує кілька сценаріїв впливу змін клімату на врожайність кукурудзи. За оптимістичного сценарію можна припустити, що надалі температура підвищуватиметься в середньому в зонах Полісся до +14,7...+15,4 °С, Лісостепу +16,2...+19,0 °С, Степу +19,2...+22,1 °С. За вегетаційний період це вище за середньобагаторічний показник на 1,2-1,9 °С, 1,5-2,0 та 2,0-2,5 °С відповідно. До 2050-го прогнозується підвищення температури в зоні Полісся ще на 1,2-1,9 °С, Лісостепу – 1,5-2,0 °С, Степу – на понад 2,0-2,8°C, а прогнозовані значення середньої за вегетаційний період температури становитимуть відповідно 15,3- 16,0 °С, 17,0-19,8 та 19,8-22,9°C [46, 259].

### **1.1.1. Відношення кукурудзи до вологи**

Важливим чинником для вирощування високих рівнів урожайності кукурудзи є рівень вологозабезпечення її посівів [10-15]. Умови зволоження більшою мірою визначають продуктивність гібридів кукурудзи, аніж застосування добрив, які до того ж, за умови посухи, негативно впливають на формування врожайності [11, 16].

За вимогою до водного режиму ґрунту кукурудза відноситься до мезофітів. Вона може переносити тимчасовий дефіцит вологи в ґрунті та понижену відносну вологість повітря, особливо до утворення генеративних органів. Показником високої її посухостійкості є здатність рости в разі настання посухи до початку формування качанів, відносно легко переносити денні зав'ядання. Зав'ялі рослини за ніч відновлюють тургор і при випаданні інтенсивних опадів формують високий урожай зерна [3, 46]. Однак, тривале прив'ядання листків пригнічує ростові процеси та порушує утворення репродуктивних органів [16, 17-19].

Важливою кліматичною характеристикою ареалу поширення кукурудзи є її вологозабезпеченість. Розподілення опадів різними зонами та областями характеризується нерівномірністю як за роками, так і за періодами року. Серед кукурудзосійних зон значний дефіцит вологи відзначають майже в усіх регіонах. Період без опадів під час вегетації кукурудзи досягає 30 і більше днів (за статистикою, посушливий майже кожен четвертий рік із 10). Слід зазначити, що одні дослідники вважають кукурудзу посухостійкою культурою, інші – вологолюбною, проте в цих твердженнях немає ніяких протиріч. Кукурудза для формування високого врожаю потребує значних запасів вологи. Зокрема, для отримання врожайності зерна 6,0–6,5 т/га потрібно 480–600 мм опадів, до того ж мінімум 200 мм за вегетаційний період за умови покриття необхідної потреби ґрунтовими запасами та зволоженням повітря. Проте вологу рослини кукурудзи використовують в два рази екномніше, ніж пшениця, ячмінь, овес [12, 15].

Стійкість до посухи особливо проявляється в ранні фази розвитку до утворення генеративних органів, тому і потреба кукурудзи у волозі змінюється в процесі онтогенезу. Водночас кукурудза споживає води набагато більше, ніж інші культури, оскільки має триваліший вегетаційний період і формує потужну надземну масу [6, 20]. Слід зазначити, що одні дослідники вважають кукурудзу посухостійкою культурою [6, 7-12], яка використовується як яра страхова культура, інші – вологолюбною, проте в

цих твердженнях немає ніяких протиріч [13]. За посухостійкістю кукурудза поступається лише сорго, суданській траві та просу [13, 15]. За добу одна рослина використовує 2–4 і навіть до 6 л води, проте вона не переносить перезволоження. Оптимальна для кукурудзи вологість ґрунту складає 60–80% НВ [10, 12, 16].

Найбільш активним періодом вологоспоживання для кукурудзи є період від початку фази 10-11 листочків до кінця цвітіння, коли рослинами засвоюється 50-60% загальної кількості вологи, необхідної для формування врожаю [20]. Коливання врожайності за роками більше залежить від суми температур, ніж від вологи [13].

Вважається, що одна рослина кукурудзи середніх розмірів за вегетаційний період випаровує близько 200 л води. За густоти стояння 50000 рослин на 1 га використовується біля 10 000 т/га води [15]. За густоти стояння 40 тис. рослин на 1 га всі рослини споживають біля 8 млн л води, тобто 80 л на 1 м<sup>2</sup>, або ж 800 мм опадів [12]. Високий врожай можуть формуватися тоді, коли на фоні сприятливого температурного режиму річна сума опадів досягає не менше 400 мм, із них за вегетацію 300 мм, а гідротермічний коефіцієнт перевищує 1,0 [21]. Мінімальна кількість вологи за вегетаційний період повинна становити більше 200 мм [13], а 1 мм опадів дає можливість одержати 20 кг зерна на 1 га [22]. Сумарне водоспоживання кукурудзяного поля із середньоранніми та середньостиглими гібридами кукурудзи за вегетаційний період становить 3000- 5500 т/га (включаючи і ту, яка випаровується ґрунтом), [13, 19] тому всі елементи технології вирощування повинні бути направлені на максимальне поповнення вологи в ґрунті та раціональне її використання.

У перший період свого росту та розвитку кукурудза дає незначний приріст надземної маси, який протягом місяця після появи сходів накопичується (приблизно 1,5-2,0% зеленої маси від загального врожаю). Тому ця особливість дозволяє в роки з посушливою весною легко переносити дефіцит вологи за рахунок невеликих осінньо-зимових запасів. У цей час у

неї відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи, яка в подальшому буде забезпечувати швидкий ріст рослин [19].

На початку вегетації середньодобова витрата води рослинами кукурудзи становить до 40 м<sup>3</sup> /га [23], а в період від викидання волоті до молочної стиглості – до 80-100 м<sup>3</sup> [21, 25].

За період від сходів до утворення 15 листків (37-38 днів) середньостиглі гібриди споживають 1-8% загальної витрати води за вегетацію, від утворення 15 листків до середини молочної стиглості (біля 40 днів) – 69-73%, від середини молочної до повної стиглості зерна (30-35 днів) – 20-22% [13, 18]. Рослини середньопізніх гібридів економніше, порівняно з ранньостиглими, витрачають вологу на створення одиниці врожаю, коефіцієнт водоспоживання в них становить відповідно 533-633 і 666-781. У середньопізніх гібридів відзначено збільшення цього показника на 12-16% при загущенні стеблостою [16]. Наприкінці червня починається швидкий ріст рослин, добовий приріст яких сягає 5-10 см, а накопичення зеленої маси – 10 ц на кожний гектар [14, 22].

Витрата води рослинами істотно збільшується за підвищення температури до +30°C і зменшення відносної вологості повітря нижче 30%. У такий період на гектар посіву витрачається 50-60 м<sup>3</sup> води за добу. Фотосинтез у кукурудзи відбувається навіть за дефіциту вологи 23%, тоді як цукровий буряк починає пригнічуватись у разі водного дефіциту 15%. Однак інтенсивність фотосинтезу на зрошувальних землях, порівняно із незрошувальними, вища у 2-3 рази [3, 12].

Дефіцит вологи в період від появи сьомого листка до викидання волоті несуттєво впливає на збір зерна (він знижується всього на 4%). Завдяки жолобовидній формі та косовертикальному розміщенню листків рослина використовує навіть незначні опади, росу, які стікають по листках і стеблу до коренів. Низький водний потенціал листків хоча і лімітує фотосинтез у цей час, але відтік пластичних речовин зі стебла в качан буде продовжуватись, що позитивно впливає на формування зерна. За дефіциту вологи в період

дозрівання спостерігається передчасне відмирання листків, прискорюється дозрівання зерна [16].

Зменшення витрати води після молочної стиглості зерна пов'язано зі старінням рослин і ослабленням їх фотосинтетичної діяльності. Проте нормальна вологозабезпеченість у цей період сприяє інтенсивному переміщенню пластичних речовин із коренів, листків, стебел, обгорток і ніжок качанів у зерно [3, 11].

Специфічна потреба у воді під час основного періоду вегетації в кукурудзи на зерно складає близько 22 л/м<sup>2</sup>, у кукурудзи на силос – 38 л/м<sup>2</sup> (за вмісту в сировині для закладання на силос близько 30% сухої речовини) [9, 16].

Кукурудза, на відміну від зернових колосових культур, добре використовує опади другої половини літа і частково осені. У результаті рослини нагромаджують велику органічну масу навіть у посушливі роки [14]. Залежно від вмісту вологи в ґрунті сприятливі умови для кукурудзи в цей період створюються за випадання 80-125 мм опадів та за вологості ґрунту більше 60%. Однак часті дощі, що викликають надлишкове зволоження ґрунту, гірше впливають на кукурудзу, ніж сухі періоди з недовготривалими дощами [23]. Сумарне водоспоживання кукурудзи в богарних умовах у 2,2-2,4 рази менше, ніж в умовах зрошення [21]. За водного дефіциту гальмується надходження фосфору й азоту в рослини кукурудзи, перетворення їх в органічні сполуки [16].

Значна частина посівів кукурудзи в нашій країні розташована в районах із недостатнім і нестійким зволоженням, де обмежена кількість опадів, високі температури повітря під час вегетації рослин часто призводять до помітного зниження врожаю зерна.

### **1.1.2. Жаро – та посухостійкість кукурудзи в умовах кліматичних змін**

Кукурудза – теплолюбна культура пізнього строку сівби. Висів проводять за температури ґрунту 10°C і вище. Проте північні екотипи, сформовані завдяки тривалій адаптації до умов помірного клімату, характеризуються кращою холодостійкістю і здатні проростати за температури 5...6°C, а сходи окремих з них можуть витримувати заморозки до -4°C. Холодне повітря та низька температура ґрунту зазвичай затримують появу сходів та викликають у багатьох зразків сильне антоціанове забарвлення піхви листка. Якщо насіння не протруєне препаратами фунгіцидної та інсектицидної дії, то в холодних умовах посіви часто пошкоджуються хворобами і шкідниками. Рослини кукурудзи найчутливіші до тепла в період формування генеративних органів та інтенсивного росту. Оптимальна температура повітря в цей час має становити 24...26°C, а зниження її до 15°C та нижче може призупинити частково або повністю розвиток рослин [21].

Для визначення теплозабезпеченості сільськогосподарських культур найчастіше користуються сумами середньодобових ефективних температур (понад 10°C). В Україні вони варіюють від 1800 до 2300°C на Поліссі, від 2300 до 2900°C – у Лісостепу та від 2900 до 3500°C – у Степу. Період із середньодобовою плюсовою температурою понад 10°C триває у середньому: на Поліссі – 156–160, у Лісостепу – 156–170 і в Степу – 166–187 днів [9, 17].

Державною установою Інститут сільського господарства степової зони НААН встановлено оптимальне співвідношення біотипів гібридів кукурудзи для різних зон вирощування. Згідно із групами стиглості на Поліссі доцільно вирощувати ранньостиглі (70%) та середньоранні (30%) гібриди, у Лісостепу – ранньостиглі (35%), середньоранні (55) та середньостиглі (10%) та всі біологічні групи в зоні Степу: 25%, 30, 30 і 15%, відповідно. Дотримання науково обґрунтованого співвідношення гібридів є визначальним чинником підвищення рівня врожайності та надійного визрівання зерна кукурудзи.

Посуха – один із чинників, який істотно впливає на зменшення врожаю кукурудзи. Адже, згідно з визначенням, це наявність екстремально

високих температур і низької доступності вологи, за яких надходження вологи в рослину менше за витрати на транспірацію [12, 19].

Посуха є одним із основних факторів, що лімітують розвиток кукурудзи в Україні. Вона виникає як результат достатньо довгої відсутності дощів та супроводжується високою температурою і сонячною інсоляцією. Найчастіше вона починається з атмосферної посухи, яка характеризується низькою відносною вологістю повітря (18–20% та нижче). За довготривалого відсутності дощів додається ще й ґрунтова посуха через нестачу доступної для рослин води у ґрунті. Вона може різнитися інтенсивністю (слабка, середня, сильна, надзвичайна) та сезоном, а також ступенем впливу зневоднення і перегріву. Здебільшого посуха найшкідливіша на початку наливання зерна, а в період інтенсивного росту призводить, в основному, до зменшення параметрів морфологічних ознак. Якщо вона настає поступово, рослини встигають пристосуватися до неї (уповільнюють ріст, зменшують випаровування води та ін.). У такому разі можна отримати задовільний урожай посухостійких форм, особливо якщо посушлива погода змінюється на сприятливу. Небезпечнішою є комбінована посуха, коли нестача води у ґрунті збігається з впливом сухого жаркого повітря. За сильної або тривалої посухи переважають процеси деградації, виникає різке порушення функціонування систем життєдіяльності – і рослини гинуть. Вплив підвищеної температури (однієї зі складових посухи) на врожай кукурудзи також залежить від напруженості і тривалості її дії [5, 12].

У фазу 5-7 листків проходить третій-п'ятий етап органогенезу, відбувається закладання та формування генеративних органів обох суцвіть. Посуха в цей період спричиняє зменшенню кількості рядів зерен у качані, кількості зерен у ряду і розміру початка [22].

Посухостійкість має генетичну структуру, що може впроваджуватись у майбутній гібрид, що дозволяє на 15-25% підвищувати врожайність нового гібриду кукурудзи [3, 13]. Гібриди, рекомендовані для зони нестійкого зволоження, не бажано висівати в зоні недостатньо зволоження, адже в таких

жорстких ґрунтово-кліматичних умовах вони не зможуть повністю розкрити свій потенціал урожаю [20].

Під дією посухи в період наливу зерна збільшується кількість відмерлих листків, скорочується час проходження цієї фази, знижується активність фотосинтезу. Рослини більш схильні до стеблового вилягання, маса зерна зменшується. Нестача вологи в цей період знижує врожай з 2,5 до 5,8% (з кожним днем стресу). Упродовж перших двох тижнів після запилення зерна найсприйнятливіші до припинення розвитку, особливо зернівки на верхівці качана. Вони зазвичай є слабшими, запилюються останніми і найбільш схильні до абортациї. Якщо кукурудза досягла фази молочно-воскової стиглості, то майбутнє зниження врожаю відбувається головним чином через зниження вмісту сухої речовини. Жорстка посуха, що продовжується на етапах зав'язування та молочної стиглості, може легко припинити його розвиток. Суворя посуха протягом молочно-воскової стиглості значною мірою знижує врожай зерна за рахунок зменшення його маси. Відмирання всієї рослини, яке наступило до фази повної фізіологічної стиглості, спричиняє передчасній появу чорної точки і як результат – незавершений налив зерна, низька маса тисячі, щупле зерно. Як тільки насіння досягає фізіологічної стиглості, стрес у подальшому не впливає на кінцевий урожай [7,13].

Передчасне відмирання листя під час посухи спричиняє втрату врожаю, тому що фотосинтетичне «виробництво» скорочується. У цьому випадку рослини мобілізують накопичені вуглеводи на розвиток качана, проте потенціал урожайності продовжує втрачатися. Відмирання всіх тканин рослини перешкоджає майбутній мобілізації вуглеводів на розвиток качана [3, 10, 12].

Під час добору й оцінювання гібридів кукурудзи за ознакою «посухостійкість» досить надійним інструментом є створення екоградієнта густоти стояння рослин. Реакція генотипів на загущення посівів на незрошуваних землях значно коливається за роками і залежить від генотипу

гібрида. У таких умовах формується особливий агрофітоценоз, у якому змінюються екологічні зв'язки індивідів і конкурентоспроможність складових ценозу кукурудзяного поля, що призводить до зміни габітусу рослин, показників морфологічних і господарських ознак [13].

## **1.2. Гібрид, як елемент енергозбереження**

Проаналізувавши динаміку зростання врожайності гібридів кукурудзи в Україні, можна відмітити, що 60% приросту врожаю забезпечують гібриди з їхніми адаптивними властивостями, 20% – сприятливі кліматичні умови та 20% – удосконалення технологій вирощування [12].

Обираючи гібриди для вирощування, обов'язково слід урахувувати напрям використання, групу стиглості, потенційну врожайність, якісні показники, резистентність до хвороб і шкідників, а також несприятливих чинників навколишнього середовища. Унаслідок великих економічних і енергетичних витрат у вирощуванні кукурудзи, дисбалансу цін на енергоносії та сільськогосподарську продукцію існує необхідність наукового обґрунтування основних елементів технології вирощування з урахуванням змін клімату. Правильний вибір гібридів кукурудзи для відповідних ґрунтово-кліматичних умов – перший і дуже важливий крок в отриманні високих урожаїв [12-13].

Основними перевагами сучасних гібридів є прискорена вологовіддача зерна, що знижує витрати на післязбиральну доробку; жаростійкість – підвищує стійкість рослин до високих температур у період вегетації; висока екологічна пластичність – забезпечує стабільну врожайність у різних кліматичних умовах [8,12].

ФАО – це індекс скоростиглості кукурудзи, запроваджений ФАО (англ. *Food and Agricultural Organization – Організація із продовольства і сільського господарства*) при Організації Об'єднаних Націй. Сама ж методика зазнавала змін практично кожне десятиліття. Так, в Угорщині в 60-і роки минулого століття ФАО розраховували на основі кількості днів до

досягнення вологості зерна 34–36%, у 70-і – до 28–30%, у 80-і – 25%, в 90-і перейшли до оцінки на рівні близько 20% [14].

Проте найчастіше у США для оцінки груп скоростиглості кукурудзи використовуються «теплові одиниці». Цей показник схожий із числом ФАО, оскільки так само розраховується за формулою, і в основі розрахунків лежить підрахунок сум температур вище 10 градусів за Цельсієм (або еквівалентного показника у градусах за Фаренгейтом) – ефективних температур [14].

Основні групи стиглості гібридів кукурудзи [12]:

- ранньостиглі – 81–90 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 150–200);
- середньоранні – 90–100 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 200–300);
- середньостиглі – 100–110 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 300–400);
- середньопізні – 110–120 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 400–500);
- пізньостиглі – 120–130 днів від появи сходів до повної стиглості зерна (ФАО 500–600).

Такі показники (у т. ч. і число ФАО) дуже умовно відображають вплив температури. По-перше, відбуваються коливання денних і нічних температур, а в нашому континентальному кліматі перепади дуже великі, до того ж збільшуються при русі на північ і схід. Розрахунковий показник може бути прийнятним для кукурудзи, але постійні низькі нічні температури не дадуть рослині відновити швидкість обміну речовин у короткі денні години тепла. По-друге, нічна температура може бути і +9°C, і +5°C, і це по-різному позначиться на вповільненні розвитку. А по-третє, тривалість впливу низької температури може бути й кілька хвилин, і кілька годин, що в показнику не відображається. Впливає також доступність вологи, елементів живлення та ін. Тож формули й сума температур начебто є, але використовувати отримані дані у практиці складно [12].

Більш-менш точно можна визначити момент появи чорної крапки – фізіологічної спілості зерна, коли до нього припиняють надходити поживні речовини. Подальший процес висихання зерна – суто фізичний, його складно «прив'язати» до показника скоростиглості. Ранкова роса й дощі можуть привести до того, що зерно не буде віддавати вологу [14].

Стійкість різних генотипів до посухи визначається зміною врожайності зерна, на яку опосередковано чи безпосередньо впливають різні морфологічні і біологічні ознаки. Тому під час оцінювання і добору посухостійких форм слід враховувати комплекс ознак. Посухостійкість – складна інтегрована ознака, яка контролюється не за окремими ознаками рослин, а цілісною системою організму, що по-різному реагує на дефіцит вологи, і складається із декількох рівнів. Популяційний рівень стійкості кукурудзи до посухи залежить від функціональної організації агроценозу [8].

Рівень стійкості рослин до посухи також обумовлюється їхньою морфологічною будовою. Посуха негативно впливає на елементи структури врожаю (зменшується кількість качанів на рослині, розмір качана та вихід зерна з нього), висоту рослин, розмір міжвузля, листя та ін. Відомо, що форми, які мають невисокі рослини з компактною архітектонікою, стійкіші до негативної дії стресу. З елементів структури врожаю на стабільність генотипів більшою мірою впливає маса 1000 зерен, кількість качанів і зерен у ряду [12].

Враховуючи, що кукурудза достатньо пристосована до посушливих умов, у процесі еволюції вона набула адаптивних властивостей, що зумовлює раціональне використання рослиною вологи, яка надходить у вигляді різних опадів. Рослина кукурудзи орієнтована у просторі таким чином, що може збирати вологу (роса, дощ, туман тощо) і скеровувати її безпосередньо до кореня, завдяки чому в нижній частині стебла формуються додаткові повітряні корені, які беруть участь не тільки в абсорбції води, але й підвищують стійкість рослин до вилягання, особливо під час сильного вітру [9].

Морфологія листка злакових культур, у тому числі й кукурудзи, дає змогу уникнути додаткових непродуктивних втрат рослиною вологи, яка випаровується у процесі транспірації та охолоджує листковий апарат, запобігаючи його перегріванню. Значна частина продихів, через які випаровується волога, міститься у верхній частині листка і за зниження осмотичного тиску, викликаного дефіцитом води, спеціальні моторні клітини скручують листкову пластинку і тим самим зменшують транспірацію та захищають листковий апарат від опіків. Цей процес улітку завжди можна спостерігати в денні години, особливо за тривалої відсутності опадів [7].

Фізіологічний рівень стійкості має підтримувати осмотичний тиск у тканинах. Культури посушливих регіонів (ксерофіти) мають пристосування, які дають змогу підтримувати посушливі періоди і часто пов'язані з анатомічною будовою органів рослини: наявність моторних клітин, особливості розміщення продихів як на листі, так і залежно від ярусу розміщення листків, розмір продихів, щільність провідних пучків, розмір клітин, опушеність, товщина кутикули та ін. Усі названі фактори сприяють підтриманню осмотичного тиску в тканинах рослин, рівень якого може підтримуватись і біохімічними механізмами. Високою водоутримальною здатністю цитоплазми в умовах посухи характеризуються форми, що накопичують низькомолекулярні гідрофільні білки, які зв'язують у вигляді гідратних оболонок значну кількість води, а також підвищують концентрацію проліну і моносахаридів. Посуха спричинює суттєву перебудову гормональної системи рослин: зменшується вміст гормонів – активаторів росту та збільшується інгібіторів росту. Вплив цих факторів у кукурудзи призводить до коливання висоти рослин, довжини міжвузлів та висоти закладання початка [4].

Фундаментальним напрямом підвищення врожайності кукурудзи є впровадження гібридів інтенсивного типу. На сьогодні в досить широкому асортименті гібридів цієї зернової культури, які вирощуються в Україні,

лише окремі мають генетичну здатність (потенціал) забезпечити за належної технології отримання високих урожаїв на рівні 15–18 т/га [18].

Гібриди неоднаково виявляють себе в тих самих умовах їхнього вирощування, тому й реалізація їх потенційної продуктивності йде по-різному. Високопродуктивні гібриди виносять з ґрунту велику кількість поживних речовин, витрачають велику кількість води, тому вимагають відповідної агротехніки. Якщо такі умови відсутні, потенційно більш продуктивний гібрид не тільки не дає збільшення, він може поступитись за врожайністю іншому, менш продуктивному, але й менш вимогливому до вирощування. Отже, потрібен диференційований підхід до підбору генотипу. Особливо це важливо нині, коли багато господарств не можуть забезпечити посіви високим рівнем агротехнічних заходів. Цілком очевидно, що економічно слабким і сильним господарствам необхідний різний гібридний склад. Для підвищення рівня реалізації врожайного потенціалу сучасних гібридів, захисту посівів від різних негативних абіотичних і біотичних чинників довкілля, крім агротехнічних заходів (сівозміни, обробіток ґрунту, строки сівби, засоби захисту рослин тощо), важливе значення має саме генотип культури [15].

Встановлено, що ранньостиглі та середньоранні форми, як правило, не суттєво змінюють урожайність при запізненні із сівбою, а більш пізньостиглі гібриди краще реалізують свій генетичний потенціал за сівби в ранні строки при досягненні ґрунтом температури +8-10 °С. Одночасно при сівбі у ці строки всі біотики мають найменшу вологість зерна при збиранні.

За ранньої сівби обов'язково слід враховувати рівень холодостійкості гібрида та застосовувати відповідні технологічні заходи захисту насіння при його підготовці (обов'язкова інкрустація насіння комплексом препаратів: фунгіцидний протруйник, мікроелементи, регулятори росту). У процесі ухвалення рішення про настання строків сівби кукурудзи слід врахувати вірогідність приморозків на початкових фазах розвитку рослин, які здатні викликати суттєві пошкодження надземної вегетативної маси [15].

Для одержання гарантованих дружніх сходів кукурудзи надзвичайно важливою є наявність продуктивної вологи у посівному шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи під час сівби культури у шарі 0-10 см вважаються недостатніми при її вмісті в кількості 7-8 мм, задовільними – 9-13 мм, добрими –14-15 мм і більше [13-18].

Під час добору гібридів кукурудзи для посушливих умов взаємодія факторів: генотип x густота та генотип x рік має добру аналізуючу здатність та вказує на умови використання у виробництві таких форм і опосередковано на посухостійкість генотипу. Однак ця закономірність не завжди виправдана. Загальновідомо, що стійкі до загушення гібриди мають відповідний габітус рослин: еректоїдне розміщення листків, міцне стійке стебло, середній за розміром качан, вузький лист та ін. Рослини такого типу характеризуються порівняно низькою індивідуальною продуктивністю, але високою функціональною організацією агроценозу. Для максимального прояву індивідуальної продуктивності першорядного значення набувають такі показники: розмір початку, їх кількість з одної рослини, маса 1000 зерен, вихід зерна з початку. Досить часто такі посухостійкі генотипи не витримують загушення і знижують урожайність зерна, але за нормальної густоти стояння можуть сформувати досить високий урожай у неполивних умовах [7,11,14].

Під час вибору посухостійких гібридів можна орієнтуватися на два типи рослин кукурудзи: ті, що здатні витримувати стресові умови літнього періоду вегетації за загушення та ті, що призначені для посівів з нормальною густотою рослин. Перші форми можуть бути привабливішими, оскільки за сприятливих умов у посівах із підвищеною густотою забезпечують урожайність вищу, ніж у гібридів інших форм. В умовах постійної інтенсифікації галузі рослинництва важливим фактором підвищення виробництва зерна є дотримання рекомендованої технології відповідно до особливостей кожного гібрида.

Для території України вплив кліматичних змін на умови формування продуктивності кукурудзи було досліджено Костюкевич Т. К та Адаменко Т. І. [23]. Проведена порівняльна характеристика за середніми багаторічними даними та за сценаріями зміни клімату А2 і А1В показала, що найкращі умови для формування продуктивності кукурудзи спостерігатимуться на території Полісся, найгірші – на території Південного Степу. Для Західного Лісостепу при реалізації сценарію зміни клімату А2 очікується зниження врожайності на 4-8%, за кліматичними умовами сценарію А1В очікується більш значне зниження врожайності – до 20% .

Таким чином, передумовою розширення посівних площ кукурудзи була тривала адаптація культури до кліматичних особливостей різних зон, пов'язаних, в основному, з фотоперіодичною реакцією, скоростиглість, холодостійкістю, стійкістю до посухи та високих температур. Завдяки значним успіхам у створенні гібридів кукурудзи, адаптованих до таких стресових факторів, сьогодні спостерігається значне розширення обсягів виробництва зерна кукурудзи та сортименту гібридів.

### **1.3. Формування оптимальної густоти стояння рослин**

Густота стояння рослин є одним із важливих чинників у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур, який визначає ефективність складових життєдіяльності агроценозу – ростові процеси та їх розвиток, дозволяє максимально реалізувати продуктивність рослин і найефективніше використовувати запаси ґрунтової вологи та поживних речовин ґрунту. З розширенням посівних площ кукурудзи в Україні вивчення впливу густоти стояння рослин на врожайність культури набуло особливої актуальності.

Реалізація потенційної продуктивності гібридів кукурудзи залежить від дотримання планової оптимальної густоти посівів, а відповідно – від норми висіву з урахуванням показників схожості насіння, залежно від агротехнічних та погодних умов вирощування (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. – Насіння з високими посівними якостями (а) і заражене збудниками хвороб (б)**

Після культивування на живильному середовищі визначено, що рівень інфікованості становить 32 % (рис. 1.1). Ріст міцелію грибів виявлено на 31% зерен. Зокрема, грибами роду *Penicillium* колонізовано 12% зерен (рис. 2), грибами роду *Mucor* – 19% зерен [12].

Діапазон оптимальної густоти також багато в чому залежить від погодних умов. Кукурудза – це та культура, яка досить ощадливо використовує воду. Для отримання 1 кг сухої ваги ця рослина витрачає всього близько 250 л води. Інші культурні види рослин у цьому сенсі набагато менш ефективні. Наприклад, ярій пшениці потрібно близько 432 л води для отримання 1 кг сухої речовини. Однак дуже висока продуктивність кукурудзи означає водночас, що ця культура споживає велику кількість води на одиницю площі – до 16 млн л/га [15].

Густота посіву рослин визначає забезпечення їх водою та поживними речовинами, а також впливає на доступ світла до окремих рослин, що важливо для ефективного перебігу фотосинтезу.

Густота стояння рослин неабияк впливає на гідротермічний режим агрофітоценозу, водні та фізичні властивості ґрунту, фітоклімат посівів, що є визначальним для проходження етапів органогенезу рослин кукурудзи [14-17, 19].

Оптимальна густина рослин є одним з найважливіших факторів для одержання високих та сталих врожаїв. Кукурудза, на відміну від багатьох інших культур, дужче реагує на зміну густоти стояння [20]. Оптимальна кількість продуктивних рослин на гектар та їх рівномірне розподілення у рядках є одним з факторів, які визначають рівень врожайності кукурудзи [21], створюючи сприятливі умови для фотосинтезу, кращого використання родючості ґрунтів, вологи та добрив [18].

Дослідженнями встановлено, що найбільша індивідуальна продуктивність рослин відмічається при густоті стояння 60 - 70 тис. шт./га, що пояснюється оптимальною площею живлення рослин. Істотне зниження індивідуальної продуктивності відмічається при густоті стояння рослин понад 80 тис. шт./га. Проте, підвищення врожайності зерна гібридів кукурудзи збільшується в залежності від густоти стояння рослин. Це пов'язано із тим, що урожайність зерна в модельних дослідах визначалася добутком індивідуальної продуктивності рослин на густоту стояння [24].

При вирощуванні гібридів ранньостиглої та середньоранньої груп стиглості найбільш висока продуктивність і економічна ефективність виробництва кукурудзи забезпечується при густоті 80 тис. рослин/га, середньостиглої групи – 60 тис. і середньопізньої – 50 тис. рослин/га [25].

Ще одним із факторів який впливає на реалізацію потенціалу – це рівномірний розподіл зерен у рядку, при нерівномірному розподілі втрати урожаю можуть до 20%. Головне пам'ятати, що неякісну сівбу вже не виправити ніяким агротехнічним заходом. Коефіцієнт транспірації культури становить 250–300, але загальна потреба її у волозі велика, оскільки вона формує велику біомасу. Дуже висока продуктивність кукурудзи означає водночас, що ця культура споживає велику кількість води на одиницю площі – до 16 млн. л/га [26].

Важливим показником при вирощуванні кукурудзи на зерно є структура врожаю. Спостереження показали, що зміна густоти сівби має значний вплив на розвиток продуктивних органів кукурудзи, зокрема на

кількість качанів з 1 м<sup>2</sup>. Найбільша кількість качанів спостерігалася за норми висіву 68 тис./га – 9,09 шт./м<sup>2</sup>, загушення посівів до 73, 78, 83 тис./га призводило до зменшення кількості качанів з 1 м<sup>2</sup>, а саме 8,16, 8,06, 7,98 шт./м<sup>2</sup>, відповідно [27].

Кількість зерен у качані коливалася в межах 507-548 шт. Найбільша кількість зерен відмічена на варіанті з нормою висіву 68 тис./га – 548 шт., найменша на варіанті з нормою висіву 83 тис./га – 507 шт. Аналогічна тенденція спостерігалася щодо показника маси 1000 насінин. Найбільша маса 1000 насінин була за норми висіву 68 тис./га – 320 г, а найменша за норми висіву 83 тис./га – 312 г [28].

Урожайність зерна з одного гектара є кінцевим показником, що характеризує реалізацію всіх факторів життя в кінці вегетації рослин. Середнє значення за роки досліджень змінюється по нормах висіву, а саме за норми висіву 63 тис./га вона становила – 8,8 т/га, 68 тис./га – 9,3 т/га, 73 тис./га – 8,9 т/га, 78 тис./га – 8,8 т/га, 83 тис./га – 8,1 т/га. Отже максимальна врожайність отримана за норми висіву 68 тис./га – 9,3 т/га, збільшення густоти до 73, 78, 83 тис./га призводило до зниження врожайності на 0,4, 0,5, 1,2 т/га, відповідно [29].

Кукурудза є світлолюбною культурою. Надмірне затінення рослин у посівах обмежує формування зав'язі та погіршує запилення початків. Тому особливу увагу слід звернути на рівномірний розподіл рослин у рядку, що забезпечується добре відрегульованими пневматичними сівалками. Змінна густина рослин з урахуванням типів ґрунту потребує збільшення кількості насіння на важких, більш родючих і вологих ділянках та зменшення на менш родючих, бідних на вологу й легких ґрунтах. Не можна збільшувати норму висіву на ґрунтах, які не здатні забезпечити необхідне мінеральне живлення для рослин [30].

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що гібриди різних груп стиглості мають неоднакову реакцію на зміну площі живлення. В зв'язку з чим продуктивність гібридів різної скоростиглості можливо

визначити лише за умов диференційного добору норми висіву з урахуванням природно-кліматичних умов. За правильного просторового та кількісного розподілу рослин кукурудзи на площі вирощування, що обумовлюється нормою висіву, покращується фітосанітарний стан посівів, водний, повітряний та поживний режим ґрунту, створюються сприятливі умови для збільшення продуктивності культури. Формування оптимальної норми висіву рослин кукурудзи на одиниці площі є важливим агротехнічним заходом підвищення врожайності культури.

## РОЗДІЛ 2

### ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика місця проведення досліджень



Ґрунти дослідного поля чорнозем типовий малоґумусний слабовилугований крупнопилувато-середньосуглинковий. Експериментальні дослідження проводилися на базі наукового відділу агрохолдингу НВФ «Урожай» МХП (с. Пішки, Черкаського району, Черкаської області).

Перед закладанням дослідів у 2024 році було проведено агрохімічний аналіз ґрунту. За результатами проведених досліджень встановлено, що в ньому міститься органічної речовини 3,5%, рН водне 6,5, ємність катіонного обміну 20,1 мг-екв/г ґрунту. Об'ємна маса ґрунту – 1,27 г/м<sup>3</sup>. Вміст легкогідролізованого азоту – 10,2 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 9,7 і обмінного калію – 11,3 мг/ 100 г ґрунту. Відповідно до сучасних методик забезпеченість ґрунту елементами мінерального живлення наступна: азоту (N) і фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – середня, калію (K<sub>2</sub>O) – вище середнього. Згідно аналітичних досліджень зразків ґрунту з дослідної ділянки, бонітет ґрунту становить 72 балів, що свідчить про можливість формування стабільно високих урожаїв зерна кукурудзи.

З урахуванням елементів мінерального живлення нами було проведено розрахунки дійсно-можливої врожайності зерна кукурудзи з урахуванням ґрунтових запасів живлення (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1 – Урожайність зерна кукурудзи з урахуванням ґрунтових запасів елементів мінерального живлення, 2024**

Вміст елемента живлення, мг/100 г ґрунту		Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Розрахунковий шар ґрунту, см	Коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунту, %	Винос елемента живлення на формування 1 т основної продукції, кг	Дійсно-можлива врожайність за природної родючості ґрунту, т/га
легкогідролізованого азоту	10,2	1,27	30	35	33	4,12
рухомого фосфору	9,7	1,27	30	15	11	5,04
обмінного калію	11,3	1,27	30	25	25	4,31

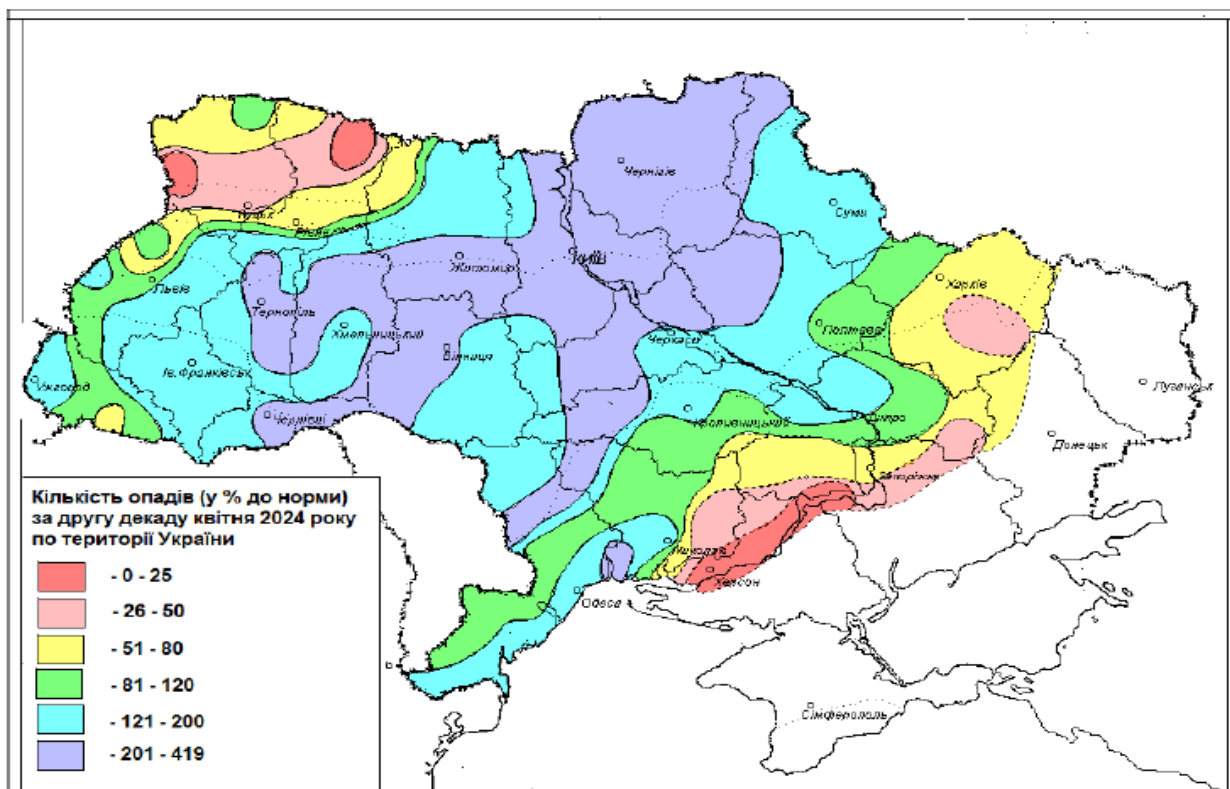
Наші розрахунки засвідчили, що лімітованим фактором у підвищенні врожайності кукурудзи є запаси азоту і калію. Відповідно до отриманих даних, нами було проведено розрахунки норм мінеральних добрив на програмовану врожайність зерна кукурудзи 10 т/га. Було використано методичку щодо формування приросту врожайності. Згідно розрахунків, для формування програмованої врожайності 10 т/га, норма внесення мінеральних добрив становить: N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>.

Погодні умови у роки проведення польових досліджень були наступними.

**Метеорологічні умови 2024 року.** У другій декаді квітня в Україні спостерігалася контрастна погода. На початку декади відмічалися надзвичайно високі температури повітря, коли були зафіксовані рекордні середньодобові та максимальні температури повітря. Починаючи з 15 квітня, територією регіону переміщався холодний циклон та його атмосферні фронти з північного заходу, відбулося значне зниження температури повітря

до показників нижчих за норму. Спостерігалися опади різної інтенсивності. У кінці декади по всій території країни відмічалися заморозки.

Середня температура повітря виявилася на 1,9-3,5°C вищою за норму і становила від плюс 10,3°C до плюс 12,6°C. Поверхня ґрунту вночі охолоджувалася до 0°C – мінус 4°C. Середня температура ґрунту на глибині 10 см становила плюс 5-7°C. На більшій частині регіону кількість опадів становила від 17 до 27 мм. Станом на 20 квітня суми ефективних температур вище +5°C, що накопичилися від дати стійкого переходу до кінця другої декади квітня, за рахунок надзвичайно теплої погоди другої половини березня-початку квітня, були на 65-165°C вищими за середні багаторічні показники.



**Рис. 2.1 – Вологозабезпеченість ґрунту у другій декаді квітня 2024 року**

Згідно рисунку 2.1, запаси доступної вологи рослинам в шарі ґрунту 0-100 см складала більше 200 мм, що характеризує вологозабезпеченість на досить високому рівні.

Упродовж календарної весни погодні умови травня видалися найменш сприятливими для нормального росту і розвитку кукурудзи, враховуючи тривалу відсутність продуктивних опадів, низькі запаси вологи у ґрунті, суховії, а також заморозки різної інтенсивності. Так, протягом першої декади спостерігалась доволі суха зі значними амплітудними коливаннями температурних показників погоди. Середньодобові температури повітря знаходилися в межах від 8,4 до 19,2°C. В нічний час температура повітря знижувалася до -1,6°C, а поверхня ґрунту охолоджувалася до -2,0°C, на висоті 2 см – до -4,1°C. Середня за декаду температура повітря склала 14,0°C, що виявилось на 0,7°C нижче середньої багаторічної норми.

Перша декада червня характеризувалася дуже теплою, часом спекотною, з помірною кількістю опадів погодою. Середньодобові температури повітря утримувалися на рівні 18,8–24,3°C. У світлий час доби максимальна температура повітря підвищувалася до 32,6–34,3°C, а поверхня ґрунту прогрівалася до 57,4–58,5°C. Вночі температурні показники повітря та поверхні ґрунту знижувалися відповідно до 12,2–13,7 і 12,0–13,3°C.

Кількість опадів становила 16,0 мм, або 84% кліматологічної норми. Відносна вологість повітря – 56% при середній багаторічній нормі 59%, а мінімальні значення даного показника протягом 4 днів були меншими за 30%, що свідчило про наявність тривалої атмосферної посухи.

Спекотна погода в липня (кількість днів із температурами вище +30°C становила 4-10, вище +35°C – 2-8 днів) була несприятливою для формування врожаю кукурудзи. Станом на 10 липня суми ефективних температур повітря вище +5°C були на 225-295°C, вище +10°C – на 150-255°C вищими за середні багаторічні показники.

У серпні складалися неоднорідні агрометеорологічні умови, які мали неоднаковий вплив на сільськогосподарські культури. Станом на 20 серпня суми ефективних температур повітря вище +10°C були на 205-325°C, вище +15°C – на 150-245°C вищими за середні багаторічні показники. Запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту на більшості площ оцінювалися

як незадовільні (менше 50 мм продуктивної вологи) та недостатні. На багатьох площах східних та південних областей 0-100 см шар ґрунту був сухий зовсім або майже сухий.

Через дефіцит опадів у вересні поповнення запасів продуктивної вологи не відбувалося зовсім. На більшості площ верхній шар ґрунту залишався сухим.

Внаслідок надзвичайно високого рівня середніх добових температур та стрімкого накопичення ефективного тепла у вересні (його сума з початку вегетації значно перевищує середні багаторічні показники і є однією з найвищих за весь період спостережень), відмічалось скорочення міжфазних періодів розвитку кукурудзи, що призвело до передчасного завершення вегетаційного періоду та зменшення врожаю

**Метеорологічні умови 2025 року.** Початок календарної весни виявився доволі прогнозованим – після морозного лютого розпочалося поступове підвищення температури повітря, яке супроводжувалося чергуванням порівняно теплих та прохолодних періодів.

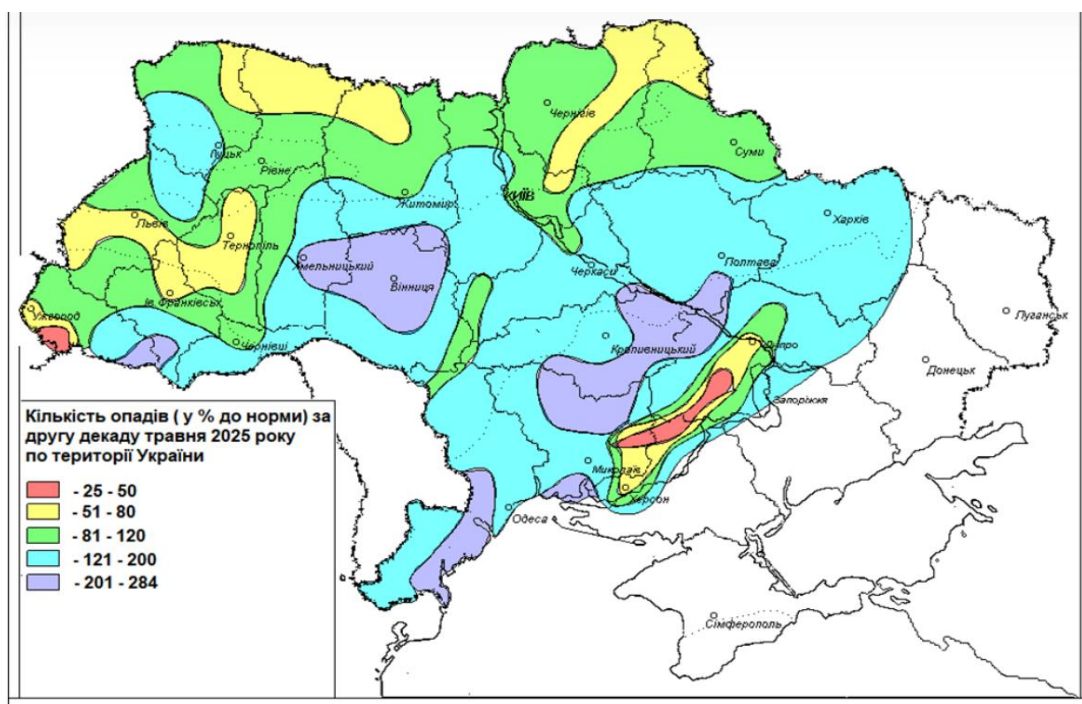
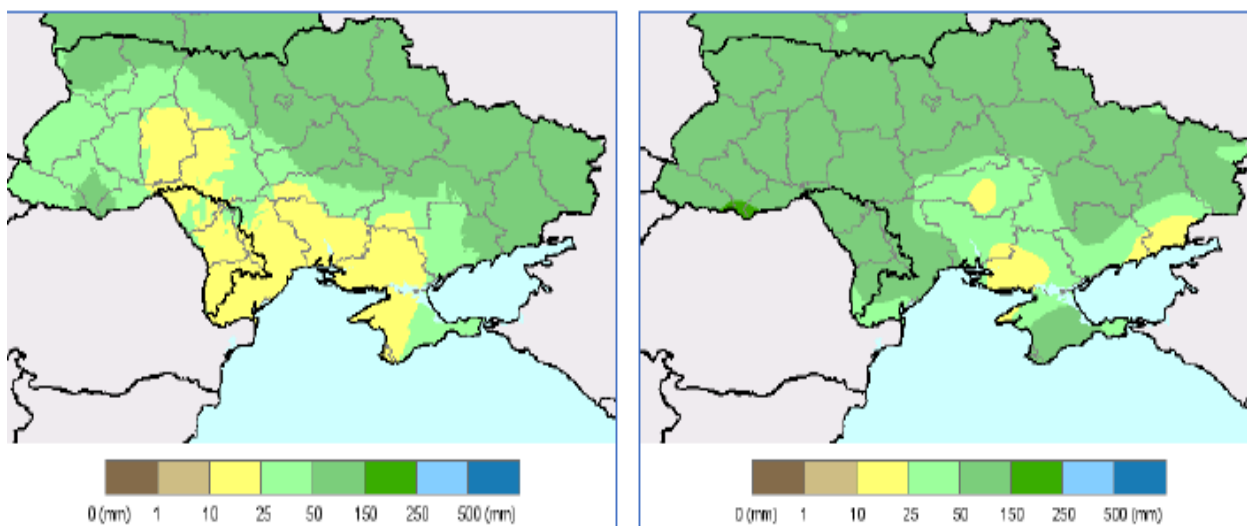


Рис. 2.2 – Вологозабезпеченість ґрунту у другій декаді травня 2025 року

Відмітимо, що погодні умови у період від квітня по червень були близькими до середніх багаторічних даних і характеризувалися перепадом температурного режиму упродовж доби на початку вегетації та високими температурами у травні і червні. Запаси доступної вологи рослинам знаходилися добрими на початку вегетації, після чого спостерігалось значне її зниження до фази викидання волоті, що головним чином і вплинуло на зниження рівня врожайності від програмованого.

Критичним періодом для формування продуктивності кукурудзи міжфазний період, який починається за 10 днів до викидання волоті і триває протягом наступних 20 днів. Спостерігається інтенсивне спрацювання обмежених весняних ресурсів вологи, що створює значні ризики для формування високого врожаю пізніх культур. В цілому запаси вологи на цей період вегетації у метровому шарі ґрунту коливаються від екстремальних 10 мм до незадовільних 80 мм. Нижче порівняння кількості опадів за липень 2024 і 2025 років (рис. 2.3).



**Рис. 2.3 – Вологозабезпеченість 2024 і 2025 років відповідно, липень місяць**

В цілому на середину літа 2025 року спостерігалось погіршення вологозабезпечення посівів, що створювало певні ризики для формування урожайності кукурудзи.

Враховуючи запаси доступної вологи рослинам на час сівби кукурудзи і середні значення кількості опадів за вегетаційний період нами було розраховану кліматично-забезпечену (дійсно-можливу) врожайність. Так, якщо на час сівби кукурудзи в шарі ґрунту 0-100 см було доступним 190 мм вологи і з урахуванням, що протягом вегетації випаде орієнтовно 250 мм опадів, а по капілярам (що є основою водного балансу поля) надійте до кореневмісного шару ґрунту 90 мм вологи, то кліматично-забезпечена врожайність зерна кукурудзи за ресурсами вологи становитиме 9,1 т/га.

Таким чином, погодні умови у роки проведення досліджень характеризувалися різним температурним і водним режимом, що дозволило рекомендувати виробництву найбільш пластичні та стабільні гібриди кукурудзи. Складні погодні умови 2025 року, зокрема стресовий температурний режим на початку вегетації (різке коливання денних і нічних температур) та дефіцит ґрунтової вологи на фоні повітряної посухи обумовили формування нижчої врожайності порівняно з 2024 вегетаційним періодом.

## **2.2. Методика проведення досліджень**

З метою максимальної реалізації біологічного потенціалу кукурудзи важливе значення має впровадження у виробництво ефективних технологій вирощування, що передбачають використання адаптованих і пластичних гібридів за умови створення оптимальної структури посівів.

Для повного розкриття теми були визначені такі завдання: з'ясувати вплив густоти стояння рослин на перебіг основних етапів органогенезу, біометричні показники, особливості водоспоживання та зернову продуктивність гібридів кукурудзи; дослідити ріст і розвиток рослин кукурудзи та формування врожайності нових гібридів залежно від технології вирощування; здійснити економічну й енергетичну оцінку окремих елементів технології вирощування гібридів кукурудзи; на основі отриманих результатів розробити рекомендації для виробничого впровадження.

Полеві досліді проводили відповідно до загальноприйнятих методик і вимог агрономічної науки. Закладання та виконання дослідів здійснювали згідно з «Методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур» за редакцією В.В. Вовкодава [37], а також на основі положень, викладених у виданнях «Дослідна справа в агрономії. Книга 1: Теоретичні аспекти дослідної справи» [38] та «Дослідна справа в агрономії. Книга 2: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень» [39] під редакцією А.О. Рожкова.

Використання зазначених методичних джерел забезпечило наукову обґрунтованість, достовірність та відтворюваність отриманих результатів.

Полевий дослід – двофакторний, закладений методом розщеплених ділянок. У блоках першого порядку розміщували гібриди кукурудзи, другого – норма висіву насіння, яка обумовлювалася передзбиральною густотою стояння рослин. Посівна ділянка – 100 м<sup>2</sup>, облікова – 100 м<sup>2</sup>. Повторність у досліді – трикратна.

Схема досліду:

**Фактор А** – *гібриди кукурудзи середньоранньої групи стиглості:*

1. Макксалія (ФАО 250) – контроль.
2. Дубліккс (ФАО 280).
3. P9234 (ФАО 300).

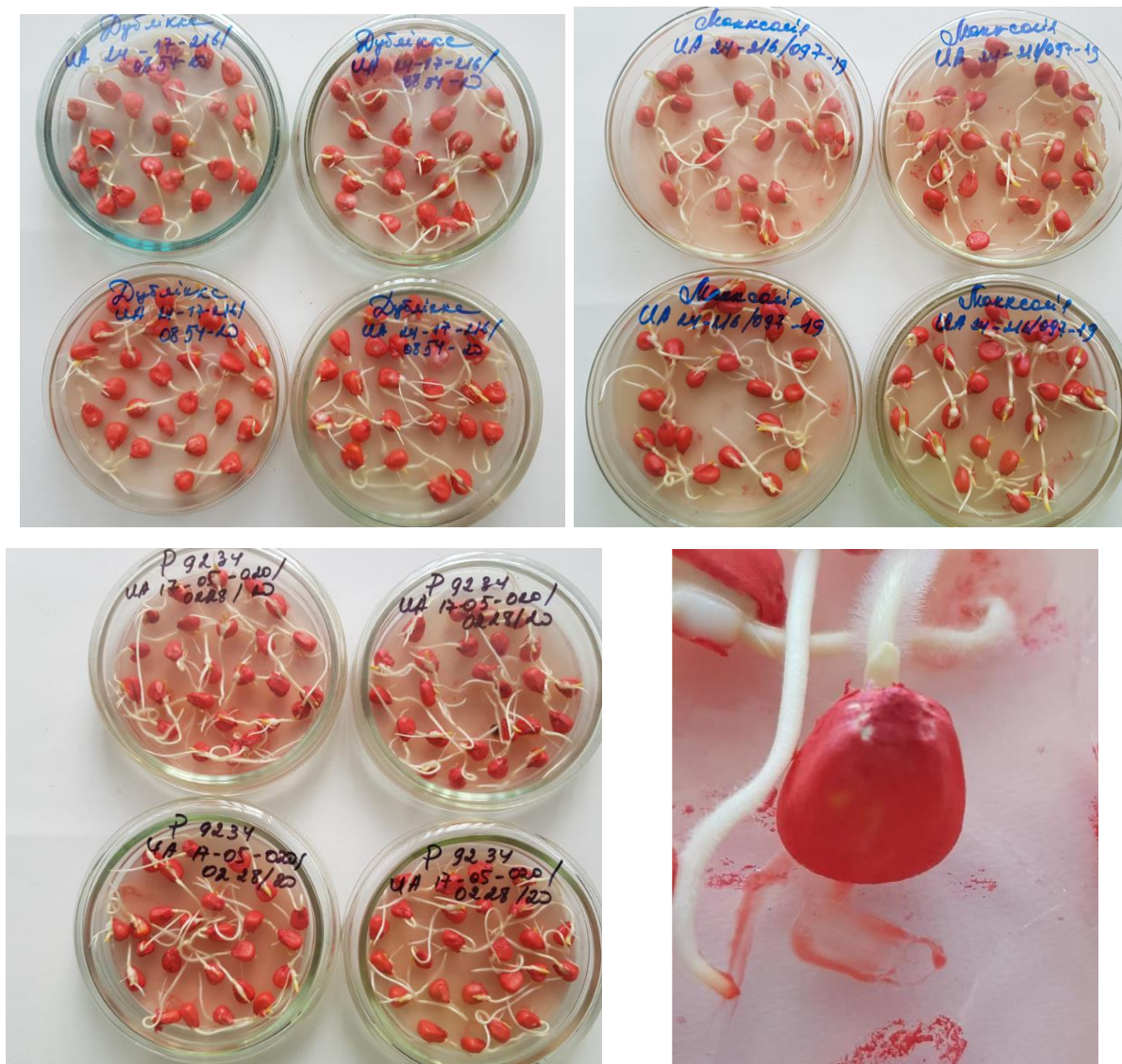
**Фактор В** – *норма висіву насіння, тис. сх. нас/га:*

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

Насіння гібридів кукурудзи були однакової фракції і посівні якості насіння відповідали чинному ДСТУ 2240-93. Насіння було оброблене фунгіцидно-інсектицидним комплексом, зокрема Максим XL+Пончо.

З метою визначення рівня інфікованості насіння кукурудзи без додаткової підготовки було розміщено на живильне середовище для

стимуляції росту міцелію та спороутворення грибів, а також виявлення присутності бактерій (рис. 2.1; рис. 2.2).



**Рис. 2.1 – Фітопатологічний аналіз зерна на живильному середовищі**



**Рис. 2.2 – Спорношення грибів роду *Penicillium***

Слід зазначити, що грибів-представників патогенної мікофлори не виявлено. Гриби родів *Mucor* та *Penicillium* розвиваються на поверхні оболонки зерен або в мікротріщинах в період зберігання і є сапрофітами, які не мають прямого впливу на посівні якості.

При виконанні експериментальних досліджень досліджувалися наступні показники:

Фенологічні спостереження включали фіксацію дати появи сходів, тривалості періоду від сходів до цвітіння 50 % жіночих суцвіть, а також від цвітіння до повної стиглості зерна [23].

Спостереження за ростом і розвитком рослин проводили у ранкові години (до 10:00), розташовуючись спиною до сонця та обличчям до дослідної ділянки, що забезпечувало точність візуальних оцінок. Підрахунок рослин здійснювали на двометрових відрізках рядка у 2–4 місцях, рівномірно розташованих по діагоналях дослідних ділянок.

Початок фази поодиноких сходів визначали у день, коли на ділянці з'являлося близько 15 % рослин, а фазу повних сходів, коли кількість рослин досягала 75 % і чітко проглядалися рядки на поверхні поля.

- *лінійні виміри* – протягом вегетації в динаміці визначали висоту рослин, висоту прикріплення продуктивного качана, площу асиміляційного апарату [23-25].

Площу асиміляційного апарату кукурудзи визначали шляхом обчислення площі листкової поверхні за формулою:

$$S_{\text{листіків}} = l \times n \times k, \text{ см}^2 \quad (1)$$

де

- $l$  – довжина листка, см;
- $n$  – найбільша ширина листка, см;
- $k$  – коефіцієнт перерахунку для кукурудзи, який становить 0,67.

Такий спосіб розрахунку дає змогу отримати наближене значення площі листкової поверхні, що характеризує розвиток асиміляційного апарату та фотосинтетичну активність рослин у різні фази росту.

Для корегування визначення загальної тривалості вегетаційного періоду використовували також підрахунок кількості листків на рослинах методом насічок – маркуванням 5–10-го листка [37] та кількості жилок на прикачанному листку у відповідності до методики.

Листкова поверхня однієї рослини визначається як сума площ усіх її функціонуючих (зелених) листків. Для оцінки розвитку асиміляційного апарату посіву використовували показник **індексу листкової поверхні (Ілп)**, який розраховували за формулою:

$$I_{\text{лп}} = \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{ф}}}, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (2)$$

де

- $S_{\text{л}}$  – сумарна площа листкової поверхні рослин, м<sup>2</sup>;
- $S_{\text{ф}}$  – площа агрофітоценозу (дослідної ділянки), м<sup>2</sup>.

Індекс листкової поверхні показує ступінь розвитку листкового апарату та його ефективність у використанні сонячної енергії для фотосинтезу.

Збільшення індексу листкової поверхні більше одиниці супроводжується самозатінненням рослин і зниженням фотосинтетичної активності листків.

- фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи – чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФП) [24, 25].

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) характеризує загальну продуктивність асиміляційної поверхні за певний період вегетації та відображає сумарну здатність посіву поглинати сонячну енергію.

Розрахунок фотосинтетичного потенціалу здійснювали за формулою:

$$\text{ФП} = S_{\text{л}} \times t_{\text{вег}}, \text{ м}^2 \cdot \text{діб/га} \quad (3)$$

де

- $S_{\text{л}}$  – середня площа асиміляційної поверхні рослин,  $\text{м}^2/\text{га}$ ;
- $t_{\text{вег}}$  – тривалість вегетаційного періоду, діб.

Отримане значення фотосинтетичного потенціалу дає змогу оцінити ефективність роботи листкового апарату протягом усього періоду росту та розвитку рослин

Середнє значення ФП кукурудзи становить 3-5 млн.  $\text{м}^2 \cdot \text{діб} / \text{га}$  або 300-500  $\text{м}^2 \cdot \text{діб} / \text{га}$ .

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини рослинами та відображає ефективність використання листкової поверхні у процесі фотосинтезу.

Розрахунок ЧПФ здійснювали за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5(L_1 + L_2) \times t}, \text{ г/м}^2 \text{ за добу} \quad (4)$$

де

- $B_1$  і  $B_2$  – абсолютно суха маса 10 рослин відповідно у перший та другий періоди визначення, г;
- $L_1$  і  $L_2$  – площа листкової поверхні на початку та в кінці періоду обліку,  $\text{м}^2$ ;
- $t$  – тривалість проміжку між обліками, діб (не більше 10).

Чиста продуктивність фотосинтезу є ключовим інтегральним показником, який відображає темпи накопичення сухої біомаси в рослинах і

дозволяє оцінити ефективність роботи асиміляційного апарату посіву. Вона характеризує співвідношення між синтезованими в процесі фотосинтезу органічними речовинами та їх витратами на дихання, що забезпечує динамічну оцінку росту і розвитку культури.

У кукурудзи величина ЧПФ варіює від 4 до 10 г сухої речовини на добу на 1 м<sup>2</sup> листової поверхні. Ці коливання обумовлені рядом біологічних і агротехнічних факторів, зокрема: фазою росту та розвитку рослин, густотою стояння посівів, морфологічними та біологічними особливостями конкретних гібридів, а також умовами освітленості та температурного режиму.

Таким чином, оцінка ЧПФ дозволяє не лише визначати потенційну продуктивність культури, але й аналізувати ефективність різних агротехнічних заходів, таких як норми висіву, строки сівби та внесення добрив, з точки зору оптимізації асиміляційного потенціалу рослин.

Фізіологічну стиглість зерна встановлювали на основі появи «чорного шару» в основі зернівки за методикою М. Cristea, D. Funduianu, S. Reichbuch [40] у відповідності з якою видаляли по чотири зернини із середньої зони качана у чотирьох найбільш типових качанів при наявності «чорного шару» у трьох зернівок на трьох качанах.

Урожайність зерна оцінювали за структурними елементами врожаю, зокрема:

- передзбиральна густота стояння рослин;
- кількість качанів на 100 рослинах (коефіцієнт продуктивності);
- кількість зерен у качані, визначена як добуток числа рядів і кількості зерен у ряду;
- маса зерна з одного качана;
- маса 1000 насінин.

Такий підхід дозволяє комплексно оцінити продуктивність гібридів кукурудзи та визначити фактори, що впливають на формування врожаю [23].

Густоту сходів та розподіл рослин за довжиною рядків визначали на одних і тих же постійних ділянках. Такі ділянки виділяли під час сівби на

кожній ділянці всіх повторів у трьох місцях, рівномірно розташованих по діагоналі поля.

На кожній ділянці виділяли двометрові відрізки впоперек рядка, що відповідали ширині висівного апарата. При цьому у першому відрізку підрахунок рослин проводили по парних рядках, а у другому – по непарних.

Густоту стояння рослин на площі визначали на десяту добу після фази сходів та перед збиранням врожаю. Для польових дослідів підрахунок здійснювали на трьох ділянках ряду довжиною 2 м, які рівномірно розташовувалися по діагоналі першого та третього повторень.

При визначенні густоти стояння рослин кукурудзи на зерно враховували ширину міжрядь. Для цього розраховували довжину ряду, що відповідала площі 10 м<sup>2</sup>: при ширині міжряддя 0,7 м довжина ряду становила  $10 \div 0,7 = 14,286$  м. Потім підраховували кількість рослин кукурудзи на зерно на ряду довжиною 14,286 м для визначення густоти стояння на одиницю площі.

Для оцінки елементів структури врожаю відбирали підряд 25 початків кукурудзи. На кожному качані вимірювали довжину ніжки, після чого качан відрізали та визначали його загальну довжину. Підраховували кількість рядів зерен, кількість зерен у ряду та загальну кількість зерен в початку.

Качани обмолочували, зважували стрижні, а масу зерна визначали як різницю між масою початків та масою стрижнів. Зерно всіх 25 початків зважували, змішували та відбирали дві проби по 500 зерен для визначення маси 1000 насінин.

Урожайність кукурудзи розраховували за стандартною формулою, яка дозволяє кількісно оцінити продуктивність культури на одиницю площі:

$$Y = \frac{M \cdot 100}{S \cdot W} \quad (5)$$

де:

- $Y$  – урожайність зерна, т/га;

- $M$ – маса зібраного зерна з дослідної ділянки, кг;
- $S$ – площа ділянки,  $m^2$ ;
- $W$ – вологість зерна, %;
- 100 – коефіцієнт для переведення у стандартну вологість зерна.

Цей метод дозволяє стандартизовано оцінювати продуктивність різних гібридів кукурудзи та ефективність застосованих агротехнічних заходів, коригуючи масу зерна до оптимальної вологості для порівняння між варіантами дослідів.

Для визначення вологості зерна окремо брали дві наважки по 5 г, які висушували та зважували після сушіння.

Передзбиральну вологість зерна визначали динамічно, починаючи з формування «чорної точки» (вологість 35%) з інтервалом у 5 днів [23–25]. Для аналізу відбирали 2–3 см стрижня у трьох точках (низ, середина, верх), подрібнювали, двічі зважували по 5 г та висушували до повного зневоднення.

- *індекс ефективності продуктивності гібриду* – відношення урожайності до передзбиральної вологості. Показник, який чітко корелює з рівнем урожайності.

- *економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи* – валове виробництво, виробничі витрати, зокрема витрати, пов'язані на післязбиральну доробку (досушку 1т% зерна), собівартість зерна, чистий прибуток та рівень рентабельності.

Агротехнічні заходи вирощування кукурудзи здійснювались відповідно до загальноприйнятих технологій вирощування зернових культур та адаптовані до конкретних агроекологічних умов регіону. Попередником культури була соя. Після збирання попередника ґрунт обробляли дискуванням на глибину 10–12 см з метою подрібнення пожнивних решток та вирівнювання поверхні ґрунту. Основний обробіток ґрунту включав оранку на глибину 28–30 см, що забезпечувало оптимальні умови для розвитку кореневої системи та збереження вологи.

Норму мінеральних добрив визначали за балансовим методом, що враховує потребу рослин у поживних речовинах та вміст елементів у ґрунті. 90% фосфорних та калійних добрив вносили під основний обробіток ґрунту. Азотні добрива (аміачна селітра) застосовували в дозі N90 під передпосівну культивуацію для забезпечення початкового росту і розвитку рослин. Ранньовесняне боронування виконували за фізичної стиглості ґрунту під кутом до основного обробітку для руйнування ґрунтової кірки та контролю бур'янів. Під час інтенсивного відростання бур'янів проводили суцільну культивуацію на глибину 10–12 см, що сприяло механічному знищенню бур'янів та поліпшенню аерації ґрунту.

Ґрунтовий гербіцид вносили під передпосівну культивуацію на глибину 4–5 см безпосередньо перед сівбою кукурудзи, що дозволяло ефективно контролювати однорічні та багаторічні бур'яни.

Оптимальним строком сівби кукурудзи вважають період, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрітий до +10–12 °С. Як надто ранні, так і пізні строки сівби знижують продуктивність культури. Ранні строки сівби (прогрівання ґрунту до +8–10 °С) сприяють більш ранньому цвітінню волотей у рослин кукурудзи, що дозволяє раціональніше використовувати ґрунтові запаси вологи та знижує ризик негативного впливу посушливих періодів у критичні фази розвитку культури. За сприятливих умов проростання насіння та ефективного контролю бур'янів рання сівба має перевагу над пізньою за рівнем урожайності.

Норма висіву насіння визначалась згідно зі схемою досліду для забезпечення оптимальної передзбиральної густоти рослин і рівномірного використання ресурсів ґрунту.

Для контролю однорічних та багаторічних дводольних бур'янів додатково застосовували гербіцид у фазу 4–5 листків культури, що забезпечувало одночасний захист рослин від бур'янів. Норма висіву насіння визначалась відповідно до схем досліду. У фазу 7-8 листків проводили підживлення посівів азотними добривами з розрахунку 30 кг/га.

Збирання кукурудзи проводили у фазу повної стиглості зерна за варіантами дослідів із визначенням передзбиральної густоти рослин та вологості зерна, що дозволяло оцінити ефективність агротехнічних заходів та їх вплив на продуктивність культури.

## **РОЗДІЛ 3**

### **РІСТ, РОЗВИТОК ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ**

Ростові процеси кукурудзи є ключовим фактором формування надземної біомаси та забезпечення максимальної продуктивності культури. Інтенсивність росту рослин у різні фази розвитку визначає здатність культури ефективно використовувати ресурси ґрунту, світло та воду, що безпосередньо впливає на накопичення сухої речовини та формування урожаю.

Рослини кукурудзи мають генетично обмежені потенціали росту, які визначаються морфофізіологічними особливостями конкретного гібрида, зокрема висотою рослини, інтенсивністю поділу клітин та розміром листової поверхні. На практиці ці процеси модулюються агротехнічними факторами (строки сівби, норми висіву, внесення добрив, захист від бур'янів та шкідників) та метеорологічними умовами (температура, освітленість, вологість ґрунту і повітря).

Аналіз добового приросту рослин у висоту за міжфазними періодами та в цілому за вегетаційний період дозволяє кількісно оцінити вплив різних факторів на ростові процеси та продуктивність культури. Такий підхід дає змогу виділити критичні фази розвитку, у яких культура найбільш чутлива до стресових умов, і оптимізувати агротехнічні заходи для підвищення врожайності [40].

#### **3.1. Особливості проходження міжфазних періодів**

Розуміння процесів формування вегетативних та генеративних органів рослин кукурудзи, послідовності проходження якісних змін у рослинному організмі та ростових процесів дозволить управляти продуктивною складовою врожаю кукурудзи. Сприяння або мінімальне втручання в рослинний організм під час проходження етапів органогенезу мінімізує

ризика прояву аномальних відхилень та зниження продуктивності агроценозу загалом [41].

На будь-якому етапі органогенезу можливий негативний вплив як біотичного, так і абіотичного фактору, які можуть порушити або сповільнити весь подальший процес формування генеративних органів. Особливо відчутним такий вплив може бути на ранніх стадіях розвитку рослин (до 11-го листка) [42].

Гібриди кукурудзи, які характеризуються тривалим вегетаційним періодом та подовженим періодом від цвітіння до повної стиглості зерна, мають підвищену стійкість до враження стебловими гнилями порівняно із скоростиглими формами та коротким другим періодом розвитку рослин («цвітіння-повна стиглість зерна») [43].

У період, коли налив зерна менший за період «сходи-цвітіння качанів», інтенсивність наливу зерна невисока, що пов'язано зі зниженням маси 1000 зерен. Цей недолік компенсується значно кращою озерненістю качана. Зменшення періоду від сходів до викидання волоті призводить до зниження насінневої продуктивності [44].

За результатами наших фенологічних спостережень, які ми проводили на всіх ділянках (повтореннях) дослідів, встановлено, що на настання окремих фаз розвитку рослин кукурудзи найбільше впливали генетичні особливості, група стиглості (ФАО) і норма висіву насіння (табл. 3.1).

Дослідженнями встановлено, що кількісне розміщення рослин на площі обумовлювало різницю у проходженні окремих фаз росту і розвитку, так і вегетаційний період у цілому. При нормі висіву насіння 60 тис/га тривалість вегетації становила 127-137 днів. Найкоротший вегетаційний період 124 днів зафіксовано у гібрида Дубліккс. Збільшення норми висіву насіння до 80 тис/га обумовило подовження вегетації у гібриду Макксалія до 137 днів, Дубліккс і Р9234 – відповідно до 130 і 135 днів.

Таблиця 3.1

**Тривалість фаз розвитку рослин та дозрівання зерна гібридів кукурудзи,  
діб, (середнє за 2024-2025 рр.)**

Гібрид	Норма висіву, тис/га	Ріст і розвиток рослин					Формування і дозрівання зерна			Тривалість вегетаційного періоду, діб
		ВВВСН 00-09 (проростання насіння)	ВВВСН 10-19 (формування листкового апарату)	ВВВСН 30-39 (вихід у трубку)	ВВВСН 51-59 (поява суцвіть)	ВВВСН 61-69 (цвітіння)	ВВВСН 71-79 (молочна стиглість)	ВВВСН 83-85 (воскова стиглість)	ВВВСН 87-89 (повна стиглість)	
Максалия	60	12	45	15	7	8	15	13	12	127
	70	12	45	17	8	9	16	13	12	132
	80	12	47	19	8	9	16	13	13	137
Дубліккс	60	12	43	15	6	7	14	14	13	124
	70	12	43	15	7	7	14	14	13	125
	80	12	43	17	7	8	16	14	13	130
P9234	60	12	43	15	7	8	15	14	13	127
	70	12	43	16	8	8	16	14	13	130
	80	12	45	17	8	9	16	14	14	135

Визначення тривалості окремих міжфазних періодів і вегетаційного періоду дозволило нам стверджувати, що на загущення посівів найменше реагував гібрид Дубліккс, що обумовлено чітко вираженим еректофільним формуванням листової поверхні. Так, збільшення норми висіву з 60 до 80 тис. га обумовило подовження вегетації на 6 днів, тоді як у Максалиї – на 10 і P9234 – на 8 днів.

На нашу думку різна реакція гібридів на тривалість вегетації обумовлена темпами стартового росту, зокрема у гібриду Дубліккс відмічено більш інтенсивний ріст – тривалість періоду ВВВСН 10-19 склав 43 дні,

проти 46 – у гібриду Макксалія. Також відмітимо, що особливості проходження вегетації також обумовлюється архітектонікою рослин. Рослинам кукурудзи гібриду Дубліккс характерне чітко виражене еректофільне формування листового апарату, Макксалія і Р9234 – напіверектофільний тип. Таким чином, у посівах гібридів з еректофільним розміщенням листків менш відчутна конкуренція за світловий режим, внаслідок чого і не спостерігається відхилення у тривалості вегетаційного періоду.

### **3.2. Лінійний ріст рослин кукурудзи**

Серед важливих морфобіологічних ознак, що обумовлюють ріст і подальший розвиток рослин, особливе значення має висота рослин [5, 9–12]. Особливості росту і розвитку кукурудзи в процесі онтогенезу дозволяє своєчасно коригувати агротехнічні заходи для підвищення продуктивності культури [15]. Висота рослин є одним із ключових біометричних показників, що характеризує їхній ріст. Цей параметр може варіювати залежно від технологічних заходів та погодних умов. Стебло кукурудзи відзначається інтенсивним ростом і високою щільністю тканин [22]. Між висотою стебла та скоростиглістю гібриду виявлено негативну кореляцію, при цьому обидва показники істотно залежать від факторів зовнішнього середовища [13, 14, 20].

Оптимізація площі живлення кукурудзи сприяє прискоренню темпів накопичення зеленої маси, що зумовлено інтенсивним розвитком листової поверхні та ростом стебла. Це, у свою чергу, покращує ефективність використання ґрунтової вологи, що обумовлює підвищення врожайності культури [11].

Вважається, що до фази трьох листків, рослини кукурудзи розвиваються за рахунок запасних поживних речовин які містяться у насініні і тільки пізніше зазначеної фази рослини переходять на автотрофне живлення. Після появи третього листка у рослин кукурудзи починає

інтенсивно розвиватися коренева система і вона починає поглинати самостійно поживні речовини. Як свідчать літературні джерела [15], максимальні темпи лінійного росту рослин припадають на період до викидання волотей. Після викидання волотей ріст рослин у висоту майже не відбувається [15, 16].

Біометричні параметри рослин кукурудзи визначали у фазах активного росту на дослідних ділянках у двох несуміжних повтореннях для забезпечення репрезентативності вибірки. На кожній ділянці відбирали типові рослини, за якими проводили вимірювання основних морфологічних показників — висоти рослин, висоти прикріплення качана, кількості листків, довжини та ширини листкової пластинки.

Для оцінки інтенсивності ростових процесів протягом вегетації проводили систематичні вимірювання висоти рослин із певним інтервалом (через 3–5 днів). За отриманими даними розраховували добовий приріст рослин у висоту (см/добу), який визначали за формулою:

$$\text{Добовий приріст} = \frac{H_2 - H_1}{t_2 - t_1}$$

де

$H_1, H_2$  – висота рослини на початку та в кінці періоду спостереження, см;  
 $t_2 - t_1$  – кількість днів між вимірюваннями.

Коливання добового приросту використовували для оцінки впливу окремих факторів (сортових особливостей, густоти стояння, умов живлення, вологозабезпечення тощо) на перебіг продукційних процесів у рослин кукурудзи. Залежно від динаміки росту визначали періоди інтенсивного наростання вегетативної маси, стабілізації та припинення росту, що давало змогу більш об'єктивно оцінити реакцію культури на дію досліджуваних чинників (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Висота рослин гібридів кукурудзи залежно від норми висіву насіння, см  
(середнє за 2024-2025 рр.).**

Гібрид	Норма висіву, тис. сх. нас/га	Висота рослин у фазу росту й розвитку, см			
		ВВСН 10-19	ВВСН 30-39	ВВСН 61-69	ВВСН 87-89
Макксалія	60	33	98	193	183
	70	34	103	205	193
	80	36	110	218	201
Дубліккс	60	35	103	206	196
	70	35	110	212	203
	80	35	115	222	208
P9234	60	30	108	218	213
	70	30	113	225	218
	80	30	121	238	225

Дослідження засвідчили, що найінтенсивніші ростові процеси кукурудзи у висоту відбувалися до фази цвітіння качанів, коли відзначалося суттєве збільшення цього показника. Середня висота рослин гібридів становила 190–235 см. У фазі ВВСН 10–19 висота рослин варіювала залежно від факторів досліду в межах 30–36 см. Максимальні значення у фазі ВВСН 30–39 спостерігалися у гібрида P9234 при нормі висіву 80 тис. шт./га – 121 см, а в фазі цвітіння качанів (ВВСН 61–69) ця рослина досягала 238 см. У фазу повної стиглості зерна висота гібрида Макксалія становила 183–201 см, Дубліккс – 196–208 см.

Отже, підвищення норми висіву насіння стимулює інтенсивніший ріст рослин у висоту, що, ймовірно, пов'язано з посиленою конкуренцією за світло, проявом явища «загального витягування стебла» у загущених посівах. Це може призвести до стеблового вилягання та зниження врожайності через зменшення передзбиральної густоти стояння.

Висота рослин має важливе значення для технологічності збирання кукурудзи. Для запобігання втратам через низьке розташування качана вона не повинна бути меншою за 200 см. Водночас високорослі рослини мають

більшу листостеблову масу, що може перевантажувати комбайн, а при висоті понад 300 см виникають труднощі під час поливу.

За результатами спостережень, усі гібриди мали оптимальні параметри висоти для якісного збирання врожаю. Так, гібриди Макксалія і Р9234 формували початки на висоті 84 см, а Дубліккс – 75 см. Збільшення норми висіву до 90 тис./га призводило до підвищення висоти прикріплення початку на 6–8 см у всіх гібридів.

Висота кріплення початку качана безпосередньо залежить від розвитку вторинної кореневої системи, зокрема від кількості вузлових коренів, які формує рослина. Гібриди, у яких початок розташовується в пазухах 10–12 листка, утворюють 6–8 ярусів вторинних коренів, що сприяє більш ефективному поглинанню води та поживних речовин із ґрунту. У гібридів з кріпленням початку в пазухах 7–8 листка формується 5–7 ярусів, а у тих, де початок закріплюється нижче, цей показник ще менший, що обмежує можливості рослин підтримувати інтенсивний ріст та оптимальне заповнення качанів зерном.

Таким чином, гібриди Макксалія та Р9234, завдяки більш потужній і добре розвиненій кореневій системі, проявляють підвищену посухостійкість і більш стабільну продуктивність. У порівнянні з ними гібриди з меншим числом ярусів вторинних коренів демонструють меншу стійкість до дефіциту вологи, що може призводити до зниження врожайності в умовах посухи та обмежених ресурсів ґрунту.

Отже, розвиток кореневої системи є важливим морфологічним показником, який визначає адаптивні можливості гібридів кукурудзи та їхню здатність формувати високий і стабільний урожай.

### **3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи**

Формування врожаю – це результат фотосинтетичної продуктивності рослин, що визначається передусім оптимальним розміром фотосинтезувальної листкової поверхні посіву. Чим більше відповідає площа

листяної поверхні еколого-біологічним особливостям агроценозу, тим повніше фіксується посівом сонячна радіація, енергійніше відбувається синтез органічної речовини в рослині [41].

Існує досить тісний зв'язок між умовами проходження процесу фотосинтезу й продуктивністю рослин. У зв'язку із цим велике значення мають показники: інтенсивність і тривалість роботи фотосинтетичного апарату, продуктивність фотосинтезу [42].

Фотосинтез є основою первинної біопродуктивності природних екосистем і формування врожаю сільськогосподарських культур. Він є основою всієї накопиченої в рослині енергії [43]. Проте зв'язок між його інтенсивністю та продуктивністю господарсько-цінних органів простежується не завжди. Це зумовлено опосередкованим впливом характеру розподілу асимільованого вуглецю в донорно-акцепторній системі рослини [44].

У наукових працях вказано, що для сільськогосподарських культур оптимальна площа листків коливається в межах 2–7 м на 1 м посіву. Такі посіви найефективніше поглинають енергію фотоінтетично-активної радіації, що надходить. Від розмірів і просторової структури листків залежить кількість поглинутої посівом енергії, можливої первинної продукції органічних речовин і сумарна транспірація [12].

Для суттєвого впливу на продуктивність не досить мати оптимальну сумарну площу листкової поверхні. Важливо, щоб вона швидко формувалась і тривалий період функціонувала, тобто мала високий фотосинтетичний потенціал [13]. Досягнення оптимальної величини асиміляційної поверхні посіву й значення фотосинтетичного потенціалу може бути забезпечене шляхом застосування необхідних агротехнічних прийомів [14].

Інтенсивність фотосинтезу – це вирішальний чинник формування врожаїв у тих випадках, коли ліквідована лімітована дія більшості інших чинників (оптимум елементів мінерального живлення та

вологозабезпеченість, щільність агроценозу тощо). Необхідно зазначити, що точні величини інтенсивності фотосинтезу, які необхідні для одержання максимальної продуктивності рослин, натеper остаточно не визначені [15].

Зважаючи на це, важливого значення набуває вивчення особливостей формування фотосинтетичного потенціалу та його зв'язку із зерною продуктивністю гібридів кукурудзи різних груп стиглості й за різних способів поливу. Це питання є важливим та актуальним для сільськогосподарських підприємств нашого регіону, що займаються вирощуванням зернової кукурудзи

Формування потенціалу врожайності польових культур відбувається ще до цвітіння, коли закладається листкова поверхня, формується активна коренева система, відбувається інтенсивне накопичення пластичних речовин. Фізіологічна відповідь рослини на температурний стрес та дефіцити вологи включає зниження тургору, порушення фотосинтетичної системи, гальмування ферментної активності, що разом призводить до недобору біомаси. Тому ключове завдання – мінімізувати ці втрати, підтримати фотосинтез, покращити використання вологи та зберегти потенціал репродуктивних органів.

Площа листків і їх кількість та особливості архітекtonіки на рослині є важливими елементами в ефективності фотосинтезу. Проведеними дослідженнями було встановлено, що площа засвоєння сонячної енергії окремою рослиною була найбільшою при нормі висіву 70 тис/га. Зі збільшенням густоти стояння рослин значення цього показника зменшується, що пояснюється взаємним затіненням асиміляційної поверхні, однак площа листків посіву на 1 га зростає (табл. 3.3).

Спостереження за динамікою формування асиміляційної поверхні кукурудзи засвідчили, що на ранніх етапах органогенезу рослини характеризувалися уповільненим наростанням вегетативної маси. Це зумовлено переважним спрямуванням пластичних речовин на формування кореневої системи та закладання основних морфогенетичних структур, що є

типовим для С<sub>4</sub>-рослин у початковій фазі розвитку. У цей період площа листкової поверхні збільшувалася незначними темпами, оскільки листки перебували у стадії активного росту, але ще не досягли повної функціональної зрілості.

**Таблиця 3.3**

**Площа листків (тис. м<sup>2</sup>/га) гібридів кукурудзи та ФП (млн. м<sup>2</sup> днів/га) залежно від норми висіву насіння, (середнє за 2024-2025 рр.).**

Гібрид	Норма висіву насіння, тис./га	Фаза росту й розвитку рослин				Фотосинтетичний потенціал
		ВВВСН 10-19	ВВВСН 30-39	ВВВСН 61-69	ВВВСН 87-89	
Макксалія	60	6,9	16,0	37,7	32,8	2,85
	70	6,9	16,6	40,6	33,3	3,07
	80	7	17,5	42,7	34,5	2,7
Дубліккс	60	6,1	14,8	35,0	29,4	2,63
	70	6,2	15,1	36,6	30,8	2,96
	80	6,4	15,5	38,2	31,4	2,87
P9234	60	7,3	16,1	39,3	34,4	3,42
	70	7,4	17,8	43,1	36,0	3,21
	80	8,0	19,3	44,8	34,4	2,54

Максимальну площу листків відмічено у фазі цвітіння (ВВВСН 61–69), коли рослини досягали піку фотосинтетичної активності. У цей період формувалася найбільша площа листків, яка в умовах проведеного дослідження становила 37,7–44,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Саме на цьому етапі органогенезу асиміляційний апарат максимально сприяє нагромадженню органічних речовин, необхідних для формування генеративних органів і майбутнього врожаю зерна.

Подальші спостереження свідчать, що в період дозрівання зерна (ВВВСН 87–89) асиміляційна поверхня поступово зменшувалася. Це пов'язано з фізіологічним старінням рослин, інтенсивністю процесів сенесценції та природним відмиранням листків. У цей час у рослин посилюється ремобілізація запасних речовин із вегетативних органів до зерна, що додатково знижує життєздатність листкової тканини. Внаслідок цього площа листків зменшувалася до 29,4 тис. м<sup>2</sup>/га на варіанті гібриду Дубліккс і формування 60 тис./га і 36,0 тис. м<sup>2</sup>/га – при нормі висіву 70 тис./га у гібриду Р9234. Зменшення асиміляційної поверхні на пізніх етапах розвитку є характерним для кукурудзи та відображає завершення онтогенетичного циклу та перехід рослин до стадії повного фізіологічного досягання.

Варто зазначити, що підвищення норми висіву до 80 тис. схожих насінин на гектар, сприяло збільшенню сумарної площі асиміляційного апарату рослин. Зокрема, у гібрида Макксалія цей показник зріс від 37,7 до 42,7 тис. м<sup>2</sup>/га, що свідчить про покращення структури посіву та більш ефективне використання рослинами світлових та просторових ресурсів. У гібрида Дубліккс також відмічено аналогічну тенденцію: площа листків збільшилася з 35,0 до 38,2 тис. м<sup>2</sup>/га, що вказує на позитивну реакцію цього генотипу на ущільнення стояння рослин.

Найвищі показники розвитку листкової поверхні зафіксовано у гібрида Р9234, де площа листків становила 39,3–44,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Це свідчить про інтенсивний перебіг фотосинтетичних процесів у посівах цього гібрида. Висока асиміляційна здатність гібрида Р9234 може бути зумовлена його морфофізіологічними особливостями, зокрема більшою товщиною листкової пластинки, активністю фотосинтетичного апарату та ефективнішою системою розміщення листків у просторі, що сприяє максимальному засвоєнню фотосинтетичної активної радіації (ФАР).

Також нами було досліджено вплив норми висіву рослин на індекс листкової поверхні (ІЛП) – це інтегральний показник, що характеризує

сумарну площу фотосинтезувальної поверхні рослин на одиницю площі посіву. Цей індекс визначає здатність агроценозу поглинати та ефективно використовувати сонячну радіацію, від якої безпосередньо залежить інтенсивність фотосинтезу, а відповідно, швидкість наростання сухої речовини та, опосередковано, рівень формування врожайності зерна.

За даними багатьох дослідників, ІЛП розглядається як ключовий параметр, що визначає ефективність газообміну між атмосферою та біомасою агроценозу, оскільки через листову поверхню здійснюються процеси поглинання  $\text{CO}_2$  та виділення  $\text{O}_2$ . Оптимальні значення ІЛП для отримання максимальної врожайності зерна кукурудзи, за загальноприйнятою науковою позицією, знаходяться в межах 3–5. Саме в цьому діапазоні забезпечується найбільш продуктивне використання світлових ресурсів, коли листовий полог є достатньо щільним для повного перехоплення фотосинтетично активної радіації, але водночас не створює надмірного затінення нижніх ярусів листків [24, 41, 45-51].

У наших дослідженнях встановлено чітку тенденцію до підвищення індексу листової поверхні зі збільшенням густоти стояння рослин (табл. 3.3), що узгоджується з відомими закономірностями формування фітомаси в агроценозах кукурудзи. Підвищення густоти стеблостою призводить до більш повного використання площі живлення та посилення конкурентних взаємодій між рослинами, що, у свою чергу, стимулює розвиток листового апарату з метою максимально ефективного залучення сонячного випромінювання.

Важливим показником фотосинтетичної діяльності рослин є фотосинтетичний потенціал, який характеризує потенційні можливості функціонування листового апарату впродовж вегетаційного періоду. Фотосинтетичний потенціал посівів певно характеризує фактичні можливості агроценозу щодо асиміляційних процесів і різновекторно реагує на окремі елементи технології.

Фотосинтетичний потенціал – це показник фотосинтетичної діяльності посівів, який характеризує продуктивність асиміляційного апарату протягом вегетаційного періоду. Даний показник чітко корелює з рівнем урожайності. Встановлено, що 1000 одиниць фотосинтетичного потенціалу забезпечують формування від 2,2 до 3,5 кг зерна кукурудзи.

Нашими дослідженнями встановлено, що найвищим фотосинтетичний потенціал формувалася у середньораннього гібриду Р9234 – 3,42 млн. м<sup>2</sup> днів/га при нормі висіву насіння 60 тис/га, що обумовлено формуванням більшої площі листів та більш тривалим вегетаційним періодом, тобто більшою ймовірністю формування органічної речовини. На варіанті з нормою висіву 80 тис/га – фотосинтетичний потенціал зменшився до 2,54 млн. м<sup>2</sup> днів/га. У гібридів Макксалія і Дубліккс вищим фотосинтетичний потенціал був при нормі висіву 70 тис/га становив відповідно 3,07 і 2,96 млн. м<sup>2</sup> днів/га.

Важливим показником фотосинтетичної діяльності в посівах є також чиста продуктивність фотосинтезу (далі – ЧПФ), що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю протягом доби в розрахунку на 1 м<sup>2</sup> листової поверхні рослин [18, 27].

Чиста продуктивність фотосинтезу є показником ефективності елементів агротехнічних заходів. Установлено, що цей показник залежить від досліджуваних факторів – біологічних особливостей гібридів кукурудзи й від норми висіву насіння (табл. 3.4).

**Таблиця 3.4**

**Чиста продуктивність фотосинтезу (г/ м<sup>2</sup> за добу) гібридів кукурудзи у фазу цвітіння волотей залежно від норми висіву насіння, (середнє за 2024-2025 рр.)**

Гібрид	Норма висіву насіння, тис. сх. насінин/га		
	60	70	80
Макксалія	7,8	8,2	7,0

Дубліккс	8,0	8,4	7,2
P9234	8,7	7,9	6,7

Проведеними дослідженнями встановлено, що високі показники чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) формувалися на варіантах досліду, де забезпечувалися оптимальні умови для перебігу фотосинтетичних процесів у посівах кукурудзи. Йдеться, передусім, про ті варіанти, у яких інтенсивність поглинання рослинами діоксиду вуглецю залишалася на високому рівні, що є визначальним чинником для синтезу органічних речовин та накопичення біомаси.

Установлено, що для гібридів Макксалія та Дубліккс найвищі значення ЧПФ спостерігалися за норми висіву 70 тис. насінин/га. Це свідчить про те, що саме за таких параметрів густоти створювалися найбільш сприятливі умови для балансу між листковою поверхнею, доступністю світла та ефективністю газообміну. Натомість у гібрида P9234 максимальні показники ЧПФ відмічено при меншій нормі висіву – 60 тис. насінин/га, що демонструє його специфічні морфофізіологічні особливості та більшу чутливість до загущення.

У цілому, найкращі умови фотосинтетичної діяльності були зафіксовані у гібрида P9234 саме за норми висіву 60 тис. насінин/га. Це підтверджує, що надмірне збільшення густоти стояння, особливо до 80 тис. рослин/га, призводило до погіршення фотосинтетичної продуктивності у всіх досліджуваних гібридів. Загущення посівів супроводжувалося посиленням внутрішньовидової конкуренції за світло, зростанням ступеня затінення нижніх ярусів листків та зменшенням інтенсивності поглинання CO<sub>2</sub>, що загалом негативно впливало на ефективність роботи фотосинтетичного апарату.

### **3.4. Формування врожайності зерна кукурудзи**

Кореляційний аналіз даних засвідчує, що між фотосинтетичним потенціалом гібридів кукурудзи й урожайністю зерна існує сильний позитивний кореляційний зв'язок, коефіцієнт кореляції становив  $r = 0,878$ . Це свідчить про те, що за умов оптимальної вологозабезпеченості важливими елементами технології вирощування кукурудзи будуть ті, що приводять до збільшення площі листкової поверхні й подовження тривалості фізіологічної активності фотосинтетичного апарату. Таке подовження тривалості вегетації можливе як шляхом оптимізації елементів технології (вологозабезпеченість), так і шляхом обрання гібридів кукурудзи з більшої групи ФАО [40,47].

Серед широкого спектра господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи, що визначають рівень фактичної та потенційної продуктивності, ключове значення належить структурним елементам структури врожайності. Формування високої врожайності зерна можливе лише за умов досягнення оптимальних параметрів таких показників, як маса 1000 зерен, число рядів у качані, кількість зерен у ряду, загальна кількість зерен у початку, а також морфометричні характеристики качана – його довжина та діаметр [4,18, 40, 51].

В агрофітоценозах кукурудзи, як і в будь-якій рослинницькій системі, за зміни величини одних елементів структури змінюються інші, що визначається компенсаторною здатністю та генетично детермінованими межами варіювання ознак продуктивності [11, 43]. Так, у дослідженнях збільшення індивідуальної продуктивності рослин забезпечувала їх оптимальна густота, а на показники кількості рядів і зерен у ряді щільність посіву значного впливу не справила [17]. Також необхідно враховувати, що процеси формування структурних елементів врожаю не менше залежать і від некерованих факторів середовища [15,2 6].

Недостатній розвиток одного зі структурних елементів частково компенсується іншими складовими, що зумовлено диференційованим формуванням елементів структури врожайності упродовж різних етапів

органогенезу, які потребують специфічних умов для повноцінної реалізації. У цілому метеорологічні умови в період проведення досліджень сприяли нормальному росту й розвитку рослин кукурудзи як на ранніх етапах онтогенезу, коли закладалися вегетативні та генеративні органи, так і на пізніших фазах, упродовж яких відбувалась реалізація закладеного потенціалу структурних елементів. Оптимальний режим тепла й вологи забезпечив гармонійний розвиток усіх складових структури врожайності (табл. 3.4).

**Таблиця 3.5**

**Формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від норми висіву насіння, (середнє за 2024-2025 рр.)**

Гібрид	Норма висіву насіння, тис./га	Елементи структури врожаю кукурудзи				
		Передзбиральна густина стояння рослин, тис./га	кількість початків на 100 рослинах, шт	кількість зерен у початку, шт	маса 1000 зерен, г	маса зерна з початку, г
Макксалія	60	56,2	108	497	253	125,7
	70	63,2	102	481	228	109,7
	80	70,7	92	437	202	88,3
Дубліккс	60	56,3	110	479	243	116,4
	70	63,5	101	457	232	106,0
	80	71,4	95	451	216	97,4
P9234	60	56,4	105	535	280	149,8
	70	63,3	96	477	243	115,9
	80	70,4	90	416	208	86,5

Нашими дослідженнями встановлено, що індивідуальна продуктивність кукурудзи є результатом утворення окремих складових її

структури: кількості качанів, кількості зерен у качані та маси 1000 зернин. Згадані вище складові врожайності зерна у дослідженнях формувались гібридами кукурудзи змінною нормою висіву насіння. До зниження значення цих ознак призводило зменшення площі живлення рослин.

Важливим елементом формування зернової продуктивності гібридів кукурудзи є кількість качанів на одній рослині, або одиниці площі. У результаті проведеного нами дослідження встановлено, що гібриди кукурудзи формували різну кількість качанів.

Кількість сформованих качанів на 100 рослин варіювала в межах 90–110 шт. Із підвищенням норми висіву спостерігалось зменшення цього показника, що зумовлено посиленням внутрішньовидової конкуренції за вологу. Найбільш чітко цей ефект проявився у 2025 році, коли відмічався дефіцит ґрунтової вологи, починаючи з фази 11–13 листків, яка збігається з періодом інтенсивного лінійного росту та активного формування генеративних органів.

Кількість зерен з початку, маса 1000 насінин та маса зерна з одного качана закономірно зменшувалися зі зростанням норми висіву до 80 тис. рослин/га. Така динаміка пов'язана не лише з посиленням конкуренції між рослинами за вологу й елементи живлення, але й з особливостями фенології формування зернівок.

У міжфазний період від появи волоті до завершення цвітіння початку (фази R0–R1) кукурудза є особливо чутливою до дефіциту вологи (критичний період щодо вологи – за 10 днів до викидання волоті і протягом 20 наступних діб цвітіння (В.С. Циков, 2001), оскільки саме в ці фази відбувається запилення і початкове формування зав'язей. Подальший розвиток зернівок – від молочної стиглості (R2) до повної стиглості зерна (R6) – значною мірою залежить від здатності рослини забезпечити їх асимілятами, що істотно обмежується за надмірної густоти стояння [40, 47].

У наших дослідах, за норми висіву 80 тис. рослин/га конкуренція за природні фактори і елементи живлення, особливо в умовах періодичного

дефіциту ґрунтової вологи та присутності повітряної посухи, призводили до неповноцінного запліднення окремих квіток та абортції частини зав'язей у ранні етапи їх формування і розвитку. У результаті зменшувалася не лише кількість сформованих зернівок, а й їх маса через недостатнє забезпечення пластичними речовинами в період активного наливання.

Найбільшу масу зерна з початку досліджувані гібриди формували за норми висіву 60 тис. рослин/га. За таких умов густина стояння забезпечувала оптимальне співвідношення між листковою поверхнею, кореневою системою та забезпеченням рослин водою й поживними речовинами, що сприяло повноцінному запиленню, максимальному збереженню зав'язей та інтенсивному наливанню зернівок упродовж усього репродуктивного періоду.

Визначення врожайності зерна кукурудзи засвідчили, що в досліді виявлено вплив генетичних особливостей та кількісного розміщення рослин на площі на реалізацію природних ресурсів (табл. 3.6).

**Таблиця 3.6**

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від норми висіву насіння, т/га,**

Гібрид	Норма висіву насіння, тис./га	2024		2025		Середня врожайність зерна при вологості 14%, т/га
		передзбиральна густина, тис./га	урожайність, т/га	передзбиральна густина, тис./га	урожайність, т/га	
Макксалія	60	57,2	8,67	55,2	5,45	7,06
	70	64,4	8,85	62,0	5,01	6,93
	80	71,9	8,08	69,6	4,42	6,25
Дубліккс	60	57,5	7,98	55,1	5,12	6,55
	70	64,8	8,71	62,2	4,75	6,73
	80	72,6	9,72	70,3	4,20	6,96
P9234	60	57,6	10,55	55,3	6,37	8,46
	70	64,5	9,43	62,2	5,25	7,34
	80	71,7	7,57	69,1	4,61	6,09
HIP <sub>05</sub>			0,14		0,10	

Формування рівня врожайності зерна кукурудзи значною мірою залежало від погодних умов упродовж вегетаційного періоду. Особливо екстремальним за рівнем вологозабезпечення виявився 2025 рік, коли дефіцит ґрунтової вологи в критичні фази росту та розвитку (від викидання волоті до наливання зерна) істотно обмежив реалізацію потенціалу індивідуальної продуктивності рослин. Це призвело до недорозвитку структурних елементів качана, зокрема до зниження кількості зав'язей та інтенсивності їх наливання, що й зумовило формування зниженого рівня врожайності.

У дослідженні найвищу продуктивність гібриди забезпечували за норми висіву 60 тис. рослин/га, що формувало передзбиральну густоту на рівні 56,2–56,4 тис. рослин/га у середньому по варіантах (табл. 3.5). У 2025 році максимальну урожайність зерна 6,37 т/га забезпечив гібрид P9234. Збільшення норми висіву до 80 тис. рослин/га спричинило зниження врожайності гібридів на 17,9–27,6%, що пов'язано з посиленням конкурентних взаємовідносин у ценозі та погіршенням забезпечення вологою в умовах її дефіциту.

За сприятливіших умов зволоження у 2024 році врожайність коливалася від 7,57 т/га в гібрида P9234 за норми висіву 80 тис. рослин/га до 10,55 т/га за норми 60 тис. рослин/га. Це підтверджує, що оптимальна густота стояння за достатнього вологозабезпечення підсилює потенціал формування генеративних органів та підвищує масу зерна з одного качана.

Гібрид Макксалія проявив високу адаптивність і пластичність: незалежно від густоти стояння врожайність залишалася стабільною в межах 8,08–8,85 т/га. У гібрида Дубліккс, навпаки, відмічено тенденцію до підвищення врожайності зі збільшенням норми висіву — від 7,98 до 9,72 т/га, що свідчить про його кращу здатність формувати продуктивні посіви за підвищеної густоти.

У середньому за роки досліджень гібриди Макксалія та P9234 формували найвищу врожайність за норми висіву 60 тис. рослин/га —

відповідно 7,06 і 8,46 т/га, тоді як гібрид Дубліккс досягав максимального значення (6,93 т/га) за густоти 80 тис. рослин/га. Це підкреслює сортові особливості реакції на щільність стояння та необхідність диференційованого підходу до вибору норми висіву залежно від біологічних характеристик гібридів і ресурсного забезпечення року.

### **3.5. Вологовіддача – як елемент ресурсоощадної технології вирощування кукурудзи**

Несприятливими погодними умовами для кукурудзи вважають аномально високі температури, дефіцит опадів, град, а також заморозки, що можуть виникати до настання фізіологічної стиглості. За таких умов процес вологовіддачі загалом відбувається у звичайному напрямі, однак має низку специфічних особливостей, на які необхідно зважати.

Тривалий інтенсивний стрес (повітряна чи ґрунтова посуха, ураження хворобами зокрема гельмінтоспоріозом) у пізні фази наливання зерна призводить до передчасного відмирання рослин, формування дрібніших початків та прискореного утворення чорної точки.

Передчасне формування чорної точки та зменшення розмірів початків обумовлюють більш ранній початок вологовіддачі в рослин, які зазнали найбільшого впливу стресових чинників. Унаслідок цього посіви, що були ушкоджені несприятливими умовами, на момент збирання мають нижчу вологість зерна порівняно з рослинами, які проходили дозрівання у нормальному темпі.

Раннє припинення фізіологічних процесів через стрес також означає, що активне висушування зерна розпочинається у тепліший період вегетації, коли денні темпи вологовіддачі є вищими. Таким чином, хоча загальний механізм зневоднення залишається типовим, інтенсивність процесу зростає саме через зміну фазової прив'язки вологовіддачі до періоду з вищими температурами.

При цьому індивідуальні сортові особливості гібридів, що визначають швидкість віддачі вологи після настання фізіологічної стиглості та впливають на кінцеву вологість зерна під час збирання, залишаються критичним фактором при їх підборі.

У процесі фізіологічного дозрівання зерно кукурудзи підсихає з різною швидкістю, яка поступово знижується. Тому під час визначення строків збирання враховують середньодобову вологовіддачу: 0,8-1,2% при вологості зерна 35-40%; 0,5-0,7% (30-35%) та 0,3-0,4% (25-30%). Інтенсивна вологовіддача зерна кукурудзи практично припиняється при зниженні середньодобової температури повітря до +5-6°C та відносній вологості 80-90%. Тому в таких умовах переносити строки збирання на більш пізні вже недоцільно, оскільки вологість зерна суттєво не знижується та не буде досягати норми.

Кращими за вологовіддачею вважаються гібриди кукурудзи із зубовидним типом зерна та тонким стрижнем (діаметром до 26 мм). Саме за рахунок даних характеристик відбувається швидше зниження вологості зернівки. Технологічно при вирощуванні гібридів різних груп стиглості збирання слід розпочинати з ранньостиглих або середньоранніх, щоби більш пізні знизили вологість зерна.

Нашими дослідженнями встановлено, що на темпи вологовіддачі вплинули погодні умови досягання врожаю та морфологічні і генетичні особливості гібридів (табл. 3.7).

**Таблиця 3.7**

**Передзбиральна вологість зерна кукурудзи залежно від норми висіву насіння, %**

Гібрид	Норма	2024	2025	
--------	-------	------	------	--

	висіву насіння, тис./га	передзбиральна густота, тис./га	Передзбиральна вологість%	передзбиральна густота, тис./га	Передзбиральна вологість%	Середня передзбирал ьна вологість зерна, %
Макксалія	60	57,2	24,5	55,2	18,6	21,6
	70	64,4	25,7	62,0	19,0	22,4
	80	71,9	27,4	69,6	19,5	23,5
Дубліккс	60	57,5	25,7	55,1	18,9	22,3
	70	64,8	26,4	62,2	19,2	22,8
	80	72,6	27,9	70,3	19,7	23,8
P9234	60	57,6	22,1	55,3	16,2	19,2
	70	64,5	22,6	62,2	16,7	19,7
	80	71,7	24,0	69,1	17,1	20,6

Передзбиральна вологість зерна залежала від умов вологозабезпечення року та особливостей гібридів віддавати вологу при дозріванні. Швидкі темпи вологовіддачі зафіксовано у 2025 році, що пов'язано з дефіцитом вологи, і як наслідок, скороченням вегетаційного періоду. Так, передзбиральна вологість становила від 16,2% до 19,7%. У вологому році передзбиральна вологість зерна була вищою і коливалася від 22,1% до 27,9%. Збільшення норми висіву зумовило підвищення передзбиральної вологості на 0,5-1,7%. Кращі темпи вологовіддачі відмічено у гібрида P9234 – 19,2-20,6%.

Для комплексної оцінки технології вирощування кукурудзи слід розрахувати індекс ефективності продуктивності гібрида, який базується на використанні показників рівня врожайності зерна і передзбиральної вологості (табл. 3.8).

**Таблиця 3.8**

**Індекс ефективності продуктивності гібридів кукурудзи  
(середнє за 2024-2025 рр.)**

Гібрид	Норма висіву	Урожайність, т/га	Передзбиральна вологість, %	Індекс ефективності
--------	-----------------	----------------------	--------------------------------	------------------------

	насіння, тис/га			продуктивності гібрида (ІЕПГ)
Макксалія	60	7,06	21,6	0,33
	70	6,93	22,4	0,31
	80	6,25	23,5	0,27
Дубліккс	60	6,55	22,3	0,29
	70	6,73	22,8	0,30
	80	6,96	23,8	0,29
P9234	60	8,46	19,2	0,44
	70	7,34	19,7	0,37
	80	6,09	20,6	0,30

Чим вищий індекс ефективності продуктивності гібриду, тим вищий рівень рентабельності. Наші розрахунки засвідчили, що найвищий індекс ефективності в досліді забезпечував гібрид P9234 при нормі висіву насіння 60 тис/га – 0,44. У гібриду Макксалія даний показник був нижчим і становив 0,33, за 60 тис./га. У гібриду Дубліккс він був мінімальним 0,2-03,0, але відносно стабільним за різних норм висіву насіння..

У таблиці 3.9 наведено методику розрахунку вартості врожаю з урахуванням витрат на післязбиральну доробку зерна для доведення його до базової (стандартної) вологості 14%. При розрахунках враховано витрати на досушку 1т% зерна – 300 грн, а вартість 1 т зерна – 8000 грн.

**Таблиця 3.9**

**Розрахунок вартості витрат на доробку зерна кукурудзи за цінами 2025 року та економічна ефективність виробництва кукурудзи**

Гібрид	Норма висіву насіння, тис/га	Різниця на базову вологість,%	Витрати на доробку, грн/га	Вартість врожаю, грн/га	Вартість врожаю з урахуванням доробки, грн/га

Макксалія	60	7,6	16097	56480	40383
	70	8,4	17464	55440	37976
	80	9,5	17813	50000	32188
Дубліккс	60	8,3	16310	52400	36091
	70	8,8	17767	53840	36073
	80	9,8	20462	55680	35218
P9234	60	5,2	13198	67680	54482
	70	5,7	12551	58720	46169
	80	6,6	12058	48720	36662

Наші розрахунки засвідчили, що найбільші витрати на післязбиральну доробку зерна (сушка) відмічено при вирощуванні гібриду Дубліккс з нормою висіву насіння 80 тис/га, що складає 20 462 грн/га, тоді як у гібриду P9234 найвищі витрати при нормі висіву 60 тис/га – 13 198 грн/га. Найвищу вартість продукції отримано при вирощуванні гібриду P9234 з нормою висіву 60 тис/га, що становить 67 680 грн/га. Отже, рівень урожайності і темпи вологовіддачі істотно впливають на рентабельність виробництва зерна кукурудзи.

Отже, з точки зору економічної ефективності найраціональнішим є використання зубовидних гібридів кукурудзи, які характеризуються високим генетичним потенціалом урожайності та інтенсивними темпами вологовіддачі. Такі гібриди здатні ефективно конвертувати доступні природні ресурси (воду, світло та поживні речовини) у валовий продукт, забезпечуючи при цьому зменшення витрат на досушування зерна та підвищення рентабельності виробництва. Крім того, швидкі темпи віддачі вологи дозволяють скоротити строки збирання та мінімізувати втрати від погодних ризиків у пізні фази вегетації.

## ВИСНОВКИ

1. Кількісне розміщення рослин на площі впливало на тривалість окремих фаз росту та розвитку і вегетаційний період загалом. При нормі висіву 60 тис./га він становив 127–137 днів, найкоротший – 124 дні у гібрида Дубліккс. Збільшення густоти до 80 тис./га подовжувало вегетацію: Макксалія – до 137 днів, Дубліккс – 130 днів, Р9234 – 135 днів.

2. Висота рослин залежала від фази розвитку та норми висіву. У фазі ВВСН 10–19 вона становила 30–36 см; у фазі ВВСН 30–39 максимальна висота була у Р9234 при 80 тис./га – 121 см, у фазі цвітіння – 238 см. У фазі повної стиглості висота Макксалія становила 183–201 см, Дубліккс – 196–208 см.

3. Максимальна площа листків спостерігалася у фазі цвітіння (ВВСН 61–69) та становила 37,7–44,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Це забезпечувало інтенсивний фотосинтетичний процес і накопичення органічних речовин для формування генеративних органів.

4. Збільшення норми висіву до 80 тис./га сприяло зростанню площі листків: Макксалія – до 42,7 тис. м<sup>2</sup>/га, Дубліккс – до 38,2 тис. м<sup>2</sup>/га. Найбільшу листову площу мав Р9234 – 39,3–44,8 тис. м<sup>2</sup>/га, що вказує на високу фотосинтетичну активність завдяки морфофізіологічним особливостям гібриду.

5. Фотосинтетичний потенціал був найвищим у середньораннього Р9234 при 60 тис./га – 3,42 млн м<sup>2</sup> днів/га. Збільшення норми висіву до 80 тис./га зменшувало його до 2,54 млн м<sup>2</sup> днів/га. У Макксалія та Дубліккс максимальний фотосинтетичний потенціал спостерігався при 70 тис./га – відповідно 3,07 і 2,96 млн м<sup>2</sup> днів/га.

6. Урожайність гібридів також залежала від норми висіву: Макксалія та Р9234 досягали максимальних показників при 60 тис./га – 7,06 та 8,46 т/га, Дубліккс – при 80 тис./га – 6,93 т/га. Це підкреслює необхідність диференційованого підходу до підбору густоти залежно від біологічних особливостей гібридів та ресурсного забезпечення року.

7. Темпи вологовіддачі змінювалися залежно від погодних умов: у посушливому 2025 році вони були високими, передзбиральна вологість – 16,2–19,7%, у вологому році – 22,1–27,9%. Збільшення норми висіву підвищувало передзбиральну вологість на 0,5–1,7%. Найкращі темпи вологовіддачі відзначені у Р9234 – 19,2–20,6%.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для формування стабільно високої врожайності зерна кукурудзи 8-10 т/га з швидкими темпами вологовіддачі рекомендуємо висівати середньоранній гібрид Р3294 (ФАО 300) з нормою висіву 60 тис/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Influence of cultivation technology on the growth and development of sweet corn plants of hybrid Moreland F1. Ya. Hryhoriv, S. Butenko, A. Hotvianska, N. Nozdrina, V. 76 Таврійський науковий вісник № 137 Rozhko, O. Karpenko, O. Sykalo, A. Kustovska, V. Toryanik, I. Salatenko. Ecological Engineering & Environmental Technology (EET). Vol. 23(6), 2022. P. 104-110. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/152917>
2. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні. Агроном. 2015. № 1. С. 130–138.
3. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Водоспоживання гібридів кукурудзи залежно від елементів технології в зрошуваних умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2019. Вип. 108. С. 12-18.
4. Джура Ю., Марченко О. Посухостійкість та регіональне позиціонування гібридів кукурудзи. Зерно. 2014. № 11. С. 66–69.
5. Вожегова Р. А., Белов Я. В. Вплив густоти стояння рослин та фону живлення на водоспоживання та продуктивність гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. Зрошуване землеробство. Херсон, 2019. Вип. 72. С. 4–7.
6. Кліщенко С. В. Особливості сучасних світових технологій вирощування кукурудзи. Київ : ЕНЕМ, 2006. 120 с.
7. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2016. №11. С. 31–38
8. Хаблак С. Адаптація технології вирощування кукурудзи до кліматичних змін /С. Хаблак // Агробізнес сьогодні . – 2020. - № 24 (439). – С. 34-38.
9. Філіпов Г. Л. Оцінка генотипів кукурудзи на стійкість до загущення посівів. Агроном. 2015. № 1. С. 112–115.

10. Zymarioieva, A. A. (2018). Osoblyvosti rostorovo-chasovoho trendu vrozhaivosti zernovykh i zernobobovykh kultur u Poliskii ta Lisostepovii zonakh Ukrainy [Features of the spatiotemporal trend of grain and grain legumes yields in forest and forest-prairie zone of Ukraine]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii, 3, 66–73. doi: 10.31210/visnyk2018.03.10 (in Ukrainian).

11. Бомба М., Дудар І., Литвин О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від площі живлення. вісник львівського національного аграрного університету. Серія «Агрономія». 2013. № 17 (2). С. 64–67.

12. Влащук А. М., Конащук О. П., желтова А. Г, Колпакова О. С. Формування врожаю нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від елементів технології в умовах Степової зони України на зрошенні / Зрошуване землеробство. 2016. вип. 65. С. 86–89.

13. Марченко Т.Ю., Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О. Інноваційні гібриди кукурудзи різних груп ФАО для зрошуваних умов / Т.Ю. Марченко, Р.А. Вожегова, Ю.О., Лариненко //Агробізнес сьогодні.- 2021. – №10. – С. 25-27.

14. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю. Урожайність зерна скоростиглих гібридів кукурудзи різних сортозмін. вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 19–23. Шульга А. Підбір гібридів кукурудзи для піщаних ґрунтів /А. Шульга // Агроном. – 2022. - №2-3. – С. 64-67.

15. Краснєнков С. в., Дудка М. І., в. І. Чабан та ін. Реакція гібридів кукурудзи на густоту стояння рослин у північній підзоні Степу України. Бюлетень Інституту зернових культур НААН України. 2015. № 8. С. 81–86.

16. 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.

17. Оничко в. І., Штукін М. О. Оптимальні строки сівби гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах північно-східного лісостепу

України. вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2016. вип. 2. С. 214–218. Оптимальний термін сівби кукурудзи / К. Попова, Н. Музафаров // Агробізнес сьогодні. 2018. - № 12. – С. 45-48.

18. Штукін М. О., Оничко в. І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного лісостепу України. вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2013. вип. 11. С. 212–217

19. Marchenko T.Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv; Torun: Liha-Pres, 2019. P. 137–153.

20. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. Heterosis. Handbook of maize: Its biology. N.Y: Springer Science+Business Media, 2009. P. 457–467 .

21. Шульц П. Вплив густоти висіву кукурудзи на урожайність /П. Шульц //Агроном. – 2022. – №5. – С. 45-48.

22. Костюкевич Т.К., Адаменко Т.І. Вплив змін клімату на продукційний процес кукурудзи. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : колективна монографія; за ред. С. М. Степаненко, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. С. 369-380.

23. Бикін А., Тарасенко О. Фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту і динаміка росту рослин кукурудзи за прямої сівби. Вісник Львівського нац. аграрного унту. Сер.: Агрономія. 2014. № 18. С. 47–52.

24. Петриченко В. Ф., Томащук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. Науковий вісник НУБіП України. Сер.: Агрономія. 2019. № 1. Т. 10. С. 29–37.

25. Формування врожаю нових гібридів кукурудзи стиглості різних груп залежно від елементів технології в умовах степової зони України на

зрошенні / А. М. Влащук та ін. Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 65. С. 69–73.

26. Кабанець В.М., Собко М.Г. та ін. Особливості вирощування кукурудзи на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2022. 48 с.

27. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. №97(1). С.32–44.

28. Андрієнко О. О., Васильковська К. В., Андрієнко А. Л. Реакція гібридів кукурудзи на зміну густоти стояння рослин у північному степу України. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. №96(1). С.635–651.

29. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Ляшенко В. В., Ляшенко Є. С., Подоляк В. А. Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. №1. С.97–105.

30. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С.В. Маса 1000 зерен та урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву та обробітку біопрепаратами. Зрошуване землеробство. 2022. № 77. С.13–18.

31. Говенько Р.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. Агробіологія. 2022. № 2 (174). С. 68–78.

32. Орловський М.Й., Косюк А.П., Іщук А.Ю. та ін. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність кукурудзи. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 6 (88).

33. Мокрієнко, В. А., & Приндюк, Я. О. (2024). Формування та продуктивність асиміляційного апарату рослин кукурудзи залежно від норми висіву та удобрення. *Новітні агротехнології*, 12(1).

34. Приндюк, Я. А., & Мокрієнко, В. А. (2025). Морфологічна мінливість формування качанів кукурудзи за впливу мінерального живлення рослин. *Новітні агротехнології*, 13(2).

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

38. 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.

39. 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.

40. Пащенко Ю. М. Агрокліматичний потенціал зони Степу, добір гібридів і оптимізація їх структури за групами стиглості. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. 2007. № 30. С. 44–51.

41. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Продуктивність і економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Вісник аграрної науки. 2018. Вип. 7. С. 18–26.

42. Волощук О.П., Стасів О.Ф., Глива В.В. (2020). Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у Західному Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 68(1), 51-66.

43. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 33–42.

44. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Ляшенко В.В., Ляшенко Є.С., Подоляк В.А. Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 97–105.

45. Кабанець В.М., Собко М.Г. та ін. Особливості вирощування кукурудзи на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2022. 48 с.

46. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва, 2020. № 97(1). С. 32–44.

47. Міщенко О.В., Гангур В.В., Даніленко Є.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. Scientific Progress & Innovations. 2024. Вип. 27(2). С. 16–21. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.03>.

48. Дробітько А.В., Терещенко А.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи за різними групами стиглості при No-till технології вирощування в умовах Південного Степу України. Сучасні вектори розвитку аграрної науки : матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., присвяч. 150-річчю створення Херсонського державного аграрно-економічного університету (м. Херсон, 17-18 вересня 2024 р.). Херсон-Кропивницький, 2024. С. 195-199.

49. Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О., Пілярська О.О., Забара П.П., Хоменко Т.М., Михайленко І.В. Динаміка накопичення сирової та сухої надземної біомаси гібридами кукурудзи за краплинного зрошення. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. Вип. 71. С. 108–114.

50. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Ображій С. В. Вплив гідротермічних умов вегетації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Центрального Лісостепу України. Агробіологія. 2014. № 1 (109). С. 57–62.

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