

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

05.05 – КМР. 18 “С” 2024.01.08. 097 ПЗ

**КОПЄВСЬКОГО АНДРІЯ МИХАЙЛОВИЧА**

**2024 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ**

УДК 633.15.631.53.02

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного факультету,  
д. с.-г. наук, професор

\_\_\_\_\_ Коваленко В.П.  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
технології зберігання, переробки та  
стандартизації продукції  
рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика  
к. с.-г. н., професор

\_\_\_\_\_ Подпряттов Г.І.  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «Динаміка господарсько-технологічних показників якості зерна  
кукурудзи залежно від умов та тривалості зберігання»**

Спеціальність \_\_\_\_\_ 201 «Агрономія» \_\_\_\_\_  
(код і назва)

Освітня програма \_\_\_\_\_ «Агрономія» \_\_\_\_\_  
(назва)

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

д. с.-г. н., професор \_\_\_\_\_

**Каленська С.М.**

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

к. с.-г. н., доцент \_\_\_\_\_

**Бобер А.В.**

**Виконав** \_\_\_\_\_

**Копієвський А.М.**

**КИЇВ – 2024**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

технології зберігання, переробки та  
стандартизації продукції рослинництва  
ім. проф. Б.В. Лесика

к. с.-г. н., проф. \_\_\_\_\_ Подпрятів Г.І.  
" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Копієвському Андрію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 201 «Агрономія» \_\_\_\_\_  
(код і назва)

Освітня програма \_\_\_\_\_ «Агрономія» \_\_\_\_\_  
(назва)

Орієнтації освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: «Динаміка господарсько-технологічних показників якості зерна кукурудзи залежно від умов та тривалості зберігання» затверджена наказом ректора НУБіП України від 08.01.2024 р. № 18 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_ 11.11.2024 р.  
(рік, місяць, число)

1. Основні дані для магістерської роботи: зерно кукурудзи різних гібридів Тоніфі КС(к), ЕС Перспектив, ЕС Катамаран, ЕС Якарі вирощене в умовах ТОВ «Агро-Край» Полтавської області.

2. Питання, які потрібно було розглянути в дослідженні:

1. Проаналізувати вплив умов вирощування на господарсько-технологічні показники якості зерна різних гібридів кукурудзи.
  2. Дослідити зміни товарних і технологічних властивостей зерна кукурудзи під час зберігання.
  3. Дослідити умови зберігання і розробити рекомендації для фермерського господарства щодо, оптимізації тривалого зберігання зерна кукурудзи різних гібридів.
  4. Здійснити розрахунки економічної доцільності вирощування та зберігання зерна кукурудзи різних гібридів в ТОВ «Агро-Край».
- Графічний матеріал: таблиці – 15, рисунки – 17.

**Дата видачі завдання**

04.09.2023 р.

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ **Бобер А.В**

**Завдання прийняв до виконання**

\_\_\_\_\_ **Копієвський А.М.**

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота має 81 сторінку комп'ютерного тексту, що містить 4 основні розділи, висновки та рекомендації для виробництва. Робота включає 17 рисунків, 15 таблиць, а список літератури складається з 69 джерел.

У магістерській роботі представлені результати досліджень щодо впливу технологічних факторів вирощування на якісні показники зерна різних гібридів кукурудзи під час їх зберігання. Проаналізовано динаміку показників якості зерна (товарні, посівні та технологічні характеристики) залежно від умов і тривалості зберігання. Визначені найбільш економічно ефективні умови зберігання зерна та доцільність зберігання протягом шести місяців для максимізації рентабельності.

Результати економічного аналізу показали, що зберігання зерна кукурудзи у зерносховищі з нерегульованою температурою (контроль) протягом шести місяців забезпечує найвищу економічну ефективність. Рівень рентабельності зріс у межах від 25,6 % до 58,4 % у порівнянні з початковими показниками. Найвищий рівень рентабельності продемонстрував гібрид ЕС Якарі (58,4 %), тоді як гібрид ЕС Перспектив мав найнижчий рівень – 25,6%.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ, РЕЖИМИ ЗБЕРІГАННЯ, ГІБРИДИ КУКУРУДЗИ, ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

## Зміст

	Вступ.....	10
Розділ		
1	Огляд літератури.....	10
1.1.	Народногосподарське значення зерна кукурудзи .....	10
1.2.	Характеристика кукурудзи за біологічними та ботанічними властивостями.....	12
1.3.	Вплив умов вирощування на формування агрономічно-технологічних показників якості зерна кукурудзи .....	16
1.4.	Ключові технологічні аспекти збирання та післязбиральної обробки зерна .....	19
1.5.	Процеси, що відбуваються в зерні кукурудзи під час зберігання.....	22
Розділ		
2	Умови та місце проведення досліджень.....	25
2.1.	Опис місця та умов проведення досліджень.....	25
2.2.	Характеристика ґрунтових умов.....	25
2.3.	Кліматичні умови в роки проведення дослідження.....	30
2.4.	Технологія вирощування зерна кукурудзи та післязбиральної обробки в експерименті.....	31
2.5.	План і методологія проведення дослідження.....	33
2.6.	Методологія виконання лабораторних досліджень.....	38
Розділ		
3	Експериментальна частина.....	44
3.1	Агротехнологічна оцінка зерна кукурудзи з урахуванням специфіки гібриду та погодних умов у період вегетації.....	44
3.2.	Аналіз відповідності вирощеного зерна кукурудзи різних гібридів до вимог державного стандарту.....	47
3.3.	Зміни товарних і технологічних характеристик якості зерна кукурудзи досліджуваних гібридів під час зберігання.....	55
Розділ	Економічна результативність вирощування та збереження зерна кукурудзи досліджуваних гібридів.....	66
4	Висновки .....	72
	Рекомендації виробництву .....	74
	Список використаних літературних джерел.....	75

## ВСТУП

Кукурудза займає ключове місце в зерновому балансі України, що пояснюється як вигідним географічним розташуванням країни, так і сприятливими природно-кліматичними умовами. Використання сучасних, адаптованих до умов кожної ґрунтово-кліматичної зони гібридів та впровадження інтенсивних технологій вирощування є основними шляхами підвищення врожайності й покращення якості цієї культури [25,31,35].

Згідно з даними міжнародними організацій, таких як USDA і FAO, площі під кукурудзою продовжують зростати, витісняючи інші зернові культури. За площами посівів кукурудза посідає друге місце у світі (понад 187 млн га), поступаючись лише пшениці, однак за обсягами валового збору вона є абсолютним лідером. В Україні кукурудза хоч і не займає найбільші площі, проте залишається незмінним лідером за обсягами виробництва зерна [5,10,28,30,59,65]

Різноманітність гібридів кукурудзи забезпечує потреби кількох промислових галузей: харчової, медичної, мікробіологічної та паливно-енергетичної. Зокрема, кукурудзяне зерно є важливим джерелом енергії для біоетанолу та інших паливних матеріалів. Також воно використовується як корм для тварин і сировина для продовольчих та технічних потреб: виробництва круп, борошна, крохмалю і олії. Із зерна кукурудзи виробляють прохолодні напої, пінні сорти пива, етиловий спирт, гліцерин і органічні кислоти [7,36,39].

Завдяки високому вмісту білків(9-12%), вуглеводів(65-70%) і олії(4-8%), кукурудза є цінним кормом. Завдяки високому рівню крохмалю, що повільно розщеплюється в організмі тварин, зерно кукурудзи широко застосовується в кормовій базі як один із головних джерел енергії для великої рогатої худоби, а жовто-зернисті сорти мають особливу цінність при відгодівлі свиней[34].

Кукурудза перевищує інші зернові культури за врожайністю та має мінімальні відходи, оскільки у виробництві використовується все: зерно, листя, стебла, стрижні. Її популярність обумовлена зміною клімату,

зростаючим попитом на світовому ринку і високою рентабельністю. В Україні кукурудзу вирощують у всіх природних зонах, хоча більші площі посівів під зерно та силос відведено в Степу, Лісостепу та на Закарпатті, де посіви кукурудзи займають до 20% площ сівозмін [17,21,22,23,27].

Основним завданням для зернової галузі України є підвищення врожайності кукурудзи та зменшення розриву між потенційною і фактичною врожайністю, адже в виробничих умовах реалізується лише 30-50% потенціалу кукурудзи. За належної інтенсифікації виробництва та ефективного використання ресурсів можна в 1,5-2 рази збільшити валовий збір зерна [3,6,13,36].

Підвищення обсягів виробництва зерна, у тому числі кукурудзи, можливе завдяки впровадженню сучасних технологій вирощування та нових інтенсивних гібридів, зокрема ранньостиглих, середньоранніх і середньостиглих. Це дозволить значно скоротити витрати на післязбиральну доробку зерна. Щороку на хлібоприймальних підприємствах та фермерських господарствах накопичуються запаси насінневого та продовольчо-фуражного зерна. Важливо організувати його зберігання на науковій основі, враховуючи фізичні й біологічні особливості зерна та його призначення [2,15,20].

При зберіганні кукурудзи відбувається складні фізіологічні та біохімічні процеси, що впливають на її товарну та технологічну якість. Виробники повинні усунути фактори, що сприяють розвитку небажаних біохімічних процесів, і зберігати зерно в умовах, що забезпечують його якість і зберігання корисних речовин. Зерно поділяють на типи залежно від кольору, форми зернин та промислове використання. При відвантаженні воно повинно відповідати вимогам щодо вологості(не більше 15%), смітної домішки(не більше 1-5%) і зернової домішки(не більше 3-15%) залежно від цільового призначення [50,51,54].

Сучасні технології післязбиральної доробки передбачають очищення від великих домішок, сушіння у спеціальних сушарках та очищення на сепараторах. Режимы сушіння та очищення обирають відповідно до цільового

використання та показників якості продукції. Важливо враховувати, що зерно кукурудзи має повільну вологовіддачу, а через щільну оболонку волога випаровується повільно, тому сушіння здійснюється в два етапи. Спершу зерно сушать до 16-18% вологості термічним способом, потім досягають кінцевої вологості шляхом вентилявання та охолодження [41,43,64].

Зберігання кукурудзи є одним із ключових факторів стабілізації та збільшення виробництва зерна в Україні, оскільки в процесі зберігання якість зерна змінюється під впливом фізіологічних і біохімічних процесів. Удосконалення методів зберігання та збереження якісних характеристик зерна різних гібридів є надзвичайно актуальним завданням на сьогодні [54].

**Мета дослідження:** вивчити вплив умов вирощування та зберігання на зміни агрономічно-технологічних показників якості зерна кукурудзи різних гібридів, вирощених і умовах фермерського господарства ТОВ «Агро-Край» у Полтавській області.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати вплив умов вирощування на господарсько-технологічні показники якості зерна різних гібридів кукурудзи.
2. Дослідити зміни товарних і технологічних властивостей зерна кукурудзи під час зберігання.
3. Дослідити умови зберігання і розробити рекомендації для фермерського господарства щодо, оптимізації тривалого зберігання зерна кукурудзи різних гібридів.
4. Здійснити розрахунки економічної доцільності вирощування та зберігання зерна кукурудзи різних гібридів в ТОВ «Агро-Край».

**Об'єктом дослідження:** динаміка агротехнологічних показників в процесі формування якості та зберігання зерна кукурудзи різних гібридів

**Предметом дослідження:** зерно кукурудзи гібридів Тоніфі КС(контроль), ЕС Перспектив, ЕС Катамаран, ЕС Якарі.

**Методи дослідження:** використані загальнонаукові та спеціальні метод.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Народногосподарське значення зерна кукурудзи.

Кукурудза є однією з найдавніших продовольчих культур, яку людство активно використовує в харчуванні. Борошно з кукурудзи широко застосовується в кондитерській галузі, зокрема для виготовлення бісквітів, печива та різних запіканок. Зерно кукурудзи переробляють на пластівці, повітряну кукурудзу та крупу. За кількістю білка(12,5%) кукурудзяна крупа переважає інші популярні крупи, такі як пшоняна, гречана та ячмінна, що свідчить про її високий харчовий потенціал для людського раціону [53].

Кукурудза продовжує залишатися основним продуктом харчування в багатьох регіонах світу. Загалом, близько 116 мільйонів тонн кукурудзяного зерна споживається в різних країнах світу, причому значна частка цього обсягу припадає на Африку(30%) і країни, що розташовані на південь від Сахари(21%). У багатьох країнах, що розвиваються, частка кукурудзи в добовій нормі калорій складає 15-20% [55].

Завдяки великому вмісту крохмалю кукурудза стала основним джерелом харчового продукту у багатьох країнах. Так, у США саме кукурудза забезпечує 90% потреб у крохмалі. Крім того, кукурудзяні пластівці, крупи, мамалига, попкорн та інші, а в недостиглому вигляді (особливо цукрова кукурудза) її часто споживають у вигляді варених качанів [63].

Кукурудза має важливе значення для харчової промисловості, оскільки з її зерна виготовляють крохмаль, сироп, мед цукор, а також рослинну олію з зародків. Олія з кукурудзяного зерна ціниться не лише за високу калорійність, але й за лікувальні властивості- вона містить лецитин, який знижує рівень холестерину в крові та запобігає атеросклерозу.

Зерно кукурудзи широко використовується у виробництві алкогольних напоїв, зокрема в деяких сортах пива, етилового спирту та гліцерину. Сучасні технології дозволяють виготовляти з кукурудзяного зерна понад 300 різних виробів, що також є сировиною для виробництва інших продуктів. Наприклад,

кукурудзяний сироп може слугувати основою для виробництва каучуку, фарб, антисептиків і розчинників [62].

В Україні кукурудза є стратегічною культурою, що відіграє важливу роль у забезпеченні зернового та фуражного балансу. Її значення для тваринництва та зернової галузі важко переоцінити, адже вона є основним компонентом кормової бази для відгодівлі тварин. Технології переробки дозволяють використовувати кукурудзяний крохмаль у фармацевтичній, паперовій, гірничодобувній та будівельній промисловості. Після процесу очищення зерна залишаються такі побічні продукти, як клітковина, білок і зародки, які використовуються в продуктах побутового та промислового призначення: біорозкладні пакети, гофрокартон, косметика, мийні засоби та ін. [47].

Вирощування кукурудзи на біоетанол є важливою складовою альтернативної енергетики, у США близько 40% зібраного врожаю кукурудзи, а це (приблизно 130млн тонн) переробляються для отримання етанолу. З однієї тонни кукурудзи можна отримати 400-500 літрів біоетанолу. Існують дві основні технології отримання етанолу: сухе та вологе подрібнення. Під час сухого подрібнення кукурудзяне зерно перетирається в борошно, яке потім піддається тепловій обробці та перегонці. Вологе подрібнення передбачає вимочування зерна з подальшим поділом на компоненти(клітковина, глютен, крохмаль), які потім використовуються для бродіння на етанол.

На великих площах у Європі кукурудзу вирощують для отримання біогазу, що відповідає критеріям «зеленої енергії». Цей процес включає подрібнення кукурудзи та завантаження її в біореактори, де під впливом бактерій отримують метан, який широко застосовують для генерації електроенергії. Деякі гібриди кукурудзи забезпечують урожайність до 60т/га сирогої маси, що дозволяє отримувати більше 6000 м<sup>3</sup> метану з гектара [25].

Зубовидна кукурудза, як найпопулярніший тип, має високі економічні показники і виробляється у формах з білим і жовтим зерном. Біле зерно, в якого відсутній каротиновий пігмент, переважно використовується для

споживання людиною. Його річне виробництво у світі становить близько 65-70 млн тонн, що складає приблизно 10% світового валового виробництва кукурудзи. Понад 90% білої кукурудзи вирощують у країнах, що розвиваються, які забезпечують значну частку світового виробництва кукурудзи.

Кукурудза також відіграє важливу роль у сільському господарстві як попередник для інших культур. Завдяки своїм агротехнічним властивостям вона забезпечує родючість ґрунту для наступних посівів ярих і озимих культур [23].

Завдяки своїм цінним властивостям кукурудза залишається затребуваною на світовому ринку. Вона займає провідне місце серед зернових культур за валовим збором, врожайністю та зростанням посівних площ. Інтенсивні методи вирощування дозволяють отримувати високі врожаї, що підвищує економічну ефективність кукурудзи. У розвинених країнах, врожайність кукурудзи сягає в середньому 10 т/га.

У тваринництві зерно кукурудзи використовується як енергетично багатий раціон корма. Завдяки високому вмісту крохмалю, який поступово розкладається в організмі тварин, кукурудза є цінним компонентом корму для великої рогатої худоби, забезпечуючи більш ефективне застосування поживних речовин порівняно з іншими зерновими культурами [1].

## **1.2. Характеристика кукурудзи за біологічними та ботанічними властивостями.**

Кукурудза – світлолюбна рослина короткого дня. Погано переносить затінення. У загущених посівах розвиток рослин сповільнюється, а їх продуктивність знижується. Найбільш активний ріст кукурудза демонструє за короткого, 8-9годинного світлового дня. При збільшенні тривалості дня до 12-14годин терміни дозрівання значно подовжуються. Вона потребує більше сонячної енергії, ніж інші зернові культури [8].

Ця рослина відноситься до теплолюбних культур. Мінімальна температура для проростання її насіння становить 8-10 °С, а для появи сходів 10-12°С. посів у непрогрітий ґрунт(нижче 8°С) призводить до дуже повільного проростання насіння, а польова схожість значно знижується, оскільки насіння, що набубнявіло, не проростає. На стадії 2-3 листків кукурудза здатна витримувати приморозки до -2°С, проте при температурі -3 °С молоді рослини вже гинуть. Внесення заморозки є серйозним ризиком для кукурудзи, повертаючись в Україну один раз на 5-6 років. При зниженні температури до -5°С навіть на кілька годин, рослини можуть загинути на будь-якій фазі розвитку. Завдяки селекційним зусиллям створено біотиби кукурудзи, які можуть проростати при температурі, 5-6 °С. Ранні осінні заморозки також спричиняють пошкодження листків і повну загибель рослин. Останнім часом, із розширенням посівів кукурудзи у північних регіонах, виведено нові більш стійкі до холоду, ранньостиглі гібриди. Ці гібриди мають здатність проростати після тимчасового охолодження: інкрустоване насіння може зберігати життєздатність у ґрунті до 25-30 днів, очікуючи потепління. У період вегетації, при літній температурі 14-15°С ріст кукурудзи помітно сповільнюється, а при 10°С повністю зупиняється. Для оптимального розвитку на стадії від сходів до викидання волотей підходить температура 20-30°С. Підвищення температури до 25-30°С у цей період не завдає шкоди рослинам, однак під час цвітіння температури вище 25°С можуть погіршувати процес запліднення. Максимальною температурою, за якої кукурудза ще може рости, становить 45-47°С [10].

Кукурудза є посухостійкою культурою. Її добре розвинена коренева система дозволяє рослині отримувати вологу з великих площ та глибоких шарів ґрунту. Для утворення одиниці сухої маси кукурудзи вона використовує вдвічі менше води, ніж пшениця, маючи коефіцієнт транспірації 250. Однак висока продуктивність зеленої маси та зерна кукурудзи вимагає більше води порівняно з іншими зерновими культурами, за період вегетації рослини

потребують від 450 до 600 мм опадів. Один міліметр дозволяє отримати 20кг зерна на гектар.

У першій частині вегетаційного періоду кукурудза менш чутлива до нестачі вологи, і до появи 7-8 листків недостача вологи практично не відчувається. Максимальна потреба у воді настає за 10 днів до викидання волотей, коли активно росте стебло(додаючи 10-14 см на добу) і накопичуючи сухі речовини. У цей критичний період кукурудза споживає 40-50% загального обсягу вологи. Після утворення волотей потреба у воді знижується, але під час наливу зерна потреба у вологі знову зростає. У другій половині літа кукурудза ефективно використовує природні опади. Рослини погано переносять перезволоження ґрунту, що призводить до значного зниження врожайності. За нестачі кисню в перезволоженому ґрунті порушується фосфорний обмін у кореневій системі, що погіршує білковий обмін у рослині.

Кукурудза дає високі врожаї на чистих, добре аерованих ґрантах із глибоким шаром гумусу. Вона є менш вибагливою до родючості ґрунту і за відповідної системи обробітку та удобрення, добре росте на більшості ґрантах. Оптимальною для кукурудзи є нейтральна або слабокисла реакція ґрунту (рН 5,5-7,0). Невідповідними для вирощування є холодні, заболочені, кислі, важкі глинисті, засолені та торфові ґранти, у яких часто не вистачає міді.

Коренева система кукурудзи мичкувата, багатоярусна і складається з п'яти типів коренів. Зерно кукурудзи проростає з одним зародковим корінцем, який разом із бічними зародковими корінцями утворює первинну кореневу систему, особливо важливу в перші фази росту, до утворення 6-8 листків [5].

Епикотильні корені кукурудзи формуються на першому міжвузлі, ростуть горизонтально та не розгалужуються. Їх внесок у живлення рослини незначний. Основну частину кореневої системи кукурудзи складають вузлові корені, які утворюються ярусами з підземних вузлів стебла після появи на рослині 3-4 листків. У фазі цвітіння ці корені досягають найбільшого розвитку. З нижніх надземних вузлів часто розвиваються повітряні або опірні корені, які підтримують рослину. Основна частина кореневої системи(до 60%)

розташована в орному шарі, але окремі корені можуть проникати на глибину до 3 метрів. Найкращий розвиток кореневої системи спостерігався за щільності ґрунту  $1,1-1,3\text{г/см}^3$  [14].

Стебло кукурудзи міцне і має до 22 міжвузлів, з такою ж кількістю листків. Листки великі, широкі та довгі, краї листкових пластинок ростуть швидше, ніж середня частина, тому листки чтають хвилястими, що збільшує їх площу. Листки розташовані почергово, запобігаючи взаємному затіненню. Їх кількість залежить від стиглості гібрида: ранньостиглі мають 10-12 листків, а пізньостиглі до 40 листків.

Кукурудза має два типи суцвіття-волоть з чоловічими квітками та качан із жіночими квітками. Волоть складається з центральної осі та бічних гілочок, а колоски з двома квітками розміщені попарно. Одна волоть виробляє 4-10 мільйонів пилкових зерен, які разносяться вітром. Плід кукурудзи-зернівка. Маса тисячі зерен варіюється, у дрібнонасіньних сортів 100-150 г, у крупнонасіньних 300-400 г. на одному качані зазвичай утворюється 500-600 зерен [23].

Кукурудзу класифікують на вісім основних підвидів залежно від будови зерна. Зубовидна кукурудза- зазвичай пізньостигла. Кремениста кукурудза-холодостійка, містить як ранні, так і пізні гібриди. Крохмалиста кукурудза – теплолюбний підвид. Цукрова кукурудза – має більше цукру, жирів та білків, її площі постійно збільшуються. Розлучна кукурудза- найстаріший підвид, зерно якого при нагріванні розтріскується, утворюючи білі пластівці. Восковидна кукурудза- вирощується для виробництва декстрину, має непрозору зовнішню частину ендосперму. Плівчаста кукурудза- має зернівки, покриті плівками і рідко використовується у виробництві. Напівзубовидна-високоврожайна, займає проміжне положення між зубовидною та кременистою і є популярною у виробництві [24].

Зерно кукурудзи має різноманітні кольори: біле, жовте, червоне, фіолетове, синє, та навіть двоколірне. Стрижень качана може бути білим або червоним з різними відтінками.

В Україні гібриди кукурудзи є найбільш поширеними, оскільки вони мають ефект гетерозису, що збільшує життєздатність рослини та активізує біологічні процеси, підвищуючи врожайність на 15-35%

### **1.3. Вплив умов вирощування на формування агрономічно-технологічних показників якості зерна кукурудзи.**

Кукурудза є однією з рентабельних культур, яка потребує значних ресурсів для ефективного вирощування. Успіх її виробництва залежить від використання сучасних гібридів та впровадження якісних технологій. Застосування високопродуктивних гібридів, високоякісного насінневого матеріалу, а також удосконалення основних агротехнологічних заходів і сучасних виробничих принципів може дозволити досягти врожайності до 20,0-25,0 тонн зерна з гектара [4,8,16,25].

Кукурудза має значний потенціал для умов довкілля і дотримання технологічних вимог, які відповідають біологічним потребам цієї культури. Дотримання таких вимог може зменшити або усунути негативний вплив різних факторів. Хоча кукурудза належить до культур інтенсивного типу, сучасні технології вирощування ще не забезпечують повного використання генетичного потенціалу сучасних гібридів [4,18].

За даними аналізу світового виробництва кукурудзи, підвищення її врожайності на 50% обумовлюється продуктивністю гібридів, на 25% особливостями зональних технологій вирощування та матеріально-ресурсного забезпечення, а ще 25% погодними умовами вегетаційного періоду [30,32,53].

Проте, у виробничих умовах реалізація генетичного потенціалу інтенсивних гібридів кукурудзи становить менше 50%, що свідчить про недостатнє розуміння процесів росту і розвитку цієї культури, а також формування фотосинтетичних та симбіотичних апаратів, важливих для реалізації зернового потенціалу. Збільшення продуктивності кукурудзи без інноваційних технологій є неможливим.

Впровадження інтенсивних технологій дозволить виробникам успішно конкурувати на міжнародному ринку сільськогосподарської продукції та зменшити розрив між фактичною та потенційною врожайністю [31, 58, 61].

Практика показує, що сучасні методи вирощування кукурудзи на зерно ще не досягли рівня, необхідного для повного використання її потенціалу. Значні коливання врожайності з року в рік вказують на те, що крім кліматичних умов, на формування врожаю впливають агротехнічні заходи, а також рівень інтенсифікації технологічних процесів вирощування [26,30,52].

З літературних джерел відомо, що кількість і якість рослинницької продукції визначається багатьма чинниками. Урожайність, харчова та технологічна цінність зерна кукурудзи залежить від сорту чи гібриду, агротехнічних прийомів, погодних умов вегетаційного року, а також від методів і термінів збирання, післязбиральної обробки, транспортування та зберігання.

Ключовим фактором для досягнення високих і стабільних урожаїв кукурудзи за чіткого використання регламенту технологічних схем є вибір гібридів, пристосованих до конкретних умов. Окрім цього, в межах одного господарства поля часто відрізняються за родючістю ґрантів, попередніми культурами та забезпеченістю вологою. Тому доцільно використовувати кілька гібридів із різними характеристиками: за ФАО, типом зерна, чутливістю до добрив, стійкістю до хвороб і густотою стояння рослин.

Навіть у регіонах, де можливо вирощувати гібриди з високим ФАО, варто обирати сорти з різними строками дозрівання. Це дозволяє знизити ризики, пов'язані з природними катаклізмами, такими як прохолодне літо, а також оптимізувати терміни посіву та збирання врожаю [36].

Гібриди кукурудзи, що залучені до наших досліджень, мають високу урожайність, швидке віддавання вологи зерном під час дозрівання, значний компенсаційний потенціал, а також стійкість до хвороб та стресових факторів середовища. Важливим аспектом є тип інтенсивності гібридів. Хоча інтенсивні гібриди кукурудзи мають високий потенціал врожайності, вони

потребують точного дотримання технології вирощування, вони потребують точного дотримання технології вирощування їх урожайність може суттєво знизитись порівняно з традиційними гібридами. Екстенсивні гібриди, хоча й менше підвищують продуктивність навіть за якісної агротехніки, мають стабільніші показники врожайності за несприятливих умов. Це підкреслює важливість вибору гібридів залежно від умов конкретного поля.

Особливу увагу слід приділити обробці насіння. За ранніх строків сівби існує підвищений ризик ураження зерна пліснявою та фузаріозом, тому рекомендується використовувати комплексні протруйники, які ефективно знищують збудників цих хвороб. Ранні строки сівби також можуть призводити до пошкодження насіння ґрунтовими шкідниками. Щоб цього уникнути, насіння варто обробляти інсектицидними протруйниками, які забезпечують захист і від шкідників сходів кукурудзи. Наприклад, використання препарату з тіаметоксамом не лише покращує умови проростання, а й стимулює розвиток кореневої системи. Обробка насіння препаратом Форс Зеа сприяє формуванню міцнішої кореневої системи, яка швидше розвивається і проникає в глибині, більш зволожені шари ґрунту, що є важливим фактором при швидкому висиханні верхнього шару ґрунту [8].

Щільність кукурудзяних посівів до моменту збирання врожаю повинна відповідати особливостям регіону вирощування. Важливу роль у цьому також відіграє група стиглості рослин. У зонах із достатнім зволоженням оптимальна густина може становити 80-90 тисяч рослин на гектар, тоді як у посушливіших районах від 40 до 70 тисяч рослин на гектар. Під час вегетації щільність посівів необхідно регулювати залежно від рівня вологості ґрунту. Важливо зазначити, що підвищення густоти рослин сприяє зростанню врожайності тільки за умов достатньої наявності вологи. Використання препарату Форс Зеа допомагає більш точно визначити густоту рослини на момент збирання, водночас забезпечування високоефективних ґрунтових і після сходових гербіцидів на посівах кукурудзи дозволяє зменшити потребу в механічній обробці, що полегшує догляд за рослинами [58].

#### **1.4. Ключові технологічні аспекти збирання та післязбиральної обробки зерна.**

Розпочинають збирати зерно кукурудзи із досягненням повної стиглості і завершують протягом 10-12 днів. Роботи можна розпочинати при вологості зерна 30-32%, після чого його очищують і сушать до стандартного рівня вологості 14% [45].

Процес збирання та подальшої доробки врожаю має бути забезпечений відповідною матеріально-технічною базою, яка відповідає сортовим характеристикам кукурудзи. Особливо важливими факторами є висока вологість зерна після збирання, його схильність до механічних і теплових пошкоджень та низька стійкість в умовах вологого зберігання. Тому обладнання повинно включати потужні сушарки, зернові сепаратори, засоби для транспортування зерна та відповідні зерносховища. Сучасні технології також повинні бути енергоощадними, оскільки основні етапи обробки зерна потребують значних енергетичних ресурсів. Усе це вимагає оптимізації методів і режимів збирання, сушіння, очищення та вентиляції зерна кукурудзи, враховуючи його вологість та подальше призначення [37,38].

Основним методом збирання товарної кукурудзи в умовах виробництва є обмолот качанів комбайном. Цей підхід є економічно вигіднішим, ніж збирання в початках, адже трудовитрати знижуються у 1,8-2 рази, а витрати палива на 20-25%. Проте кукурудзу, призначену для насіння, збирають виключно в качанах, із подальшим обов'язковим теплом сушінням на спеціальних кукурудзяних сушарках [38].

Збирання врожаю при нижчій вологості зерна зменшує обсяги необхідного сушіння і дозволяє економити 7-8,5 кг палива на кожній плановій тонні. Однак значне відтермінування збирання може бути ризикованим, зерно повільніше втрачає вологу і може навіть зволожитися через опади. Заморозки також небажані, оскільки знижують якість та стійкість зерна під час зберігання. Для збирання врожаю гібридів різних груп стиглості

рекомендується починати з ранньостиглих або середньоранніх гібридів, щоб дати можливість зменшити вологість зерна в пізньостиглих гібридах [35].

Для збирання кукурудзи з різними групами стиглості рекомендовано починати з ранньостиглих або середньоранніх гібридів, щоб дати пізньостиглим гібридам додатковий час на зниження вологості зерна [35].

Свіжозібрана кукурудза містить багато вологи, органічних та мінеральних домішок, що робить її нестабільною для тривалого зберігання та вимагає негайної післязбиральної доробки. Цей процес включає очищення від сміття, сушіння, активне вентилявання та за потреби сортування. Сухе зерно можна безпечно зберігати у полімерних зернових рукавах.

Повітряно-сонячне сушіння є ефективним за умов сухої та теплої погоди, тоді як для швидкого теплового сушіння у виробничих умовах використовують зерносушарки, завершуючи процес при певній вологості, залежно від призначення зерна. Після сушіння кукурудза має високу температуру, тому її обов'язково охолоджують перед засипанням у зерносховища. Для продовольчої кукурудзи в умовах виробництва використовують шахтні сушарки, що забезпечують контрольоване сушіння, температура нагріву зерна не повинна перевищувати 50°C, а агент сушіння 110-130°C, залежно від умов.

Очищення зерна здійснюється на повітряно решітних сепараторах, комбінованих сепараторах, магнітних колонках або за потреби на інших зерноочисних машинах. Воно включає кілька етапів залежно від ступеня забруднення та призначення врожаю, попереднє, первинне та вторинне очищення. Попереднє очищення проводять для дуже забрудненого чи надто вологого зерна перед сушінням. Первинне очищення видаляє всі види домішок, виділяючи основне зерно кукурудзи. Вторинне очищення дозволяє розділити зерно на фракції, що різняться за якістю.

Технологія очищення зерна розробляється з урахуванням підбору відповідного обладнання та робочих органів, що дозволяє максимально ефективно очистити зернову масу залежно від складу й типу домішок та

продуктивності очисних машин. Для свіжозібраного зерна кукурудзи, яке надходить із поля, спершу здійснюють очищення від різного виду домішок. Особливо важливе первинне очищення для зерна, що має високий рівень забруднення, схильність до самозігрівання, ознаки зараженості шкідниками комірних запасів чи містить домішки, що змінюють запах. Під час очищення важливо дотримуватись оптимальних режимів роботи зерноочисного обладнання. Усі процеси очищення, сушіння та зберігання зерна контролюються виробничо-технологічними лабораторіями, які перевіряють якість сировини на відповідність державним стандартам.

Післязбиральна обробка сухого зерна кукурудзи вимагає заходів для запобігання його пошкодженню [11].

Активне вентилявання є ефективним методом для зниження температури і вологості зерна, прискорення його дозрівання, а також підвищення стійкості під час зберігання. Вентилювання проводиться у режимах підсушування, охолодження чи проморожування. Завдяки просторі проведення вентилявання, його можливо запровадити у будь-якому фермерському господарстві, забезпечуючи збереження врожаю кукурудзи при мінімальних витратах та економії енергоресурсів [12].

При закладанні кукурудзи на зберігання, гібриди в качанах розміщують із врахуванням різного ступеня стиглості та вологості в партіях, а також враховуючи особливості температурного та вологообмінного режимів. Зернову масу кукурудзи зберігають відповідно до її вологості, цільового призначення та тривалості зберігання, партії з вологістю до 16% поміщають у звичайні зерносховища, з вологістю від 16 до 20% у приміщення з установками для активного вентилявання, попускаючи короткочасне зберігання під навісами, партії з вологістю понад 20% зберігаються тільки у зерносховищах з активним вентиляванням або під навісами [41,42].

У процесі зберігання зернових мас кукурудзи регулярно відстежують їх температуру, вологість, запах, колір, а також показники зараженості та схожості. Контроль здійснюється окремо для кожної партії та кожного

штабелю. Зростання температури зерна, особливо якщо воно не пов'язане зі зміною зовнішніх умов, вказує на порушення режиму зберігання і може призвести до швидкого псування. Для вимірювання температури в різних точках насипу використовують термоштанги та електротермометри. Якщо висота насипу перевищує 1,5 м, температуру контролюють на трьох рівнях, на глибині 30-50 см від поверхні, посередині та біля підлоги. Після кожного вимірювання термоштанги пересувають на 2 м, поступово визначаючи температуру всієї маси зерна.

Для партій, що готуються до експорту, показники якості встановлюють відповідно до державних стандартів. Експортна кукурудза повинна мати нормальний колір і запах і не містити шкідників. Важливим є контроль вмісту мікотоксинів, адже їх перевищення значно знижує якість зерна та обмежує можливість експорту [41].

### **1.5. Процеси, що відбуваються в зерні кукурудзи під час зберігання**

Зернова маса кукурудзи є складовою біологічною екосистемою, що поєднує живі організми, які в певних умовах здійснюють свою життєдіяльність (дихання, живлення, розмноження тощо). Ці процеси призводять до втрати маси сухих речовин та погіршення господарсько-технологічних характеристик якості зерна. Всі ці зміни, що відбуваються в зерновій масі кукурудзи через активність живих організмів, називаються фізіологічними процесами, до яких відносяться дихання, післязбиральне дозрівання, проростання, довговічність зерна, а також життєдіяльність мікроорганізмів, комах і кліщів, що призводить до самозігрівання зернової маси [42].

Зерно кукурудзи, що надходить на зберігання, має різні показники якості та інших характеристики. Процеси, що відбуваються з зерновою масою під час зберігання, умовно поділяються на кілька груп:

Зміни, що відбуваються в зерні під час зберігання, мають великий вплив на подальше використання кукурудзи, тому важливо ретельно контролювати умови зберігання, включаючи температуру, вологість і вентиляції, щоб мінімізувати негативні ефекти цих процесів [42,68].

Процеси, що відбуваються у зерновій масі кукурудзи, є тісно взаємопов'язаними. З підвищенням вологості зростає інтенсивність дихання та активізуються мікробіологічні процеси, що веде до значних втрат у масі та якості зерна. Вологість є важливим якісним показником. Який значно впливає на натурну масу зерна. На вологість під час зберігання також впливає тривалість цього процесу.

Жири в основному знаходяться в зародку зерна кукурудзи і за неналежних умов зберігання вони можуть розщеплюватися, утворюючи вільні жири кислот, що негативно впливає на якість зерна. При підвищеній вологості та температурі інтенсивність дихання зерна кукурудзи значно збільшується. Біохімічні процеси в зерні на таких умовах схожі на ті, що відбуваються на початкових етапах проростання. Найвища інтенсивність дихання спостерігається в зародку. Внаслідок накопичення кислих продуктів зерна набуває кислувато-гіркого присмаку, а інтенсивність дихання в зерновій масі кукурудзи є значно вищою ніж у злакових культур.

Схожість насіння кукурудзи є важливим показником фізіологічних процесів. Вплив мінусових температур на життєдіяльність зерна кукурудзи залежить не лише від вологості зерна, а й від ступеня його стиглості, виповненості, а також від ураження плісневими грибами. Зерно кукурудзи з вологістю до 14% не піддається семимісячного терміну зберігання. При розвитку плісневих грибів різко погіршуються показники якості зерна, знижують його продовольчі та фуражні властивості, а також промислова цінність і придатність. У такому зерні зменшується вміст крохмалю та водорозчинних вуглеводів, а кислотне число та загальна кислотність зерна значно зростає.

При зберіганні зерна кукурудзи необхідно враховувати ступінь його стиглості, вміст органічних і мінеральних домішок, кількість пошкоджених, подрібнених і тріснутих зерен, а також ураження грибковими хворобами та зараженням шкідниками. Зерно кукурудзи є менш стійким до зберігання, ніж зерно інших культур. Зерно з вологістю до 14% є найбільш стійким і придатним для тривалого зберігання [49].

Отже, згідно з літературними джерелами, для отримання високоякісного зерна кукурудзи, збалансованого за хімічним складом, необхідно виконати низку умов: правильно вибрати ґрунт і провести його оптимальний обробіток, здійснити якісну передпосівну підготовку насіння, забезпечити оптимальну густоту стояння рослин і збалансоване живлення, а також здійснювати догляд за посівами протягом вегетації з метою запобігання ураження рослин хворобами та пошкодження шкідниками. Крім того, для забезпечення господарсько-технологічних показників якості зерна важливо дотримуватись оптимальних технологічних прийомів післязбиральної доробки та зберігання зернових мас кукурудзи, враховуючи специфіку різних гібридів.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Опис місця та умов проведення досліджень.

Дослідження, виконані в рамках магістерської кваліфікаційної роботи, проводилися у 2023-2024 роках на базі ННВЛ «Переробки продукції рослинництва» кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика із зерном кукурудзи наступних гібридів: Тоніфі КС (к), ЕС Перспектив, ЕС Катамаран, ЕС Якарі, вирощеним в ТОВ «Агро-Край». ТОВ «Агро-Край» знаходиться у м. Гадяч, Полтавської області, Миргородського району.

#### 2.2. Характеристика ґрунтових умов.

Досліджувані гібриди кукурудзи вирощувалися на опідзоленому чорноземі легкосуглинковому та карбонатному лісоподібному суглинку. У ґрунтовому профілі чітко спостерігається переміщення колоїдів, що свідчить про вплив підзолистого процесу.

Чорнозем опідзолений легкосуглинковий на карбонатному листовидному суглинку (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

#### Гранулометричний склад ґрунту (чорнозему опідзоленому легкосуглинковому на карбонатному лісоподібного суглинку)

Генетичний горизонт	Глибина, см	% від маси ґрунту								Клас за гранулометричним складом
		Фізичний пісок (>0,01)				Фізична глина (<0,01)				
		1.00 - 0.25	0.25 - 0.05	0.05- 0.01	сума	0.05- 0.005	0.005 - 0.001	<0.001	сума	
He	0-41	0,04	3,93	52,04	56,01	8,43	9,11	25,55	43,09	Важкосуглинковий
Hpi	42-70	0,04	5,61	52,81	58,46	8,12	7,32	24,73	40,17	Важкосуглинковий
PhI	71-96	0,06	7,55	53,42	61,03	8,67	6,55	24,53	39,75	Середньосуглинковий
P(h)i	97-120	0,03	6,85	54,22	61,1	8,61	8,21	23,64	40,46	Середньосуглинковий
Pk	121-200	0,04	5,49	50,12	55,65	7,43	5,64	22,57	35,64	Середньосуглинковий

Грунт має важко суглинковий склад за гранулометричними характеристиками. У профілі гранулометричний склад змінюється від важкого суглинку до середньо суглинку. Важко суглинкові ґрунти зазвичай багаті поживними речовинами та мають високий вміст гумусу. Вони характеризуються високою вологоємністю, значною зв'язністю, але є слабо проникними для води. Безструктурні варіанти таких ґрунтів схильні до утворення агрономічно шкідливої кірки, легко ущільнюються, налипають на сільськогосподарські знаряддя, погано пропускають повітря до коренів і мають низьку температуру через перезволоження (що веде до значних витрат тепла при випаровуванні) це знижує їх високу поживну цінність і ускладнює обробіток, що робить такі ґрунти важкими для сільськогосподарського використання. Однак, ці проблеми не стосуються важко суглинистих ґрунтів з грудкувато-зернистою структурою, які мають високу агрономічну цінність (2.2). [57].

Таблиця 2.2.

**Гумусовий стан (чорнозему опідзоленого легкосуглинкового на карбонатному лісоподібного суглинку)**

Генетичний горизонт	Глибина	Вміст гумусу %	$C_{ГК}:C_{ФК}$
He	0-41	3,33	1,14
Hpi	42-70	1,67	0,95
PhI	71-96	0,96	0,80
P(h)i	97-120	0,93	0,63
Pk	121-200	0,90	0,68

Стан цього ґрунту відзначається низьким вмістом гумусу та середній рівень перетворення органічних речовин у гумус. У верхньому орному шарі гумусованість становить 3,33%, що значно нижче середнього рівня, а глибиною профілю вміст гумусу поступово зменшується майже вдвічі на

кожному наступному рівні. Тип гумусу відноситься до гумусо-фульватно-гумідного(2.3). Що забезпечує певну специфіку накопичення органічної речовини.

Опідзолений чорнозем легкосуглинковий, сформований на карбонатному суглинку, відзначається дуже високим рівнем обмінного кальцію( $\text{Ca}^{2+}$ ), що надає ґрунту буферну здатність про підкислення. Висока насиченість кальцієм сприяє утворенню непептизованих гелів, які в свою чергу сприяють формуванню стабільної, водотривкої структури ґрунту. Така структура підвищує водно-фізичні та фізично-механічні властивості ґрунту, забезпечуючи його легкий обробіток. Завдяки цьому ґрунт не лише має підвищену родючість, але й зберігає оптимальні властивості для збереження вологи, що забезпечує комфортні умови для розвитку корневих систем рослин і сприяє стабільності врожаїв.

Таблиця 2.3.

**Фізико-хімічні показники (чорнозему опідзоленого  
легкосуглинкового на карбонатному лісоподібного суглинку)**

Генетичний горизонт	Глибина, см	Обмінні катіони				Сума увібраних катіонів	Гідролітична кислотність	Ступінь насичення основами	рН води	Ємність поглинання
		$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^{+}$	$\text{Na}^{+}$					
мг – екв/ 100 г ґрунту %										
He <sub>n</sub>	0-10	22,95	1,69	0,41	0,31	22,35	3,28	88	7,0	32,75
He	30-40	21,35	4,45	0,36	0,26	26,39	2,86	90	7,1	32,20
H <sub>p</sub> i	50-60	16,87	3,89	0,51	0,26	21,72	1,72	90	7,1	29,35
PhI	80-90	13,81	4,92	0,51	0,26	19,49	1,06	93	7,2	26,00
P(h)i	100-110	16,42	3,32	0,51	0,10	20,37	-	95	7,5	20,40
P <sub>k</sub>	130-140	-	-	-		-	-	-	8,0	18,71

Вміст обмінного  $Mg^{2+}$  високий, що впливає на агрономічне значення ґрунту. Ґрунт має слабо кислу реакцію середовища ( $pH_{KCl} = 5,6-6,5$ ) (2.4).

Таблиця 2.4.

**Фізичні показники (чорнозему опідзоленого легкосуглинкового на карбонатному лісоподібного суглинку)**

Генетичний горизонт	Глибина, см	Щільність	Щільність твердої фази	Загальна потужність	Аерація при НВ
		г/см <sup>3</sup>			
He <sub>n</sub>	0-10	1,19	2,62	54,60	17,60
He	30-40	1,26	2,65	52,50	18,10
H <sub>p</sub> i	50-60	1,35	2,69	49,80	15,00
PhI	80-90	1,37	2,69	49,10	14,80
P(h)i	100-110	-	-	-	-
P <sub>k</sub>	130-140	1,39	2,69	48,30	12,90

Цей ґрунт характеризується оптимальною щільністю в одному шарі, яка становить 1,19 г/см<sup>3</sup>, що створює сприятливі умови для росту та розвитку кукурудзи. Такий показник щільності забезпечує належне накопичення вологи й поживних речовин, а також підтримує збалансоване співвідношення вологи й повітря, необхідне для кореневої системи рослин. Оптимальна щільність свідчить про добрий водний режим, активний газообмін і високу біологічну активність ґрунту, що позитивно впливає на чисельність і активність ґрунтових мікроорганізмів.

За такої щільності ґрунт має водопроникність, що сприяє ефективному постачанню рослин вологою та підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Із заглибленням щільність ґрунту поступово збільшується, що є типовим для більшості ґрунтових профілів. Показник пористості становить 45,8 %, що вважається оптимальним та майже ідеальним для фізичної структури ґрунту, оскільки підтримує гарний баланс між твердою та пористою фазами, що є важливим для кореневого дихання та проникнення коренів у ґрунт.

Завдяки таким показникам , цей ґрунт створює сприятливе середовище для росту культури, що підвищує їхню стійкість до посухи та знижує ризик застою води, що може призвести до захворювань рослин.

Волога в гранті , міцно зв'язана з його часточками та недоступна для рослин, називається мертвим запасом або фізично зв'язаною водою. Ця гігроскопічна вода утворює щільну плівку з орієнтованих дипольних молекул навколо ґрунтових часточок, яка утримується дуже міцно, нагадуючи за властивостями тверде тіло. Вона може рухатися лише в пароадібному стані й абсолютно недоступна для рослин, оскільки утримується при тиску до 10000 тис атмосфер.

Рослинам кукурудзи доступна вільна вода, що має дві форми: гравітаційну та капілярну.

Таблиця 2.5.

**Водні характеристики (чорнозему опідзоленого легкосуглинкового на карбонатному лісоподібного суглинку)**

Генетичний горизонт	Глибина, см	Повна вологоємність	Найменша вологоємність	Вологість в'янення	Максимальна гігроскопічність МГ	Максимальний запас доступної вологи МЗДВ
		% від маси ґрунту				мм
He <sub>n</sub>	0-10	-	32,50	11,60	8,50	23.80
He	30-40	-	28,30	11,90	8,70	19.60
H <sub>p</sub> i	50-60	-	26,70	11,80	8,60	18.90
PhI	80-90	-	26,00	11,70	8,30	18.30
P(h) <sub>i</sub>	100-110	-	-	-	-	-
P <sub>k</sub>	130-140	-	26,40	10,60	7,50	21.50

Гравітаційна вода- це надлишок вологи в ґрунті, яка не утримується капілярними силами та відповідає мінімальній вологоємності. Під дією сили тяжіння вода стікає вниз і відома як гравітаційна вода, яка забезпечує

тимчасову доступність вологи для рослин та значно впливає на водний режим ґрунту.

Капілярна вода – заповнює капіляри ґрунту різних розмірів і форм, де сили капілярного зчеплення переважають над гравітаційними силами. Ця вода може рухатися в ґрунті в будь-якому напрямку, залежно від різниці капілярних потенціалів, що визначають напрямок і швидкість її пересування.

### **2.3. Кліматичні умови в роки проведення дослідження.**

Полтавська область розміщена у центральній частині Лівобережної України. Річки області належать до басейну Дніпра: ліві притоки – Сула, Псел, Ворскла. У межах області- частини Кременчутського водосховища. Площа її складає 28,8 тис. кв. км. Понад 92% площі області знаходиться у межах природної зони лісостепу, і тільки близько 8%( її крайня південно-східна частина)- у межах степової природної зони. Вони різняться між собою як ґрунтовим покривом, так і агрокліматичними і іншими особливостями (табл. 2.6).

Клімат регіону помірно-континентальний із помірною кількістю опадів та вологи. Основна частина опадів(понад 40% річної кількості) припадає на літні місяці, коли часто трапляються зливи, грози та гради. Протягом активного вегетаційного періоду рослин кількість опадів становить 320-430 мм.

Найтепліший місяць- липень із середньою температурою  $+19^{\circ}\text{C}$ , то як найхолодніший – січень, з температурою близько  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Взимку температура може знижуватись до  $-22\dots-28^{\circ}\text{C}$ , а в літку іноді досягає високих значень  $+28\dots+37^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 2.6.

**Зміни основних гідротермічних показників протягом років  
проведення досліджень**

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С			Сума опадів, мм		
	Середня багаторічна	2023р.	2024р.	Середня багаторічна	2023р.	2024р.
Січень	-5,7	-5,5	-4,5	29	69,4	22,5
Лютий	-7,2	-2,6	-4,2	33	61,7	51,5
Березень	-1,2	2,4	2,8	35	29,6	12,3
Квітень	5,5	7,7	15,3	37	13,7	20,8
Травень	15,4	17,6	18,4	50	40,3	31,8
Червень	16,5	25,3	26,6	75	8,1	13,5
Липень	20,2	22,5	28,3	77	60,9	18,8
Серпень	17,2	23,1	22,5	58	32,1	16,4
Вересень	14,1	12,4	15,6	52	39,1	23,6
Жовтень	6,3	6,3	9,3	45	19,2	44,3
Листопад	1,1	2,1	1,7	33	42,1	47,1
Грудень	-4,4	-0,4	-0,3	35	24,5	26,4
За рік	6,5	9,2	10,9	559	440,7	329

**2.4. Технологія вирощування зерна кукурудзи та післязбиральної обробки в експерименті.**

Вирощування кукурудзи – це безперервний процес, що включає ряд взаємопов'язаних етапів, кожен з яких важливий для кінцевого результату урожаю. Найоптимальніше визначення технології вирощування – це комплекс агротехнічних заходів, узгоджених у часі та просторі, адаптованих до конкретних виробничих умов.

В господарстві озима пшениця була попередником для кукурудзи. Підготовка ґрунту є одним із ключових і витратних елементів технології, тому

кукурудза вирощувалась за мінімальною технологією обробітку ґрунту. Осінній обробіток починається з лушення стерні відразу після збирання попередньої культури за допомогою дискових борін, що дозволяло подрібнювати рослинні рештки та заробити в ґрунт добрива. Своєчасне лушення допомагає очищенню поля від бур'янів, знижує висихання ґрунту, підвищує його водопровідність і покращує якість оранки.

На полях, де є багаторічні коренепаросткові бур'яни, проводили дворазове лушення, спочатку дисковими знаряддями на глибину 6-8 см, а після відростання бур'янів – культиватором-плоскорізами, обробіток комбінованим агрегатом Smaragd.

Перед посівом проводилася культивація на глибину загортання насіння (5-7 см) комбінованим ґрунтообробним агрегатом «Європак» Б622.

Доведено, що до 50% приросту врожаю сільськогосподарських культур досягається завдяки внесенню добрив. Для формування врожаю якісного зерна кукурудза потребує, крім фосфору та калію, значної кількості кальцію та магнію (близько 6-10 кг на 1 тону зерна). У господарстві добрива вносять у дозі N90P( )K90 для забезпечення оптимального живлення рослин.

У ТОВ «Агро-Край» для сівби використовують насіння гібридів кукурудзи компанії «Lidea». Воно характеризується високими показниками чистоти (не нижче 98%), типовості, енергії проростання (85-90%) та схожості (не менше 93%). Насіння ретельно відкаліброване, протруєне та оброблене стимуляторами росту для забезпечення швидкого і рівномірного розвитку. Норма висіву складає 60 тисяч насінин на 1 гектар. Сівбу проводять сівалкою Massey Ferguson 9100 на глибину 5-6 см, що сприяє оптимальному контакту насіння з ґрунтом. Одразу після сівби вносять як ґрунтовий гербіцид для запобігання проростанню бур'янів, так і страхові післясходові гербіциди для контролю бур'янів на ранніх стадіях росту. Посів кукурудзи проводиться одночасно з передпосівним обробітком ґрунту. Оптимальні строки сівби, обрані з урахуванням стиглості гібридів, забезпечують максимальну продуктивність і сприяють досягненню необхідної вологості зерна під час

збирання. Своєчасність сівби також знижує виробничі витрати в усьому технічному циклі, що особливо важливо в умовах зміни клімату.

У догляді за посівами в господарстві ретельно слідкують за забур'яненістю та захистом рослин від шкідників, зокрема кукурудзяного метелика, бавовняної совки та західного кукурудзяного жука. При досягненні економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) у фазу 6-8 листків, коли 6-8% рослин пошкоджено гусеницями, а в період масового відродження – понад 18-20%, проводять обприскування інсектицидами. Використовують препарат Денис форте (1,25% к.е) у дозі 0,05-0,08 л/га та Штефеніс (2,5% к.е) у дозі 0,5-0,7 л/га для захисту від шкідників.

Збирання кукурудзи на зерно здійснюють, коли вологість зерна становить не більше 35%. За вологості зерна 17-19% в качанах молотильний апарат налаштовують на відповідну частоту обертів: 40-45 об/хв на вході та 200 об/хв на виході для запобігання травмуванню зерна. Збирання проводять комбайном Massey Ferguson, забезпечуючи оптимальні умови для збереження цілісності зерна. Після збирання врожаю зерно очищають від домішок і досушують на шахтній сушарці NDT-B 11-6 до стандартних показників якості (14% вологості), що забезпечує тривале зберігання і стабільність якості зерна.

## **2.5. План і методологія проведення дослідження**

Для дослідження формування та збереження господарсько-технологічних показників якості зерна кукурудзи різних гібридів були вибрані наступні гібриди кукурудзи: Тоніфі КС (к), ЕС Перспектив, ЕС Катамаран, ЕС Якарі, вирощені у ТОВ «Агро-Край» Полтавській області, Миргородського району.

**Гібрид Тоніфі КС (к)** – виробник Лідеа. Середньоранній (ФАО 260) (2.1). Внесений до державного реєстру у 2020 році. Середня урожайність гібриду за три попередні роки склала 64,2-76,4 ц/га. Урожайність гібриду 74-93 ц/га. Тривалість періоду вегетації становить 110-125 діб. Висота рослини-217,3- 254,7 см. Вихід зерна при обмолоті – 80,5- 82,5%. Стійкість до посухи

7-8 балів. Стійкість до вилягання 8-9 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 9 балів. Вміст білка- 9,0-9,6 %. Вміст крохмалю – 73,1- 74,4% [36].



**Рис.2.1. Досліджуваний гібрид кукурудзи Тоніфі КС (к)**

**Гібрид кукурудзи ЕС Перспектив** – середньоранній (ФАО 240), рекомендована зона вирощування – Полісся, лісостеп, Степ. Виробник-Лідеа (рис. 2.2). Сорт ЕС Перспектив внесений до державного реєстру у 2020 році. Тривалість періоду вегетації складає 110-112 діб. Висота рослини – 235-290 см. Вміст крохмалю- 73- 73,7 %. Стійкість до посухи – 8 балів. Стійкість до вилягання 8 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 8 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 8 балів. Стійкість до кукурудзяного метелику 8 балів. Стійкість до гельмінтостоспоріозу 9 балів [36].



**Рис. 2.2. Досліджуваний гібрид кукурудзи Перспектив**

**Гібрид кукурудзи ЕС Катамаран** – високорентабельний гібрид кукурудзи, що має високий потенціал врожайності. Виробником даного гібриду є компанія Лідеа(рис. 2.3). Середньоранньої групи стиглості (ФАО 230). Гібрид ЕС Катамаран внесений до державного реєстру в 2020 році. Тривалість періоду вегетації становить 115-120 діб. Висота рослини 202 – 224 см. Вихід зерна при обмолоті – 80,4 – 83,9 %. Вміст білка – 7,9- 8,7 %. Вміст крохмалю – 73,2 -73,8 %. Стійкість до посухи 8 балів. Стійкість до вилягання 8 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 7 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 8 балів.



**Рис. 2.3. Досліджуваний гібрид кукурудзи ЕС Катамаран**

**Гібрид кукурудзи ЕС Якарі** – виробником даного гібриду є компанія Лідеа. Відноситься до середньоранньої групи стиглістю- (ФАО 230) (рис. 2.4). Гібрид Якарі внесено до державного реєстру в 2020 році. Тривалість періоду вегетації становить 111 – 114 діб. Висота рослини – 221,4 – 242,7 см. Вихід зерна при обмолоті – 81,4 – 82,9%. Вміст білка – 8,9- 9,2%. Вміст крохмалю – 72,8 – 73,4%. Стійкість до посухи 7 балів. Стійкість до вилягання 8 балів. Стійкість до пухирчастої сажки 9 балів. Стійкість проти стеблової гнилі 9 балів. Стійкість кукурудзяного метелика 8 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 9 балів.



**Рис. 2.4. Досліджуваний гібрид кукурудзи ЕС Якарі**

На рисунку 2.5. представлена схема досліджень за якою ми виконували магістерську роботу з зерном кукурудзи різних гібридів.



**Рис. 2.5. Схема досліджень**

### **2.6. Методологія виконання лабораторних досліджень.**

Для дослідження формування та збереження якості зерна гібридів кукурудзи в залежності від умов і тривалості зберігання було відібрано зерно урожаю 2023 року, вирощене в ТОВ «Агро-Край». Досліджувані гібриди включали Тоніфі КС (к), ЕС Перспектив, ЕС Катамаран та ЕС Якарі.

Визначення якісних показників зерна проводилось у навчально-науково-виробничій лабораторії «Переробки продукції рослинництва» кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва імені проф. Б.В. Лесика НУБіП України. Для кожного зразка були оцінені такі показники, як енергія проростання, схожість, натурна маса, вологість, маса 1000 зернин, а також масова частка білка і крохмалю. Схожість визначали як відсоткове співвідношення насіння, що проросло протягом визначеного для кукурудзи періоду (7–10 днів), до загальної кількості насіння, що було відібране для пророщування. Цей показник відображає потенційну здатність насіння формувати нормально розвинуті проростки за сприятливих умов. Енергія проростання визначала рівномірність і швидкість проростання насіння і підраховувалася раніше, ніж показник схожості, що дозволяє оцінити дружність проростання. Обидва показники обчислювали в одному експерименті, але енергію проростання враховували на більш ранньому етапі [48].

Для визначення цих параметрів з кожного гібриду відбирали по 50 здорових зернин у 4 повтореннях, які розміщували на фільтрувальному папері в чашках Петрі, зволожених дистильованою водою. Зерна розміщували таким чином, щоб вони не торкалися одне одного, і залишали на пророщування. На четвертий день спостереження проводили вимірювання енергії проростання, а на восьмий день – показника схожості для кожного гібриду кукурудзи (рис. 2.6).



**Рис.2.6. Визначення схожості та енергії проростання зерна кукурудзи**

Натура зерна є одним із важливих технологічних показників якості зернових культур, що характеризує насипну густину або масу визначеного об'єму зерна. Зазвичай, натура вимірюється в грамах на літр (г/л) і вказує на завершеність дозрівання зерна, а також на повноту синтезу поживних речовин. Цей параметр відіграє важливу роль у визначенні якості зерна, адже зерно з більшою натурою зазвичай є повноважним, добре дозрілим і з високим вмістом поживних речовин.

Вимірювання натури зерна є стандартною практикою для оцінки якості таких культур, як пшениця, жито, тритикале, ячмінь, овес, що використовуються на продовольчі цілі. Також цей показник визначають для технічного зерна, яке застосовується в промисловості: наприклад, жито, ячмінь, просо, пшениця та кукурудза, використовувані для виробництва солоду та інших технічних продуктів [48].

Натура зерна залежить від ряду факторів, таких як хімічний склад, плівчастість, форма зернин, вологість, рівень засміченості, температура та пошкодження шкідниками. Зокрема, зерно із більшою вологістю або забрудненням матиме знижену натуру, тоді як чисте, сухе і повністю дозріле зерно демонструє вищі значення натури. Різні культури в стабільних умовах укладання матимуть різну натуру навіть при однакових методах зберігання.

Для визначення натури використовують літрову пурку – спеціальний циліндричний об'єм для вимірювання маси літра зерна. У нашому дослідженні натурну масу зерна було визначено за допомогою приладу вологомір Kett PM-650 (рис. 2.7), який дозволяє одночасно виміряти вологість і натуру зерна. Цей прилад забезпечує високу точність вимірювань, що особливо важливо для отримання достовірних даних про якість зерна і, відповідно, про його придатність для подальшого зберігання і використання



**Рис.2.7. Kett PM-650(для визначення вологості, натури та температури зерна)**

Натура зерна кукурудзи кожного зразка визначалася двічі для підвищення точності, використовуючи різні порції зерна, що дозволило отримати усереднений результат. Різниця між паралельними вимірами не перевищувала 5 г, а остаточні показники фіксували з точністю до одного грама. Оскільки відомо, що підвищена вологість знижує натуру зерна, отримані результати коригували з урахуванням надбавки в 3–5 г за кожен відсоток вологості, що перевищував стандартний рівень для кукурудзи (14%) зерна є ключовим показником, який безпосередньо впливає на якість і тривалість зберігання. Вологість у зернівці кукурудзи представлена двома видами: зв'язаною та вільною. Зв'язана волога є частиною молекул білків і крохмалю і не бере участі у фізіологічних процесах, тому не впливає на зберігання. Вільна ж волога, навпаки, є фактором ризику, оскільки вона активує ферменти, що може призвести до псування зерна під час зберігання, сприяючи розвитку мікроорганізмів і процесам розкладу. Зерно з рівнем вологості вище критичного рівня, що залежить від його хімічного складу, може втратити свої якісні властивості[48].

У лабораторних умовах вологість зерна визначають методом непрямого висушування розмеленого зразка в електричній сушильній шафі при температурі 130°C протягом 60 хвилин, що забезпечує точне вимірювання.

Для оцінки крупності і виповненості зерна використовують показник маси 1000 зернин. Цей параметр залежить не лише від культури, а й від конкретного сорту та умов вирощування. Виповнене, крупне зерно дає більший вихід борошна високої якості та крупів, адже містить вищий відсоток ендосперму. У нашому дослідженні масу 1000 зернин визначали за методикою, яка передбачає відбір двох проб по 500 зернин кукурудзи з кожного зразка, після чого їх зважували. Визначення проводили з допустимою похибкою розбіжності між двома пробами, яка не повинна перевищувати 3% від середньої маси.

Такий комплексний підхід дозволяє максимально точно встановити якісні характеристики зерна та оцінити його придатність для зберігання і

подальшої переробки, що є важливим для прогнозування кінцевої продуктивності й економічної ефективності зернових культур.

Якщо зерно кукурудзи відповідало встановленим кількісним нормам, масу першої та другої проб підсумовували, а отриманий результат використовували як остаточний показник маси 1000 зерен. Для кукурудзи цей показник коливається в межах від 200 до 400 г, що залежить від гібриду, умов вирощування та якості зерна. Маса 1000 зерен визначають для оцінки крупності, виповненості зерна та потенційного виходу продукції (борошна, крупи), адже більша маса є свідченням вищого вмісту поживних речовин і структурної досконалості зернівки[48].

Серед показників якості зернових культур за кордоном особливу увагу приділяють вмісту білка, який є одним з ключових параметрів при оцінці якості партій зернових культур для харчового, кормового або технічного використання. Для його визначення використовується метод К'ельдаля, який базується на вимірюванні вмісту азоту в зразку як головного компоненту білків. Суть методу полягає у розкладанні органічного азоту сировини у присутності концентрованої сірчаної кислоти з утворенням амонійної солі. У процесі кип'ятіння додають каталізатори, такі як селен або сульфат калію, що прискорюють реакцію розкладу білків, перетворюючи азот в амонійні іони, які зв'язуються з сульфатною групою  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

На другому етапі, до суміші додають концентрований луг, що викликає виділення аміаку. Аміак, вивільнений з суміші, поглинається розчином борної кислоти, після чого кількість зв'язаного аміаку визначають титруванням кислотами відомої концентрації. Зазвичай, для обчислення кількості азоту враховують, що 1 мл 1,0-нормального розчину кислоти відповідає 1,4 мг азоту. Вміст білка розраховують, множачи вміст азоту на коефіцієнт 6,25, який є стандартним для зернових культур, або інший відповідний коефіцієнт, який може змінюватися в залежності від типу продукту.

Метод К'ельдаля є універсальним і високоточним, його використовують як стандартний метод для визначення сирого білка в сільськогосподарських

продуктах. Він має важливе значення для харчової та агропромислової галузей, оскільки забезпечує інформацію про білкову цінність зерна, яка є вирішальною для кормових культур, хлібопекарських продуктів і технічного застосування зерна [48].

Під час проведення досліджень вміст білка, крохмалю, а також додатково вологи у зерні кукурудзи досліджуваних гібридів визначали за допомогою цільнозернового аналізатора Infratec 1241 (рис. 2.8) у навчально-науково – виробничій лабораторії «Переробки продукції рослинництва» кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика.



**Рис.2.8. ІЧ-аналізатор якості зерна Infratec 1241**

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Агротехнологічна оцінка зерна кукурудзи з урахуванням специфіки гібриду та погодних умов у період вегетації.

Раціональне застосування добрив у сучасних умовах господарювання, з урахуванням економічних аспектів, є важливою складовою для підвищення продуктивності та ефективності вирощування зернових культур. Правильне використання мінеральних та органічних добрив може забезпечити значні прирости врожаїв, на частку яких припадає близько 50% загального збільшення валового збору. Проте ефективність застосування добрив тісно пов'язана з іншими агротехнічними заходами, зокрема правильним вибором сортів і гібридів, що має ключове значення для максимального використання потенціалу ґрунтів і покращення якості врожаю [36,56].

У випадку з кукурудзою, важливим фактором для підвищення продуктивності є не лише оптимальне внесення добрив, а й раціональне використання генетичного потенціалу сортів і гібридів. Селекційні досягнення, зокрема створення нових, більш продуктивних і стійких до несприятливих погодних умов і хвороб гібридів, мають значний вплив на урожайність. Впровадження таких гібридів у сільськогосподарське виробництво дозволяє підвищити врожайність кукурудзи на 20-25%, що є суттєвим приростом для господарства [36].

З огляду на це, вибір гібридів з урахуванням їх групи стиглості та адаптації до місцевих умов вирощування є одним з основних факторів для досягнення високих результатів у виробництві кукурудзи. Оскільки різні гібриди мають різний рівень стійкості до хвороб, посухи, а також здатність до накопичення вологи в періоди недостатньої кількості опадів, їх оптимальне поєднання в технології вирощування є важливим агрономічним завданням.

У межах магістерської кваліфікаційної роботи передбачається проведення порівняльної оцінки різних гібридів кукурудзи, щоб визначити найбільш продуктивні варіанти для господарства ТОВ «Агро-Край», що

знаходиться в Миргородському районі Полтавської області. Зокрема, будуть порівнюватися біологічна та господарська врожайність різних гібридів, а також якісні показники їхнього зерна. Попередні результати досліджень показали, що біологічна врожайність гібридів кукурудзи є вищою, що свідчить про потенціал цих гібридів за оптимальних умов вирощування(таблиця 3.1). Це дозволяє фермерському господарству ефективніше використовувати доступні ресурси та підвищити загальну продуктивність при мінімальних витратах на добрива та засоби захисту.

Таким чином, інтеграція генетичних досягнень в селекції, раціональне використання агротехнічних прийомів, і своєчасне застосування необхідних добрив сприяють зростанню ефективності та стабільності виробництва зерна кукурудзи в умовах сучасного агрогосподарства.

Таблиця 3.1

**Біологічна і господарська урожайність досліджуваних гібридів  
кукурудзи  
( Середнє за 2023-2024 рр.)**

Гібриди	Біологічна урожайність, т/га	Господарська урожайність, т/га
Тоніфі КС (к)	10,1	9,4
ЕС Перспектив	9,7	9
ЕС Катамаран	10,2	9,6
ЕС Якарі	10,5	9,9
НІР <sub>05</sub>	0,82	1,52

Показники господарської врожайності зерна кукурудзи у вивчених гібридів варіювались від 9 до 9,9 т/га. Вирощувальні умови для всіх гібридів були однаковими, проте гібрид ЕС Якарі продемонстрував кращу урожайність порівняно з іншими гібридами. Зокрема, він перевищив урожайність гібрида Тоніфі КС(к) на 0,5 т/га, ЕС Перспектив на 0,9 т/га, та ЕС Катамаран на 0,3т/га.

Хімічний склад зерна, зокрема вміст крохмалю, має велике значення для визначення його технологічних і харчових властивостей, що безпосередньо впливає на його цільове використання. Крохмаль є основною формою накопичення вуглеводів у зерні і складає значну частину його маси. У середньому, вміст крохмалю в зерні кукурудзи становить близько 30%, проте цей показник може коливатися від 0 до 40% і більше в залежності від сорту, умов вирощування та фази дозрівання.

З ростом дозрівання кукурудзи вміст крохмалю поступово збільшується, оскільки рослина накопичує більше вуглеводів у вигляді крохмалю. Крохмаль, як основний компонент зерна, є важливим елементом у процесах переробки, зокрема при виробництві борошна, круп, а також в якості сировини для біоенергетичних виробництв.

Результати досліджень щодо вмісту білка та крохмалю в зерні різних гібридів кукурудзи, а також вихід цих речовин з 1 га посівної площі у фермерському господарстві ТОВ «Агро-Край» Миргородського району Полтавської області наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Вміст білка та крохмалю в зерні гібридів кукурудзи та їхній врожай з 1 га посіву, (Середнє 2023-2024рр.)**

Гібрид	Вміст білка, %	Збір білка, кг/га	Вміст крохмалю, %	Збір крохмалю, кг/га
Тоніфі КС (к)	8,8	888,8	72,0	7272,0
ЕС Перспектив	8,6	834,2	74,0	7178,0
ЕС Катамаран	8,7	887,4	73,0	7446,0
ЕС Якарі	8,8	924,0	75,0	7875
НІР <sub>05</sub>	0,12	6,13	0,82	5,22

Як показують дані таблиці 3.2, найвищий вміст білка в зерні продемонстрували гібриди кукурудзи Тоніфі КС (к) та ЕС Якарі, із масовою

часткою білка 8,8%. Збір білка з 1 га становив: для гібриду Тоніфі КС (к) – 888,8 кг/га, ЕС Перспектив – 834,2 кг/га, ЕС Катамаран – 887,4 кг/га, ЕС Якарі – 924,0 кг/га.

Масова частка крохмалю серед гібридів варіювалась від 72,0% до 75,0%. Максимальний вміст крохмалю показав гібрид ЕС Якірі(75,0%) та ЕС Перспектив (74,0%). Гібрид Тоніфі КС(к), ЕС Катамаран характеризувались трохи нижчим показником – 72,0% та 73,0%. Найвищий вихід крохмалю з 1 га зафіксовано у гібрида ЕС Якарі – 7875,0 кг/га. Для інших гібридів збір крохмалю склав: Тоніфі КС (к) – 7272,0 кг/га, ЕС Перспектив – 7178,0 кг/га та ЕС Катамаран – 7446,0 кг/га.

Отже, дослідження засвідчили, що продуктивним та цінним з технологічної точки зору є гібрид кукурудзи ЕС Якарі, який забезпечив максимальний вихід як білка, так і крохмалю з 1 га посівів серед досліджених гібридів.

### 3.2. Аналіз відповідності вирощеного зерна кукурудзи з урахуванням специфіки гібриду та погодних умов у період вегетації.

Кукурудзу класифікують за ботанічними та біологічними ознаками, а також за морфологічними характеристиками зерна, включаючи його форму та колір. На основі цих ознак виділяють декілька основних типів кукурудзи, кожен із яких має свої особливості, що важливі для сільськогосподарського та промислового застосування. Детальна класифікація представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

#### Розподіл кукурудзи на типи

Тип	Колір і форма зерна	Кукурудза інших типів
I Зубоподібна жовта	Жовта, оранжева, жовта з білою верхівкою. Переважно продовгувата зі скошеними боками і вдавненою верхівкою зерна	15,0, в тому числі білої не більше ніж 5,0

## Продовження таблиці 3.3.

II Зубоподібна біла	Біла, палева, блідо рожева. Переважно продовгувата зі скошеними боками і вдавненою верхівкою зерна	15,0, в тому числі жовтої не більше ніж 2,0
III Кремениста жовта	Жовта, оранжева з білою верхівкою. Верхівка зерна округла без вдавнення. Зерно блискуче	15,0, в тому числі білої не більше ніж 5,0
IV Кремениста біла	Біла, палева, блідо-рожева. Верхівка зерна округла без вдавнення. Зерно блискуче	15,0, в тому числі жовтої не більше ніж 2,0
V Напівзубоподібна жовта	Жовта, оранжева. Форма перехідна від зубоподібної до кременистої із слабко вдавненою верхівкою зерна або без вдавнення	25,0, в тому числі білої не більше ніж 5,0
VI Напівзубоподібна біла	Біла, палева, блідо-рожева. Форма перехідна від зубоподібної до кременистої зі слабко вдавненою верхівкою зерна або без вдавнення	25,0, в тому числі жовтої не більше ніж 2,0
VII Розлусна жовта	Жовта. Продовгувата із дзьобоподібною або округлою верхівкою. Зерно гладке	15,0, в тому числі білої не більше ніж 5,0
VIII Розлусна біла	Біла. Продовгувата із дзьобоподібною або округлою верхівкою. Зерно гладке	15,0, в тому числі жовтої не більше ніж 2,0

Кукурудзу класифікують на різні класи залежно від хімічного складу, якісних показників і напрямів її використання. Така класифікація дозволяє визначити оптимальне застосування зерна кукурудзи для конкретних цілей, а

також забезпечити відповідність продукції вимогам стандартів. Основні класи кукурудзи, з їхніми характеристиками, наведено у таблиці 3.3. Детальні вимоги до зерна кукурудзи для кожного з класів і груп застосування, включаючи вміст білка, крохмалю, вологості та інші показники якості, узагальнено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

**Вимоги до зерна кукурудзи згідно ДСТУ 4525:2006**

	2 клас	1 клас	2 клас	3 клас	
Показник	Харчові концентрати і продукти	Продукти дитячого харчування	крупя, борошно	крохмаль і патока	кормові потреби
Типовий склад	I-VII типи				I - IX типи
Вологість, %, не більше	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Зокрема після штучного сушіння, %, не менше	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Зернова домішка, %, не більше	7,0	3,0	7,0	7,0	15,0
Зокрема:					
пророслі зерна	2,0	Не дозволено	2,0	У межах Зернової домішки	5,0
пошкоджені зерна	1,0	Те саме	1,0	Те саме	У межах зернової домішки
зерна і насіння інших культурних рослин, віднесені до зернової домішки	Не дозволено				2,0
Смітна домішка, %, не більше	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
Зокрема:					
зіпсовані зерна	0,5	Не дозволено	1,0	1,0	1,0

Продовження таблиці 3.4.

мінеральна домішка	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0
зокрема: галька, шлак, руда	0,1	0,1	0,1	У межах мінеральної домішки	
шкідлива домішка	0,2	Не дозволено	0,2	0,2	0,2
зокрема:					
сажка і ріжки	0,15	Не дозволено	0,15	0,15	0,15
гірчак повзучий і в'язель різнокольоровий	0,1	Не дозволено	0,1	0,1	0,1
триходесма сива, геліотроп опушеноплідний і насіння рицини, амброзія	Не дозволено				
Крупність, %, не менше	80,0	Не визначається			
для кукурудзи VII—VIII типів	Не визначається				
Зараженість шкідниками	Не дозволено		Не дозволено, крім зараженості кліщем не вище 1 ступеня		

Відповідно до державних стандартів, кукурудза всіх класів і груп якості повинна відповідати вимогам здорового стану зерна. Це означає, що зерно повинно бути сухим, незіпрілим, без теплових пошкоджень, які можуть виникати при сушінні. Також обов'язковою вимогою є відсутність затхлого, солодового або пліснявого запаху, а запах повинен бути характерним для свіжого та здорового зерна кукурудзи. Колір зерна також має бути типовим для здорового зерна даного типу кукурудзи, що підтверджується вимогами нормативних документів з чинними регламентами, при погодженні із хлібоприймальними підприємствами та іншими суб'єктами підприємницької

діяльності можливе прийняття кукурудзи з вищою вологістю, а також із вищим вмістом смітних і зернових домішок, ніж допустимі межі. Однак така продукція підлягає подальшому доведенню до якості, що відповідає вимогам державного стандарту, як це представлено в таблиці 3.4. Це особливо важливо для кукурудзи, що йде на переробку для продовольчих та кормових потреб.

Відповідно до вимог стандарту ДСТУ 4525:2006, кукурудза для харчових концентратів, круп, продуктів, крохмалю та патоки повинна бути відвантажена лише у вигляді зерна. Також типовий склад кукурудзи узгоджується між споживачем-переробником та виробником, щоб забезпечити дотримання нормативів якості для конкретних харчових чи промислових цілей. Дослідженнями встановлено, що всі досліджувані гібриди кукурудзи, відібрані для аналізу, відповідають вимогам стандарту, а також мають різні показники фізико-хімічного складу. Ці відмінності обумовлені генетичними особливостями кожного гібриду та впливають на їхню придатність для різних видів переробки і застосування.

Детальна характеристика показників вологості зерна для кожного гібриду кукурудзи, що підлягали дослідженню, представлена у таблиці 3.5, де розкрито відмінності за цим параметром серед гібридів, що є важливим чинником для зберігання, переробки і подальшого використання зерна.

Таблиця 3.5.

**Порівняльна оцінка вологості зерна кукурудзи досліджуваних гібридів (Середнє 2023-2023 рр.)**

№ п/п	Гібрид	Вологість,%	+/-до стандартної вологості 15%
1	Тоніфі КС(к)	14,2	-0,8
2	ЕС Перспектив	14,3	-0,7
3	ЕС Катамаран	14,3	-0,7
4	ЕС Якарі	14,1	-0,9
5	-	0,04	-

По закінченню проведення післязбиральної обробки, включаючи сушіння, вологість зерна досліджуваних гібридів кукурудзи становила: Тоніфі КС (к) – 14,2 %, ЕС Перспектив – 14,3 %, ЕС Катамаран – 14,3 % та ЕС Якарі – 14,1 %. Відповідно до чинних державних стандартів, допустимий показник вологості для кукурудзи, залежно від напрямів її використання, не повинен перевищувати 15 %. Отже, всі досліджувані зразки відповідають нормативним вимогам, що забезпечує оптимальні умови для їх тривалого зберігання та переробки. Найвищі показники вологості спостерігалися у гібридів ЕС Перспектив та ЕС Катамаран (по 14,3 %), що знаходиться в межах допустимої норми, але потребує ретельного контролю під час зберігання, особливо за умов підвищеної температури, щоб уникнути втрати якості. Гібриди Тоніфі КС (к) (14,2 %) та ЕС Якарі (14,1 %) мали найнижчі показники вологості, що є додатковою перевагою при закладці на зберігання, оскільки це знижує ризик появи цвілі та зменшує активність ферментів, що можуть спричинити небажані зміни у зерні. Ці показники є критичними для вибору відповідного напрямку переробки зерна: кормового, харчового або промислового. Технологічні показники якості зерна кукурудзи досліджуваних гібридів, зокрема масова частка білка, крохмалю та інші параметри, важливі для подальшого використання зерна, детально представлені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

**Технологічні характеристики якості зерна кукурудзи вивчених гібридів (Середнє 2023-2024 рр.)**

№ п/п	Гібрид	Натура, г/л	+/- до контролю	Маса 1000 зерен, г	+/- до контролю
1	Тоніфі КС	732	-	330	-
2	ЕС Перспектив	742	+12	334	+4
3	ЕС Катамаран	740	+8	320	-55
4	ЕС Якарі	746	+10	344	+6
НІР <sub>05</sub>	-	0,18	-	1,28	-

Згідно з даними таблиці 3.6, найбільше значення натурної маси продемонстрував гібрид ЕС Якарі, досягнувши 746 г/л, тоді як гібрид Тоніфі КС (к) мав найнижчий показник – 732 г/л. Серед досліджуваних гібридів, найбільша маса 1000 зерен також спостерігалася у гібридів ЕС Якарі (344 г) та Тоніфі КС (к) (330 г).

Щодо посівних якостей зерна, гібриди кукурудзи показали відносно невисокі результати. Найвищий показник схожості, що становив 98 %, був зафіксований у гібрида ЕС Катамаран, тоді як гібрид Тоніфі КС (к) мав найменший рівень схожості серед досліджуваних гібридів — 86 %

Ці дані свідчать про те, що гібрид ЕС Якарі виділяється не лише високою натурною масою та масою тисячі зерен, але й потенційно кращими характеристиками для подальшої переробки. Гібрид ЕС Катамаран, з іншого боку, демонструє високу схожість, що може бути важливою перевагою для подальших посівних якостей. (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7

**Посівні характеристики зерна кукурудзи вивчених гібридів  
(Середнє 2023-2024 рр.)**

№	Гібрид	Енергія проростання %	+/-до контролю	Схожість, %	+/-до контролю
1	Тоніфі КС(к)	83	-	86	-
2	ЕС Перспектив	88	+%	93	+7
3	ЕС Катамаран	87	+4	93	+12
4	ЕС Якарі	81	-2	94	+8
НІР <sub>05</sub>	-	0,11	-	0,24	-

Згідно з чинним стандартом, показник схожості для зерна кукурудзи, призначеного для виробництва дитячого харчування та у крохмально-патоковій промисловості, повинен становити не менше 55 %. Проведені

дослідження показали, що зерно всіх досліджуваних гібридів кукурудзи відповідає цій вимозі і може бути використане для всіх зазначених цільових призначень.

Найбільший показник енергії проростання спостерігався у гібрида ЕС Якарі, де цей показник досяг 94 %. Також високою енергією проростання характеризувалися гібриди ЕС Катамаран та ЕС Перспектив (93 %). Найменший рівень енергії проростання був відзначений у гібрида Тоніфі КС (к), що становив 86 %.

Інформацію про вміст білка та крохмалю у зерні досліджуваних гібридів кукурудзи наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

**Вміст білка і крохмалю в зерні досліджуваних гібридів  
кукурудзи(Середнє 2023-2024рр.)**

№ п/п	Гібрид	Вміст білка,%	+/-до контролю	Вміст крохмалю,%	+/-до контролю
1	Тоніфі КС (к)	8,8	-	72,0	-
2	ЕС Перспектив	8,7	-0,1	73,0	+1,0
3	ЕС Катамаран	8,8	-	73,0	+2,0
4	ЕС Якарі	8,7	-0,1	73,0	+1,0
НІР <sub>05</sub>		0,04	-	0,14	-

Аналіз результатів досліджень показав, що найвищий вміст білка серед досліджуваних гібридів спостерігався у гібридів Тоніфі КС (к), ЕС Катамаран де він становив 8,8 %. Дещо нижчий вміст білка відзначено у гібридів ЕС Перспектив та ЕС Якарі — по 8,7 %.

Щодо показників вмісту крохмалю, то максимальні значення спостерігалися у гібридів ЕС Перспектив, ЕС Катамаран та ЕС Якарі (73,0 %).

Тоді як найменший вміст крохмалю спостерігався у гібрида Тоніфі КС (к)73 %, становив 72,0 %.

Ці дані свідчать про відмінності у хімічному складі зерна серед досліджуваних гібридів, що важливо враховувати при їхньому виборі для конкретних виробничих потреб.

### **3.3. Зміни товарних і технологічних характеристик якості зерна кукурудзи різних гібридів під час зберігання.**

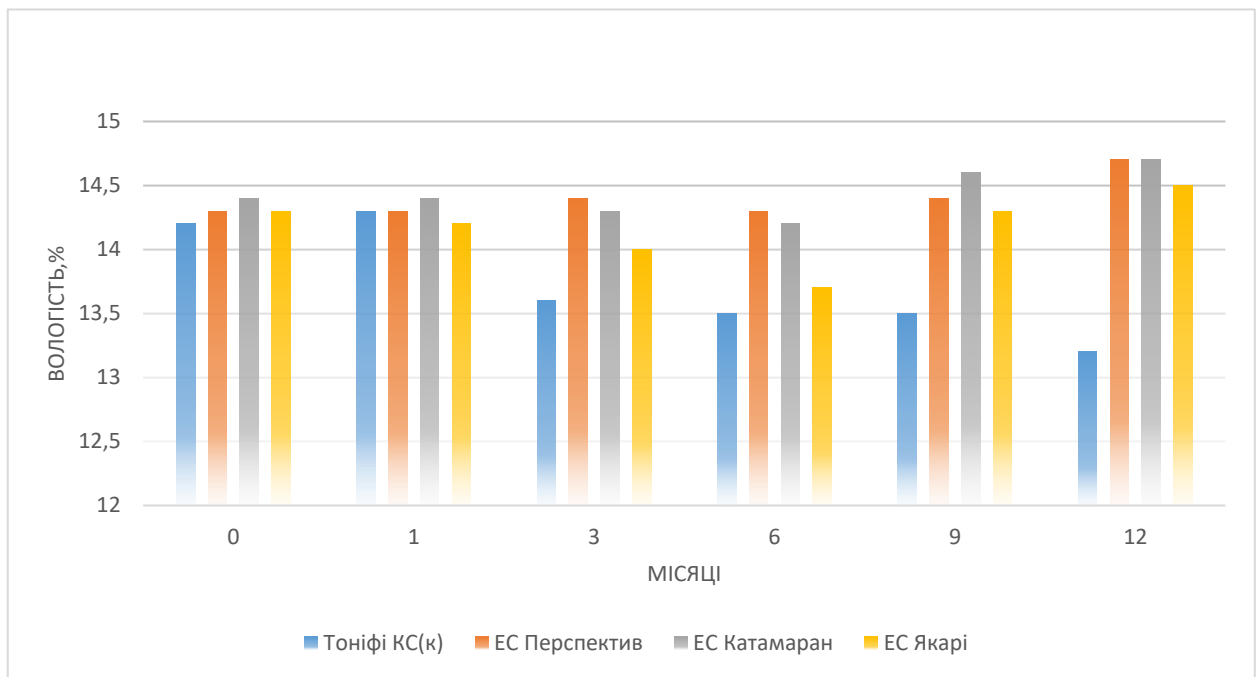
Умови збереження мають значний вплив на фізіологічні та біологічні характеристики майбутніх рослин, зокрема на їхню силу росту, стійкість до несприятливих умов та продуктивність. За даними літератури, використання високоякісного зерна може забезпечити приріст врожайності на рівні від 10 до 50 %, а середні значення цього приросту становлять приблизно 20 %. Ефективне використання потенціалу врожайності зумовлюється дотриманням комплексу агротехнічних заходів, таких як раціональне внесення добрив, застосування засобів захисту та впровадження новітніх інтенсивних гібридів.

Основним завданням зберігання зерна є не лише підтримання, але й можливе покращення його посівних, товарних та технологічних властивостей. Якісне зерно відповідає певним стандартам та умовам зберігання, що гарантують його придатність до подальшого використання. Відповідно до стандарту ДСТУ 4525:2006, якість кукурудзи оцінюється за чотирма основними критеріями: типовий склад, чистота, схожість і вологість зерна. У процесі зберігання можливі зміни не лише у вологості, але й у інших показниках, що потенційно можуть знизити якість зерна.

Для забезпечення якісних показників кукурудзяного зерна необхідно дотримуватися оптимальних умов зберігання, таких як температурний режим, вологість повітря та вентиляція приміщень. Умови зберігання повинні забезпечувати стабільність вологості зерна на рівні, що відповідає нормативним вимогам. Недотримання цих умов може призвести до змін у

фізико-хімічних властивостях зерна, погіршення його схожості та загальної якості, що в свою чергу вплине на врожайність та розвиток рослин у майбутньому.

Динаміка зміни вологості зерна різних гібридів кукурудзи протягом зберігання показана на рис. 3.1 і 3.2. Ці дані демонструють вплив тривалості зберігання та умов середовища на вологість кукурудзи, що є важливим чинником для підтримання якості та збереження врожайності в майбутньому.



**Рис. 3.1. Зміни вологості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи під час зберігання у зерносховищі з нерегульованим  $t$  режимом (контроль) (Урожай 2023р.)**

Температура і вологість є ключовими факторами, що впливають на збереження зерна, оскільки вони регулюють інтенсивність біохімічних процесів та розвиток шкідливих мікроорганізмів і комах у зерновій масі кукурудзи. У зерні, яке знаходиться в сухому стані, біохімічна активність практично зупиняється, створюючи несприятливі умови для розвитку чинників, які сприяють псуванню врожаю. Завдяки цьому сухе зерно може зберігатися протягом тривалого часу з мінімальними втратами у масі та якості.

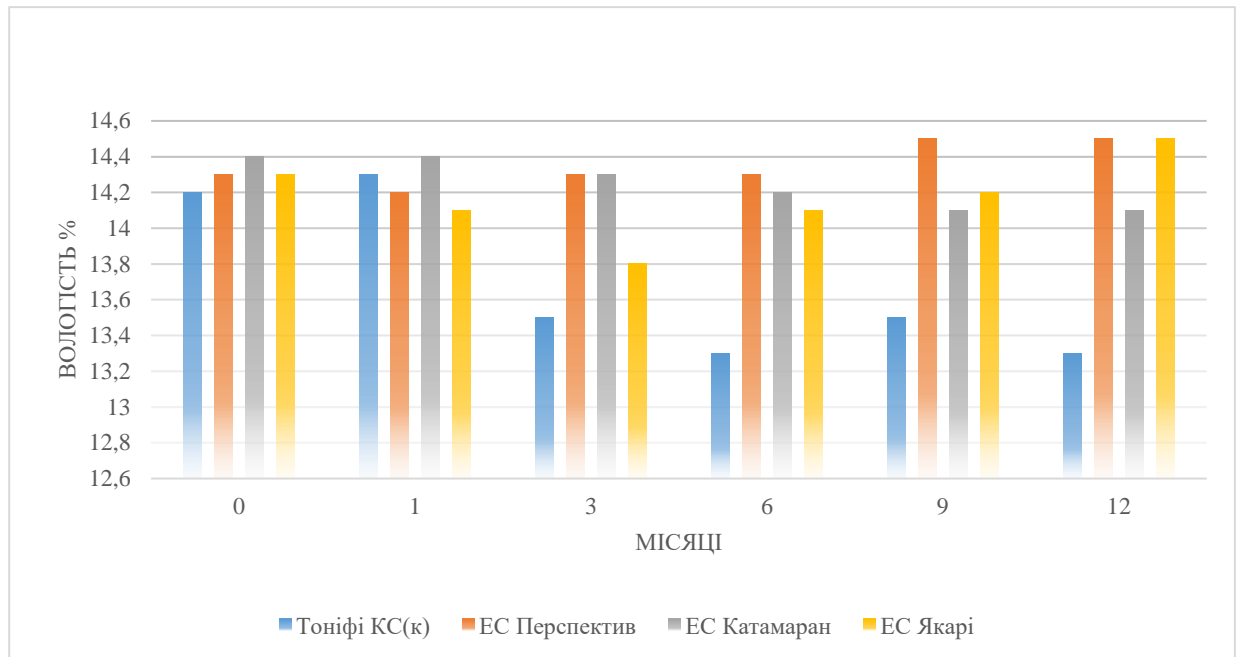
Зберігання зерна в сухому стані є основним методом підтримання його високої життєздатності протягом усього періоду до моменту використання за певним призначенням. Для тривалого зберігання важливо підтримувати вологість на безпечному рівні, щоб уникнути надмірної активності біохімічних процесів, які можуть призводити до псування.

Критичною вважається вологість зерна злакових, за якої різко зростає інтенсивність його дихання, що провокує швидке погіршення якості. Для кукурудзи критичний рівень вологості становить 13,5–14,5 %, при якому стає необхідним застосування заходів щодо зниження вологості для забезпечення стабільного зберігання.

На рисунку 3.1 представлені показники динаміки вологості зерна кукурудзи досліджуваних гібридів при зберіганні у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контрольний варіант). Початкова вологість зерна перед зберіганням варіювала в межах 13,9–14,4 %. Через місяць зберігання показники вологості почали змінюватися. Зокрема, після тримісячного зберігання вологість збільшилася лише у гібриду ЕС Перспектив на 0,1 %, тоді як у решти гібридів вона знизилася порівняно з початковими значеннями. Протягом шести місяців вологість зменшувалася у всіх гібридів, крім ЕС Перспектив. Загалом за шестимісячний та дванадцятимісячний періоди вологість змінювалася в межах 0,3–0,4 %. Через рік зберігання показники вологості дещо зросли майже у всіх гібридів (ЕС Перспектив, ЕС Катамаран та ЕС Якарі) і досягли 14,0–14,7 %. Лише гібрид Тоніфі КС(к) продемонстрував зниження вологості порівняно з початковим рівнем.

Рисунок 3.2 показує динаміку вологості досліджуваних гібридів кукурудзи за умов охолодженого зберігання при температурі 0–5°C. Відмінність охолодженого зберігання полягає у поступовому характері зміни вологості. Через місяць зберігання вологість збільшилася тільки у гібрида Тоніфі КС (к). Через три місяці спостерігалось зниження вологості у гібридів Тоніфі КС(к), ЕС перспектив та ЕС Катамаран, яке продовжувалося протягом шести місяців, знижуючись ще на 0,3 %. Протягом 9–12 місяців вологість

зерна дещо підвищилася, і кінцеві показники через рік зберігання становили 13,8–14,5 %, що на 0,1 % менше, ніж початкові значення перед зберіганням.



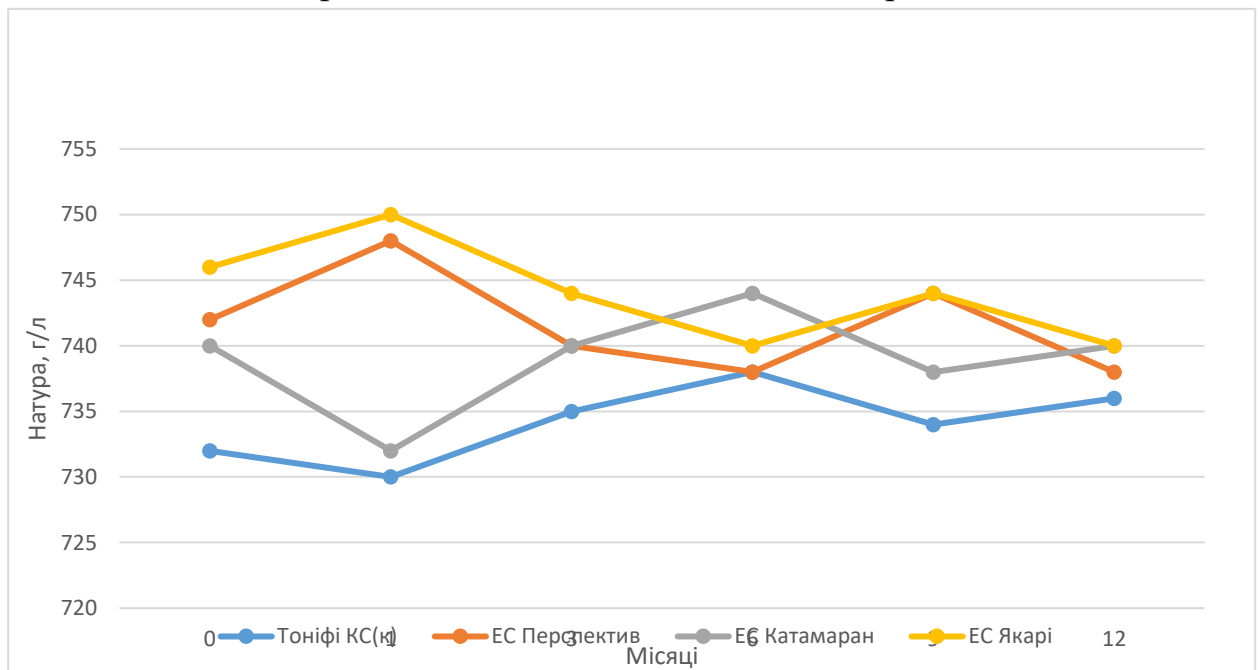
**Рис. 3.2. Зміни вологості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи під час зберігання в охолодженому вигляді ( $t 0 +5^{\circ}\text{C}$ ) (Урожай 2023р.)**

Показник натурної маси для зерна кукурудзи офіційно стандартом не регламентується, проте він має велике господарське, технологічне та економічне значення. Для зерна, призначеного для виробництва солоду, цей показник повинен складати не менше 700 г/л. Натурна маса зерна залежить від вмісту крохмалю та присутності домішок – як мінеральних, так і органічних. Підвищення масової частки крохмалю та вміст мінеральних домішок сприяють збільшенню натурної маси, тоді як органічні домішки знижують її. Тому для визначення цього показника важливо попередньо видалити з зернової маси грубі сміттєві та зернові домішки, що передбачено методикою визначення натурної маси зерна.

Динаміка змін натурної маси зерна кукурудзи різних гібридів за різних умов зберігання подана на рисунках 3.3–3.4. З рисунка 3.3 видно, що при зберіганні кукурудзи в умовах зерноховища з нерегульованим

температурним режимом (контроль) натурна маса змінювалася по-різному в кожного з досліджуваних гібридів. Протягом дванадцяти місяців зберігання показники натурної маси зазнали змін у всіх гібридах, відхиляючись від початкових значень. У результаті, через рік натурна маса в різних варіантах варіювалася від 739 до 747 г/л.

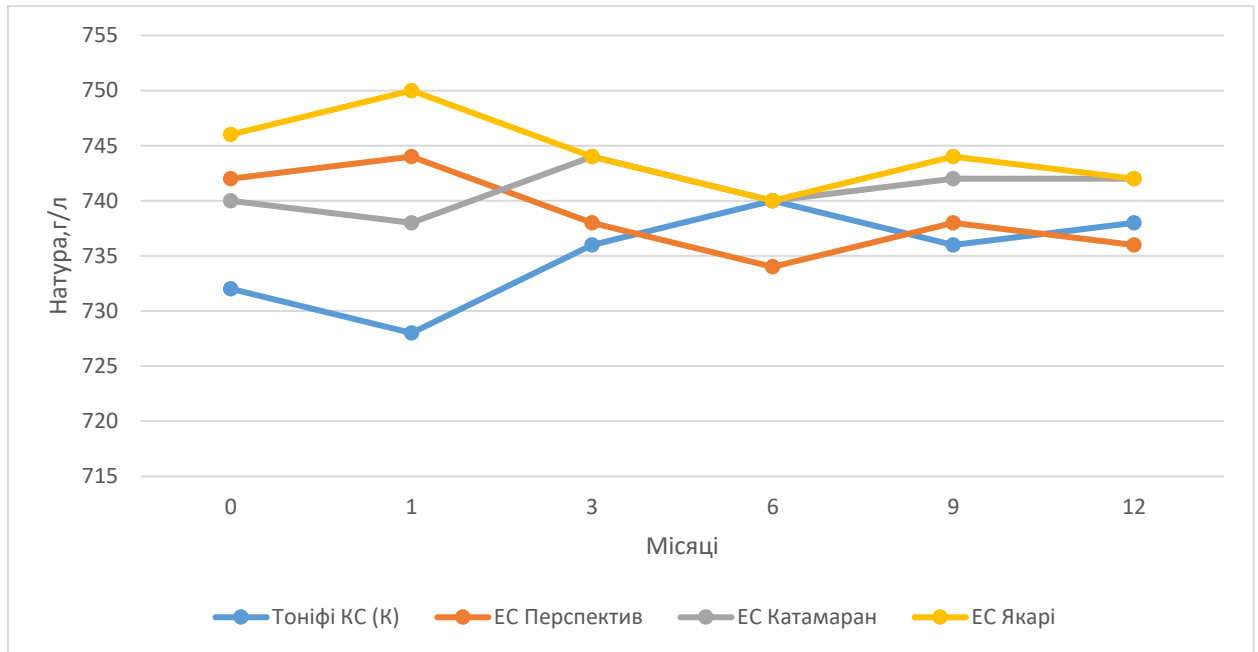
Це свідчить про вплив умов зберігання на натурну масу, зокрема на зміну її значень у процесі тривалого зберігання. Важливо відзначити, що зниження або підвищення натурної маси може бути пов'язане з відносною вологістю повітря в сховищі, яка впливає на вологість самого зерна. У гібридах, де натурна маса знизилася, можливо, спостерігалось поглинання зайвої вологи, що призвело до зменшення щільності зерна.



**Рис. 3.3. Зміни показника натурної маси зерна кукурудзи досліджуваних гібридів за зберігання у зерносховищі з нерегульованим t режимом (контроль)(Урожай 2023р.)**

Під час зберігання зерна в охолодженому стані (при температурі 0–5 °С) показники натурної маси також змінювалися протягом 12 місяців у всіх досліджуваних гібридах. Характер змін натурної маси в цих умовах був подібним до змін при зберіганні у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом. Після року зберігання показники натурної маси

варіювалися в межах 740–746 г/л для всіх гібридів (рис. 3.4), і для деяких із них ці показники були навіть дещо вищими, ніж початкові. Це свідчить про можливу стабільність натурної маси зерна за охолоджених умов, що є важливим для забезпечення тривалого зберігання з мінімальними змінами фізичних властивостей зерна.



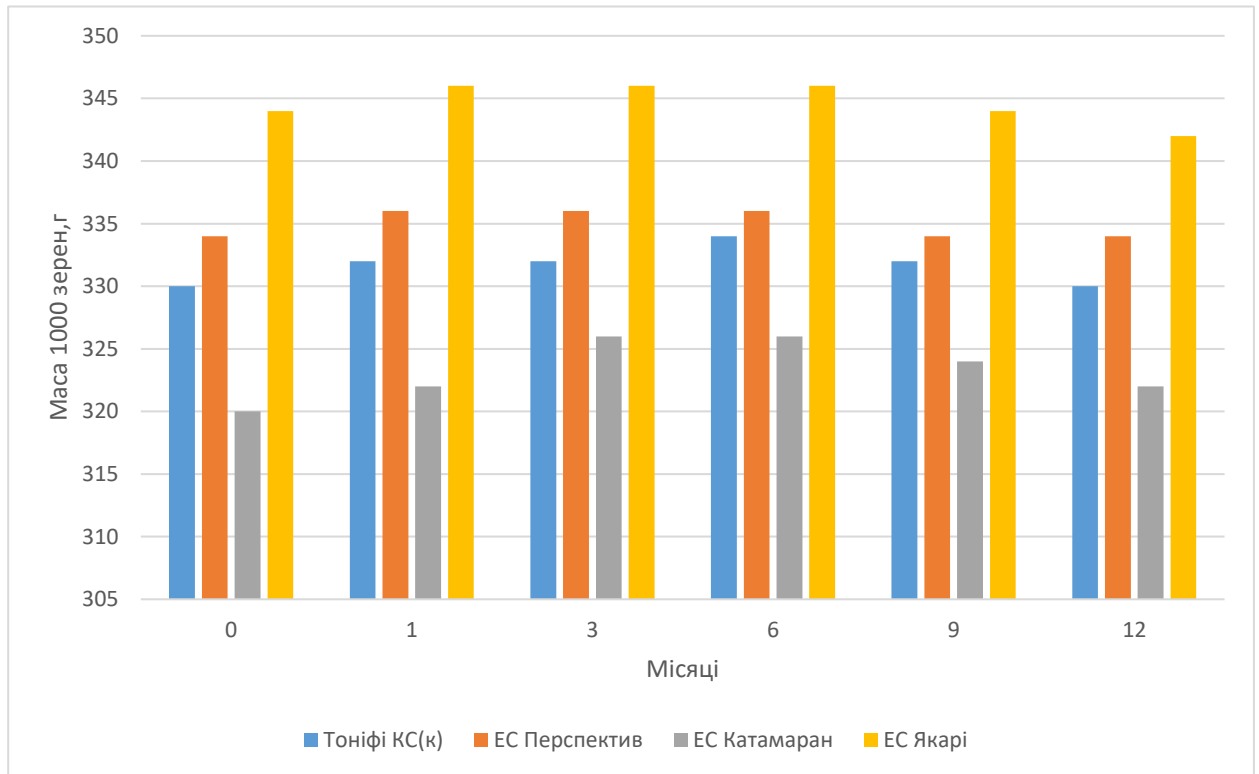
**Рис. 3.4.** Зміни показника натурної маси зерна кукурудзи досліджуваних гібридів за зберігання в охолодженому стані ( $t 0 +5^{\circ}\text{C}$ )(Урожай 2023 р.)

Показник маси тисячі зерен характеризує розмір і ступінь дозрівання тисячі одиниць сухого зерна, виражений у грамах. Це один із ключових господарських показників якості зерна, який важливий для точного визначення норми висіву. Без урахування показників посівної придатності та маси 1000 зерен визначення оптимальної норми висіву та польової схожості було б неможливим.

Згідно з літературними джерелами, маса 1000 зерен кукурудзи високої якості коливається від 200 до 400 г. Отримані нами показники маси 1000 зерен у процесі проведення досліджень представлені на рисунках 3.5–3.6, що дозволяє оцінити варіації цього показника в досліджуваних гібридах кукурудзи.

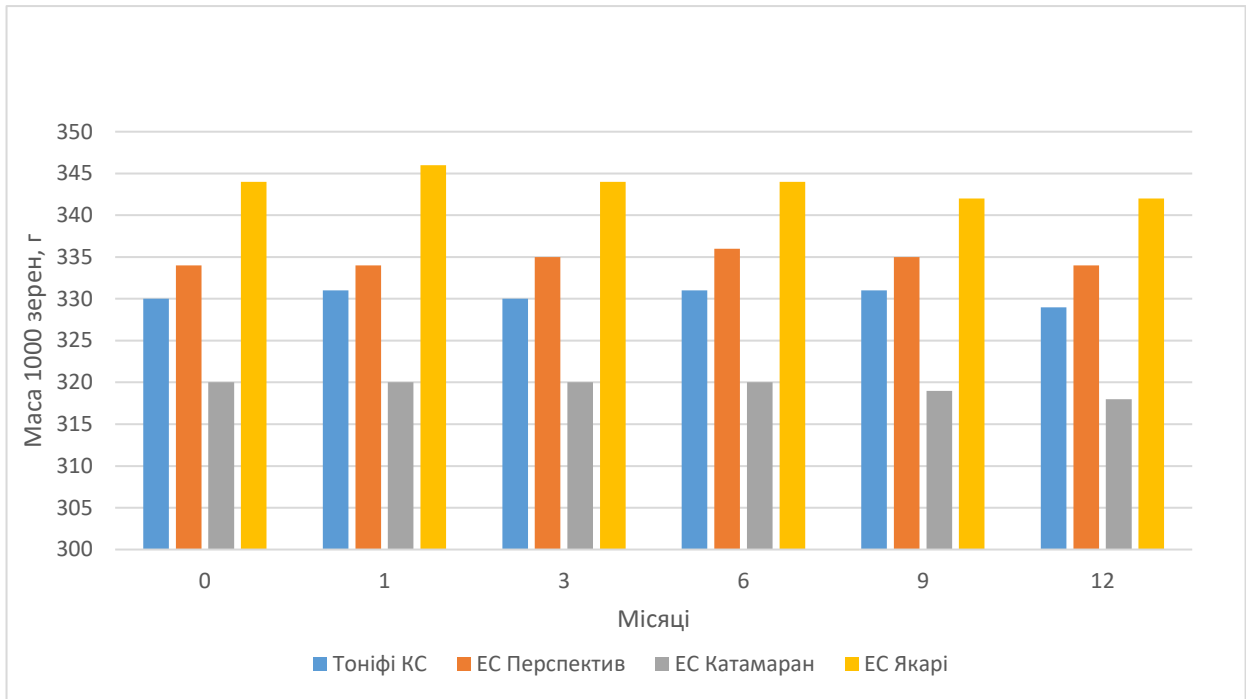
Зерно досліджуваних гібридів кукурудзи закладали на зберігання з наступними показниками: Тоніфі КС (к) – 330 г.; ЕС Перспектив - 334 г.; ЕС Катамаран - 320г.; ЕС Якарі - 344 г.

Результати досліджень динаміки зміни маси 1000 зерен яка відбулися за зберігання у зерносховищі з нерегульованим t режимом (контроль) представлені на рисунку 3.5.



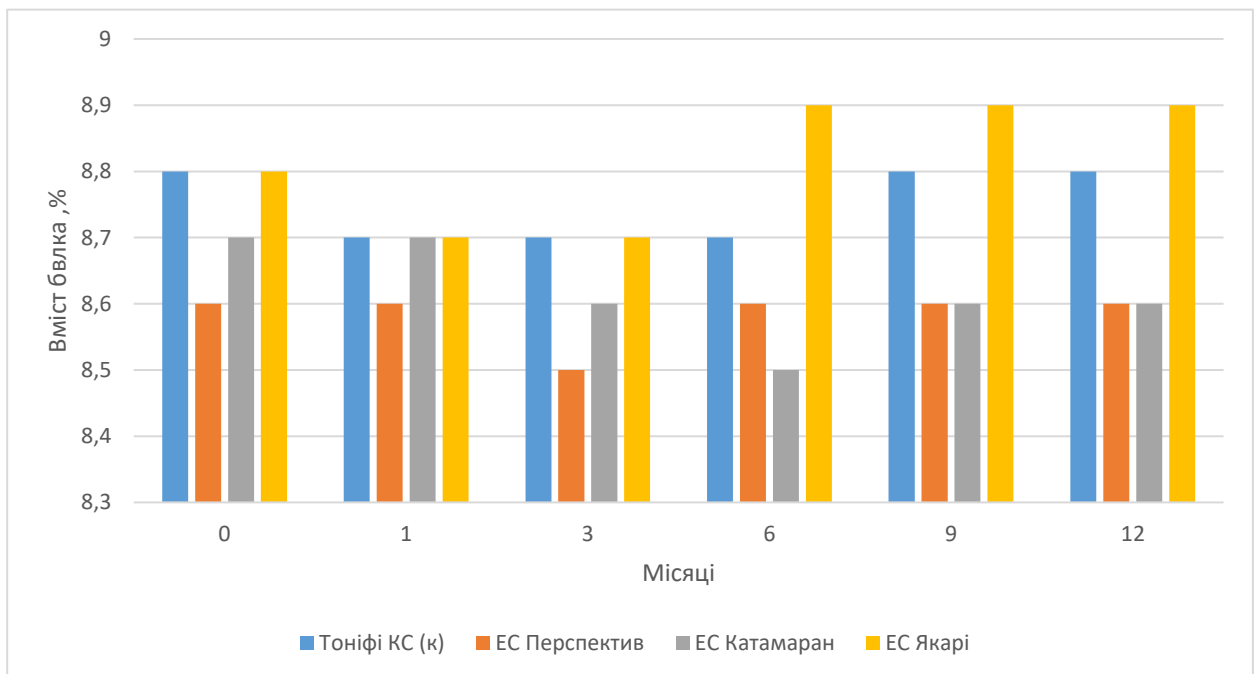
**Рис. 3.5. Зміни маси 1000 зерен досліджуваних гібридів кукурудзи під час зберігання у зерносховищі з нерегульованим t режимом (Урожай 2023р.)**

Отже, з даних на рис. 3.5 видно, що результати зберігання зерна кукурудзи в охолоджених умовах ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) мало відрізняються від результатів у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль). Протягом досліджуваного періоду показники маси 1000 зерен варіювали у таких межах: гібрид Тоніфі Кс (к) – 330–334 г, ЕС Перспектив– 334–336 г, ЕС Катамаран – 320–326 г, ЕС Якарі – 342–346 г. Це свідчить про стабільність маси 1000 зерен у більшості гібридів за різних умов зберігання.



**Рис. 3.6. Зміни маси 1000 зерен досліджуваних гібридів кукурудзи під час зберігання в охолоджену стані ( $t 0 +5^{\circ}\text{C}$ )(Урожай 2023 р)**

Результати досліджень впливу умов і тривалості зберігання на зміни вмісту білка в зерні різних гібридів наведено на рис. 37-3.8

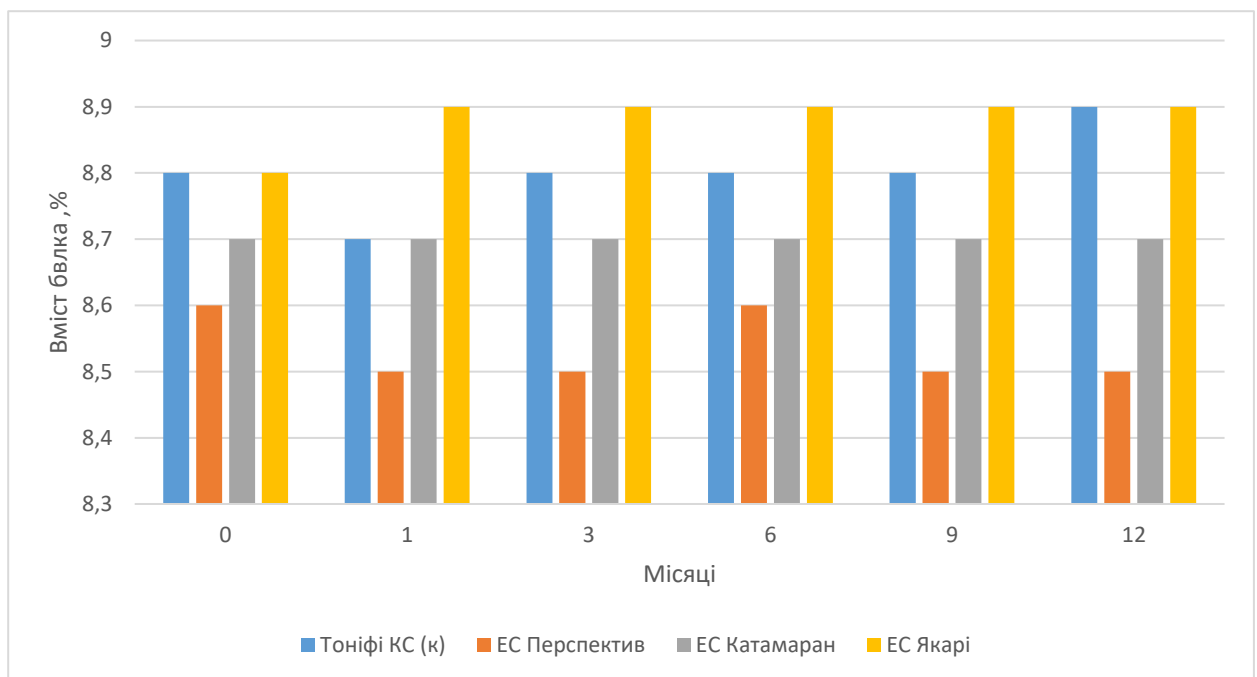


**Рис. 3.7 Зміни вмісту білка в зерні кукурудзи за зберігання у зерносховищі з нерегульованим  $t$  режимом (контроль) (Урожай 2023 р.)**

Вміст білка визначається двома аспектами: його кількістю та якістю. Ці показники залежать від вмісту азоту та сірки в рослині, які можуть змінюватися протягом вегетаційного періоду. Як зазначено в науковій літературі, за високої врожайності вміст білка в зерні, як правило, знижується.

У вивчених гібридів кукурудзи, вирощених в умовах ТОВ «Агро-Край», вміст білка перед зберіганням становив 8,6–8,8%. Під час зберігання зразків зерна в зерносховищах із нерегульованим режимом (контроль) вміст білка змінювався, в межах 0,1–0,2%, і до завершення періоду зберігання залишався майже без змін. Найнижчий вміст білка, 8,5%, був зафіксований у гібриду ЕС Перспектив, тоді як у решти гібридів цей показник становив 8,7–8,9%.

На рис. 3.7 представлені зміни вивчення вмісту білка в зерні кукурудзи за зберігання в охолодженому стані ( $t 0+5^{\circ}\text{C}$ ).



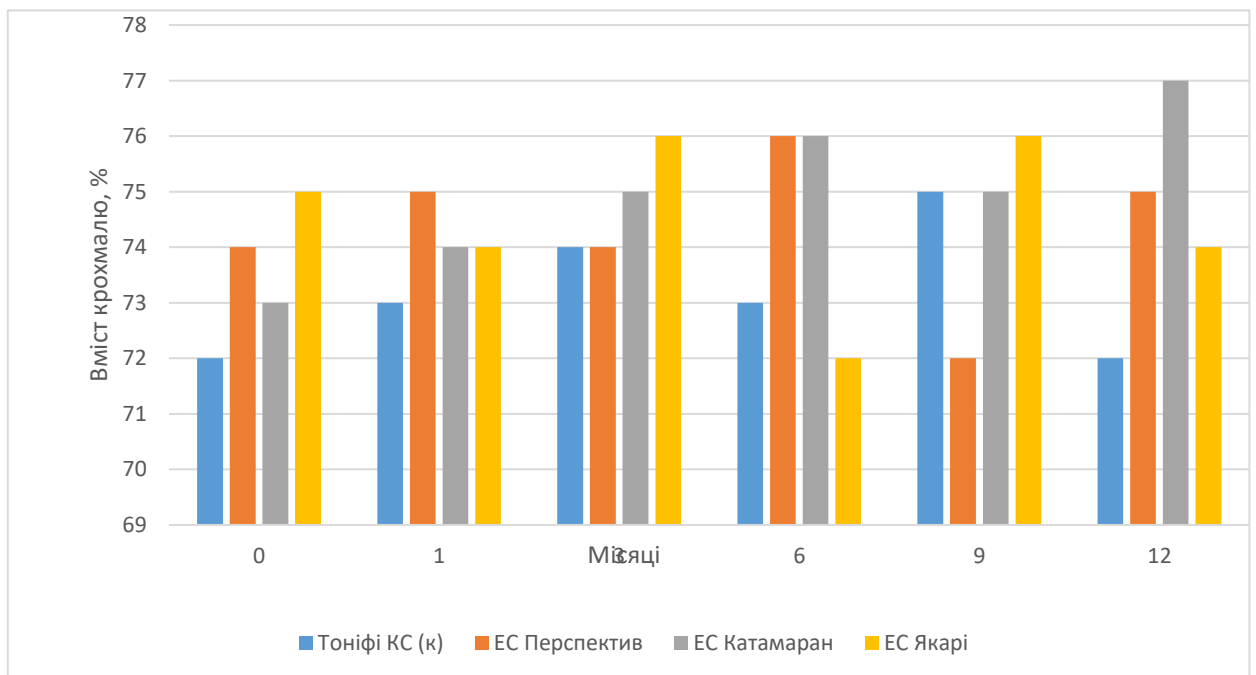
**Рис. 3.8. Зміни вмісту білка в зерні кукурудзи за зберігання в охолодженому стані ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) (Урожай 2023 р.)**

Зберігання зерна кукурудзи в охолоджених умовах ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) не спричинило значних змін у вмісті білка. Лише після дванадцяти місяців зберігання у гібрида ЕС Перспектив було зменшення вмісту білка на 0,1%,

тоді як у гібрида Тоніфі КС і ЕС Якарі за цей же період показник зріс на 0,1%. У гібридів ЕС Катамаран вміст білка залишався незмінним протягом усього періоду зберігання, залишаючись на рівні 8,7%.

Вміст крохмалю в зерні гібридів кукурудзи значною мірою залежить від агротехнічних заходів, таких як рівень мінерального удобрення та використання зрошення. Більший вміст крохмалю спостерігається у гібридів, вирощених без застосування добрив. Зокрема, середній показник для всіх гібридів становить 63,41% за відсутності зрошення та 63,18% при зрошенні. Загальновідомо, що гібриди пізньостиглої групи стиглості накопичують більше крохмалю порівняно з гібридами ранньостиглої групи.

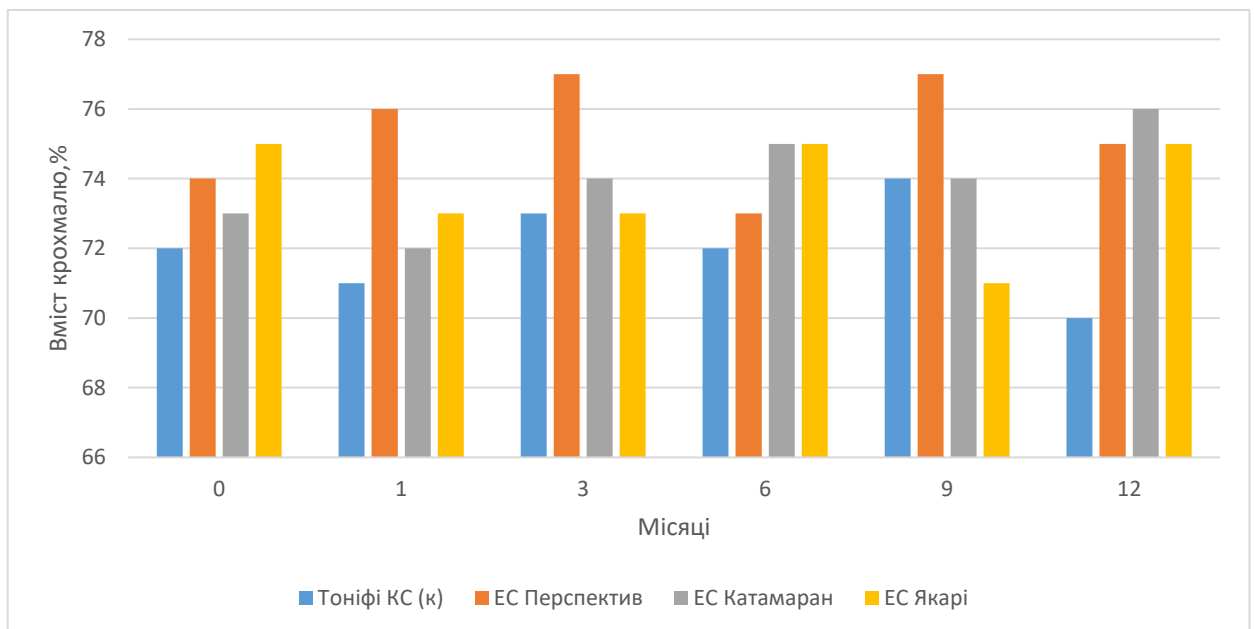
Розрахунки проведених досліджень впливу умов та тривалості зберігання на зміни вмісту крохмалю у розрізі різних гібридів кукурудзи представлено на рис.3.9-3.10



**Рис. 3.9. Зміни вмісту крохмалю в зерні кукурудзи за зберігання у зерносховищі з нерегульованим t режимом (контроль) (Урожай 2023 р.)**

Згідно з представленими даними, під час зберігання зерна кукурудзи у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль), вміст

крохмалю коливався в межах 2-4%. До початку зберігання максимальний вміст крохмалю спостерігався у гібрида ЕС Якарі (75,0%), а мінімальний — у гібрида Тоніфі КС (к) (72,0%). По завершенні періоду зберігання середній вміст крохмалю варіювався в межах 72–77%. Найвищі показники після зберігання продемонстрували гібриди ЕС Перспектив і ЕС Катамаран, у яких вміст крохмалю перевищив вихідні значення. На одному рівні залишився гібрид кукурудзи Тоніфі КС (к) він становив, що на момент закладання, що на кінець зберігання становив 72%. Тоді як гібрид кукурудзи ЕС Якарі на кінець зберігання втратив 1% і становив 74%.



**Рис. 3.10.** Зміни вмісту крохмалю в зерні кукурудзи за зберігання в охолодженому стані ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) (Урожай 2023 р.)

За умов охолодженого зберігання зерна кукурудзи ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) відзначено збільшення масової частки крохмалю у гібридів ЕС Перспектив і ЕС Катамаран на 1% та 3% відповідно. Тоді як у гібрида кукурудзи Тоніфі КС (к) вміст крохмалю впав до 70%, а ЕС Якарі залишився на одному рівні як і до закладання на зберігання він становив 75%.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ДОСЛІДЖУВАНИХ ГІБРИДІВ

Кукурудза є однією з найбільш економічно вигідних культур, яка потребує значних ресурсів для досягнення високих врожаїв. Висока рентабельність її вирощування обумовлена в першу чергу впровадженням сучасних гібридів та інноваційних агротехнологій. Завдяки використанню нових інтенсивних гібридів та якісного насіння, а також вдосконаленню методів вирощування можна досягти максимальної продуктивності кукурудзи на рівні 20-25 тонн зерна з гектара за сприятливих умов [4,8,16,18,19,25].

Кукурудза має великий потенціал для стабільного врожаю зерна і зеленої маси, що можливе за оптимальних кліматичних і погодних умов, а також технологій, що враховують біологічні особливості культури. Дотримання цих технологічних вимог дозволяється знижувати або навіть повністю уникати негативного впливу несприятливих факторів. Однак сучасні технології вирощування в Україні та світі часто не відповідають рівню, необхідному для повного розкриття генетичного потенціалу сучасних гібридів, що впливає на ефективність виробництва [4,18,60].

Світовий досвід вирощування кукурудзи показує, що підвищення врожайності на 50% визначається генетичним потенціалом гібридів, на 25% залежить від запровадженої зональної технології вирощування та матеріально – ресурсного забезпечення, а ще 25% залежить від погодно – кліматичних умов регіону. Такий розподіл показує важливість комплексного підходу до вирощування, який включає як покращені гібриди, так і адаптивні технології. Проте, реалізація генетичного потенціалу гібридів у виробничих умовах часто не перевищує 50%, що свідчить про недооцінку таких важливих процесів, як формування потужного фотосинтетичного апарату, ефективної кореневої системи та умов для симбіотичних відносин, що могли б підвищити продуктивність зерна. У цьому контексті очевидно, що для досягнення подальшого зростання врожайності необхідне активне провадження

інноваційних технологій, які враховують екологічні та генетичні особливості кукурудзи [30,32,52,66].

Впровадження інтенсивних технологій вирощування кукурудзи дозволяє виробникам ефективно конкурувати на світовому ринку сільськогосподарської продукції, зменшуючи розрив між фактичною і потенційною врожайністю культур. Підвищення економічної ефективності виробництва зерна є важливим чинником для забезпечення продовольчої безпеки та розвитку інших галузей сільського господарства.

Кукурудза є однією з найприбутковіших культур у сучасному аграрному виробництві, і використання новітніх агротехнологій дозволяє отримувати високі врожаї та максимальні обсяги збору зерна. Проте, незважаючи на зростання врожайності і розширення посівних площ, технологія вирощування кукурудзи залишається енергомісткою, що вимагає раціонального підходу до вибору гібридів, які забезпечують найкращий результат при мінімальних витратах [50].

У нашому дослідженні економічної ефективності вирощування і зберігання різних гібридів кукурудзи ми враховували вартість насіння, ціну зерна, добрив, витрати на оплату праці, а також витрати на послуги зі зберання за період спостереження. Результати розрахунків економічної ефективності вирощування і зберігання зерна кукурудзи різних гібридів у господарстві ТОВ «Агро-Край» наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність вирощування та зберігання зерна  
кукурудзи різних гібридів в умовах ТОВ «Агро-Край»**

Показники	Закладання на зберігання	Зберігання у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль)			Зберігання в охолоджену стані за t 0...+ 5 °С		
		3 місяці	6 місяців	9 місяців	3 місяці	6 місяців	9 місяців
<b>Тоніфі КС (к)</b>							
Урожайність, т/га	9,4						
Вартість 1 т, грн.	8050	8222	10095	8487	8222	10095	8487
Вартість продукції з 1 га, грн.	75670	77287	94893	79777	77287	94893	79777
Виробничі затрати на 1 га, грн.	57700						
Виробничі затрати на зберігання продукції з 1 га, грн	-	2384	4768	7152	3576	7152	10728
Умовний чистий дохід з 1 га, грн.	17970	17203	32425	14925	16011	30041	11349
Рентабельність, %	31,1	28,6	51,9	23,0	26,1	46,3	16,6
<b>ЕС Перспектив</b>							
Урожайність, т/га	9,0						
Вартість 1 т, грн.	8050	8222	10095	8487	8222	10095	8487
Вартість продукції з 1 га, грн.	72450	73998	90855	76383	73998	90855	76383
Виробничі затрати на 1 га, грн.	57700						
Виробничі затрати на зберігання продукції з 1 га, грн	-	2218	4436	6654	3327	6654	9981
Умовний чистий дохід з 1 га, грн.	14750	14080	28719	12039	12971	26501	8702
Рентабельність, %	25,6	23,5	46,2	18,7	21,2	41,2	12,9

Продовження таблиці 4.1

<b>ЕС Катамаран</b>							
Урожайність, т/га	9,6						
Вартість 1 т, грн.	8050	8222	10095	8487	8222	10095	8487
Вартість продукції з 1 га, грн.	77280	78931	96912	81446	78931	96912	81446
Виробничі затрати на 1 га, грн.	57700						
Виробничі затрати на зберігання продукції з 1 га, грн	-	1913	3826	5739	2870	5739	8609
Умовний чистий дохід з 1 га, грн.	19580	19318	35386	18007	18361	33473	15137
Рентабельність, %	33,9	32,4	57,5	28,4	30,3	52,8	22,8
<b>ЕС Якарі</b>							
Урожайність, т/га	9,9						
Вартість 1 т, грн.	8050	8222	10095	8487	8222	10095	8487
Вартість продукції з 1 га, грн.	79695	81397	99940	84021	81397	99940	84021
Виробничі затрати на 1 га, грн.	57700						
Виробничі затрати на зберігання продукції з 1 га, грн	-	2688	5376	8064	4032	8064	12096
Умовний чистий дохід з 1 га, грн.	21995	21009	36864	18257	19665	34176	14225
Рентабельність, %	38,1	34,8	58,4	27,8	41,8	52,0	20,3

Аналіз результатів розрахунків економічної ефективності вирощування та зберігання зерна різних гібридів кукурудзи в ТОВ «Агро-Край» (табл. 4.1) показав, що рентабельність є вищою при зберіганні у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль) порівняно зі зберіганням в охолодженому стані. З урахуванням коливань ринкових цін на зерно протягом досліджуваного періоду та аналізу витрат на вирощування і зберігання, можна зробити висновок, що оптимальним терміном зберігання

кукурудзи є шість місяців. Саме за цей період спостерігається максимальний рівень рентабельності та отримується найбільший чистий прибуток, що підтверджує економічну доцільність такого строку зберігання.

На момент закладання зерна на зберігання гібрид Тоніфі КС (к) мав рівень рентабельності 31,1 %, вартість 1 т становила 8050 грн., вартість продукції з 1 га 75670 грн., виробничі затрати 57700 грн/га, та умовно чистий дохід за підрахунками становив 17970 грн/га. По гібриду ЕС Перспектив вартість 1 т становила 8050 грн, вартість продукції з 1 га 72450 грн/га, виробничі затрати складають 57700 грн/га, умовний чистий дохід 14750 грн/га, і рентабельність 25,6 %. У гібрида ЕС Катамаран вартість 1 т склала 8050 грн, вартість продукції з одного га 77280 грн, виробничі затрати на 1 га склали 57000 грн, при цьому умовний чистий дохід 19580 грн/га, і рентабельність яка є найвищою із усіх досліджуваних гібридів складає 33,9 %. Рентабельність гібрида ЕС Якарі становить 38,1%, вартість за 1 т 8050грн, вартість продукції за 1 га 79695 грн, з виробничими затратами 57700 грн/га, з умовним чистим доходом 21995 грн/га.

Після шести місяців зберігання у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль) гібрид Тоніфі КС (к) мав рентабельність 51,9 %, вартість 1 т становила 10095 грн, вартість продукції з 1 га 94893 грн, виробничі витрати 57700 грн/га, виробничі витрати на зберігання продукції 4768 грн, і при такому умовно чистий дохід виходить 32425 грн/га. У Гібрида ЕС Перспектив рентабельність склала 46,2 %, вартість 1 т становила 10095 грн, вартість продукції становила 90885 грн/га , виробничі затрати склали 57700грн/га, виробничі затрати на зберігання 4436 грн/га, умовний чистий дохід 28719 грн/га. У гібрида ЕС катамаран рентабельність становить 57,5% умовний чистий дохід 35386 грн/га, вартість 1 т 10095 грн, вартість продукції з 1 га 96912 грн/га, виробничі витрати на зберігання продукції 3826 грн/га і виробничі затрати на 1 га склали 57700 грн. по гібриду ЕС Якарі його вартість за 1 т склала 10095 грн, вартість продукції з 1 га 99940 грн, виробничі затрати

на зберігання 5376 грн/га, виробничі затрати на 1 га 57700 грн, умовний чистий дохід 36864 грн/га, та рівень рентабельності 58,4 %.

Загальний аналіз результатів розрахунків економічної ефективності (табл. 4.1) показує, що зберігання зерна кукурудзи у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль) дає найкращі економічні показники на період шести місяців. У цей період рівень рентабельності зростає 25,6 % до 58,4 %. Найкращі показники рентабельності забезпечив гібрид ЕС Якарі , тоді як гібрид ЕС Перспектив продемонстрував найнижчий рівень рентабельності.

## Висновки

На основі результатів експериментальних досліджень, проведених у межах кваліфікаційної магістерської роботи на тему «Динаміка господарсько-технологічних показників якості зерна кукурудзи залежно від умов та тривалості зберігання», зроблено наступні висновки:

1. Встановлено значний вплив особливостей гібриду на врожайність зерна кукурудзи, яка серед досліджуваних гібридів коливалася від 9 до 9,9 т/га. За однакових умов вирощування гібрид ЕС Якарі продемонстрував найвищу врожайність, перевищивши Тоніфі КС (контроль) на 0,5 т/га, ЕС Перспектив – на 0,9 т/га, ЕС Катамаран – на 0,3 т/га.

2. Досліджувані гібриди за однакових умов вирощування також відрізнялися за показниками вмісту білка. Зокрема, вихід білка склав 888,8 кг/га для гібриду Тоніфі КС, 834,2 кг/га для ЕС Перспектив, 887,4 кг/га для ЕС Катамаран, 924,0 кг/га для ЕС Якарі.

3. За показниками вмісту крохмалю найвищий рівень продемонстрував гібрид ЕС Якарі – 75,0 %, а також ЕС Перспектив – 74,0 %. Збір крохмалю з гектара склав: для Тоніфі КС – 7272,0 кг, для ЕС Перспектив – 7178,0 кг, для ЕС Катамаран – 7446,0 кг, і для ЕС Якарі – 7875,0 кг.

4. Усі досліджувані гібриди відповідали державним стандартам за господарсько-технологічними показниками якості зерна, що дозволяє їх використовувати для різних цілей. Найбільш продуктивним та цінним з погляду технологічних показників виявився гібрид ЕС Якарі, який забезпечив максимальний вихід білка і крохмалю з 1 га за однакових умов вирощування.

5. Під час зберігання зерна у звичайних умовах (контроль) та в охолодженому стані ( $t 0 + 5^{\circ}\text{C}$ ) показники вологості залишалися в допустимих межах для цієї культури (до 15 %), зберігаючись на рівні 13,3–14,5 %.

6. Найвищими показниками натурної маси та маси 1000 зерен протягом 12 місяців зберігання за обох режимів характеризувався гібрид ЕС Якарі. Зміни показників натурної маси зерна були незначними – на рівні 3–5 г, у розрізі гібридів.

7. Зберігання зерна кукурудзи в сухому стані при вологості, близькій до критичної, забезпечило стабільність технологічних показників якості, незалежно від режиму. Зокрема, масова частка білка змінилася лише на 0,1 % серед досліджуваних гібридів.

8. Згідно з даним, під час зберігання зерна кукурудзи у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом (контроль), вміст крохмалю коливався в межах 2–4 %, а при зберіганні зерна за ( $t$  0–5°C) цей показник коливався у межах 1–3 %.

9. Аналіз економічної ефективності показав, що зберігання зерна в умовах зерносховища з нерегульованим температурним режимом (контроль) є економічно вигіднішим протягом шести місяців, коли рівень рентабельності зростає з 25,6 % до 58,4 % порівняно з показниками перед зберіганням

### **Рекомендацій виробництву**

1. На основі отриманих результатів досліджень рекомендується використовувати у виробництві гібриди кукурудзи з найвищою врожайністю та оптимальними показниками якості зерна, такі як ЕС Якарі та ЕС Катамаран. Ці гібриди забезпечують високі господарсько-технологічні показники, що робить їх придатними для різних цільових напрямків використання, зокрема для продовольчих, кормових та промислових цілей.

2. Рекомендовано зберігати зерно кукурудзи з вологістю нижче критичної (до 15%) у зерносховищі з нерегульованим температурним режимом для досягнення оптимального економічного ефекту. Зберігання зерна протягом шести місяців забезпечує стабільність якісних показників і сприяє підвищенню його рентабельності завдяки природному поліпшенню технологічних властивостей, зокрема натурної маси і схожості. Додатково, шестимісячний період зберігання вважається оптимальним для досягнення найбільшого чистого прибутку, забезпечуючи зростання рівня рентабельності до 58,4 % залежно від гібриду та ринкових умов.

### Список використаних літературних джерел

1. Азуркін В. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння для виробництва біоетанолу. В. О. Азуркін, І. С. Поліщук, В.А. Мазур. Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ін-ту. Сер.: Сільськогосподарські науки. 2011. Вип. 8 (48). С. 27–30.
2. Андрієнко, А. Підбір гібрида – складова успіху. А. Андрієнко, І. Семеняка. Агробізнес сьогодні, 2011. № 9. С. 36–41.
3. Архипенко О.М. Агротехнічні заходи підвищення продуктивності та пожнивності кукурудзи. О.М. Архипенко, А.О. Артющенко, О.І. Кухарчук. Вісник аграрної науки. 2005. №6. С. 15–18.
4. Андрієнко А., Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні / А. Андрієнко, Д. Дергачов, В. Кузьмич, Б. Токар. Агроном. 2015. №1(47). С. 130-138.
5. Бикін А. В. Вологозабезпечення рослин кукурудзи за внесення мінеральних добрив за прямої сівби. А. В. Бикін, О. В. Тарасенко. Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 22. С.133–137.
6. Бомба М.Я. Використаймо кукурудзу сповна. Бомба М.І. Пропозиція. 2001. С. 40-43.
7. Бороденко, К.С. Тенденції розвитку світового ринку зерна. К. С. Бороденко. Агроінком. 2012. № 10. С. 10– 15.
8. Білицький О.В., Лагер В.М., Лук'янченко А.П. Форс® Зеа на варті вашого врожаю. Агроном. 2015. №1(47). С. 118-120.
9. Бондаренко О.В., Грубань В.А. Аналіз сучасних проблем механізованого збирання кукурудзи. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2010. Вип. 4 (57). С. 221-227.
10. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. Farmer (the Ukrainian). 2017. №3 (87). С. 12-13.
11. Вобликов, Е. М. Технологія елеваторної промисловості : посібник / Е. М. Вобликов. СПб.: Лань, 2010. 384 с.

12. Гапонюк О. І. Активне вентилування та сушіння зерна. М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич, І. І. Гапонюк. О. : ВМВ, 2014. 326 с.
13. Добровольська С.Р. Чинники формування галузевої структури виробництва в сільському господарстві. С.Р. Добровольська. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького: економічні науки. 2012. С. 14.
14. Дробітько А. В. Структура рослин та урожайність кукурудзи залежно від способу сівби і густоти рослин. А. В. Дробітько, Н. В. Нікончук. Наукові праці. 2011. С. 15–17.
15. Жемела Г.П. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: навч. посіб. Жемела Г.П., Шемавньов В.І., Олексюк О.М. Полтава.: ТЕРРА, 2003. 420 с.
16. Жан-Поль Рену. Неизбежный рост урожайности кукурузы. Зерно (всеукраинский журнал современного агропромышленника). 2015. №1(106). С. 122-125.
17. Забарський В.К. Економіка сільського господарства: навч. Посібник. Збарський В.К., Мацибора В.І., Чалий А.А.; За ред. В.К. Збарського і В.І. Мацибори. К.: Каравела, 2010. 280 с.
18. Зубрейчук М.С., Газінська Т.В., Ткаченко І.С. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від гідротермічних умов вегетації. Насінництво. 2012. №3. С. 7-12.
19. Завірюха М.Г. Аналіз українського ринку кукурудзозбиральної техніки. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2010. Вип. 4(57). С. 257-261
20. Камінський В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції / В.Д. Камінський, М.Б. Бабич. Одеса.: Аспект. 2000. 460 с.
21. Кириленко І. Г. Зернове господарство та ринок зерна в Україні. Економіка АПК. І.Г. Кириленко. 2001. №9. С. 3–10.
22. Концепція Державної цільової економічної програми впровадження в агропромисловому комплексі новітніх технологій виробництва

сільськогосподарської продукції на період до 2016 року: Агрокомпас. 2010. № 2. С. 9-11

23. Кухарчук П.І. Технологічні аспекти підвищення урожайності зерна кукурудзи. П.І. Кухарчук. Агробізнес сьогодні. 2006. № 11. С. 18–20.

24. Ковальчук І. Високопродуктивні гібриди кукурудзи «Сингента» для різних ґрунтово-кліматичних зон України. Агроном (журнал). 2015. № 4(50). С. 86-87.

25. Кравець В. Вибір кращого гібрида – успіх за будь-якої погоди. Агробізнес сьогодні. 2012. №20. С. 18-19.

26. Лебідь Є.М. Науково – практичні особливості підготовки насіння кукурудзи до посіву. Є.М. Лебідь, М.Я. Кирпа // Зберігання і переробка зерна. 2000. №3. С.16–17.

27. Лихочвор В.В. Про революційні зміни у технологіях в рослинництві. В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко. Зерно. 2010. 7 с.

28. Лук'янченко А., Бокач О. Надійний захист кукурудзи – запорука високих врожаїв. Агроном. 2015. №2(48). С. 152-158.

29. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

30. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник. Вінниця, 2017. 588 с.

31. Музафаров Н., Манько К., Музафаров І. Кукурудза в сівозміні – чекай на врожай. Агробізнес сьогодні. 2012. № 10. С. 30-32.

32. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. Агроном. 2009. №2. С. 102-104.

33. Новик Вольфранг (W. Nowick). Возобновляя плодородие. Комбинации регуляторов и гуминовых препаратов на полях Германии. Зерно (всеукраинский журнал современного агропромышленника). 2015, №11(116). С. 48-56.

34. Надь Я. Кукурудза / Я. Надь – Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. 580 с.

35. Осокіна Н.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: підручник. Н.М. Осокіна, Г.С. Гайдай. Умань.: Уманське видавничо-поліграфічне підприємство, 2005. 614 с.

36. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексеев О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця, ТОВ «Друк». 2020. 536 с.

37. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Бобер А.В. Післязбиральна доробка та зберігання продукції рослинництва: Навчальний посібник. К.: Центр інформаційних технологій, 2009. 296 с.

38. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Бобер А.В. Післязбиральна доробка та зберігання продукції рослинництва. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. 2-е вид., випр., допов. і перероб. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2013. 374 с.

39. Подпратов Г.І., Бобер А.В. Переробка продукції рослинництва: Навчальний посібник. К.: ЦП «Компринт», 2017. 524 с.

40. Подпратов Г.І., Бобер А.В., Ящук Н.О. Технохімічний контроль продукції рослинництва: Навчальний посібник. К.: ЦП «Компринт», 2018. 632 с.

41. Подпратов Г.І., Бобер А.В. Післязбиральна доробка та зберігання продукції рослинництва. Навчальний посібник. К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2019. 500 с.

42. Подпратов Г.І. Технологія обробки, переробки зерна та виготовлення хлібопекарської продукції. Г.І. Подпратов. К.: Видавництво НАУ, 2000. 126 с.

43. Подпратов Г.І. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М. К.: "Вища освіта", 2004. 272 с.

44. Подпратов Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посіб. Г.І. Подпратов, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков. К.: Центр інформаційних технологій, 2010. 495 с.

45. Подпратов Г.І. Стандартизація та контроль якості продукції рослинництва: практикум / [Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Войцехівський В.І., Мацейко Л.М.]. Луцьк: Терен, 2012. 448 с.
46. Подпратов Г. І., Войцехівський В. І., Мацейко Л. М., Рожко В. І. Основи стандартизації, управління якістю та сертифікація продукції рослинництва. Луцьк : Терен, 2011. 752 с.
47. Подпратов Г.І., Бобер А.В., Гунько С.М. Переробка продукції рослинництва. Навчальний посібник. К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. 580 с.
48. Подпратов Г.І., Бобер А.В., Ящук Н.О. Технохімічний контроль продукції рослинництва: Підручник. К.: ФОП Ямчинський О.В., 2022. 790 с.
49. Подпратов Г.І., Бобер А.В., Ящук Н.О. Якісна і безпечна зернова продукція: умови отримання, зберігання та напрями використання. Монографія. К.: ЦП «Компринт», 2014. 186 с.
50. Посудіп Ю.І. Методи неруйнівної оцінки та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів. Посудін Ю.І. К.: Арістей. 2005. 408 с.
51. Пузік Л.М. Технологія зберігання і переробки зерна. Л.М. Пузік, В.К. Пузік. Х.: Точка, 2013. 311 с.
52. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: Підручник. Вінниця, 2013. 713 с.
53. Сатарова, Т. М. Кукурудза: біотехнологічні і селекційні аспекти гаплоїдії: [монографія]. Т. М. Сатарова, В. Ю. Черчель, А. В. Черенков. – Дніпропетровск: Нова ідеологія, 2013. 552 с.
54. Скалецька Л.Ф. Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навчальний посібник. Л.Ф. Скалецька, Г.І. Подпратов. К.: Центр інформаційних технологій, 2010. 288 с.

55. Славута В.П. Рослинництво: зберегти і примножити. В.П. Славута. Аграрний тиждень. 2010. № 12. 3 с.
56. Сиченко, В. В. Державна підтримка та регулювання експорту зерна з України. В. В. Сиченко, О. О. Сиченко. Вісник Донецького Національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган - Барановського. 2011. №3. С. 74–78.
57. Тихоненко Д. Г. Еволюція ґрунтів: цикл лекцій. Д. Г. Тихоненко. Харків : ХНАУ, 2011. 73с.
58. Танчик С., Бабенко А. Гербокритичний період кукурудзи та її захист. Пропозиція (інформаційний щомісячник). 2014. №5. С. 95-97.
59. Удовенко А.И. Особливості зрошення кукурудзи. Агроном (журнал). 2015. № 4(50). С. 88-92.
60. Філіпов Г.Л. Аспекти підвищення адаптивної стійкості кукурудзи в Степу. Зберігання і переробки зерна. 2010. №10(136). С. 21-23.
61. Черенков А.В., Шевченко М.С., Рибка В.С. Зернове виробництво степової зони України: стан і стратегічні напрямки ефективного розвитку. Хранение и переработка зерна. 2013. № 8(173). С. 12-14.
62. Шубравська О. В., Молдован Л. В., Пасхавер Б. Й. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки. О. В. Шубравська - НАН України, Ін-т екон. та прогнозів. 2012. 496 с.
63. Шутенко, Є. І. Технологія круп'яного виробництва : навч. посіб. Є. І. Шутенко, С. М. Соц. К. : Освіта України, 2010. 272 с.
64. Ящук Н.О. Розумне збереження зерна кукурудзи. Н.О. Ящук. Пропозиція. 2010. № 9. С. 15–17.
65. Ярошко М., Штангела Йозефа. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. Агроном. 2012. № 2(36). С. 138-140.
66. Якунін О.П., Румбах М.Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2010. №1. С.7 -10.

67. Farm Production Expenditure. 2008 Summari. United States Department of Agriculture. National Agriculture Statistics Service, 2009. 175 p.

68. Yashchuk N.O. Bober A.V., Matseiko L.M. The quality of wheat grain of different varieties, depending on the infection by granary weevil (*Sitophilus granarius* L.). Ukrainian Journal of Ecology 2018. № 8 (1). P. 394–401.

69. Yashchuk N., Matseiko L., Bober A., Kobernyk M., Gunko S., Grevtseva N., Boyko Y., Salavor O., Bubliko N., Babych I. The technological properties of winter wheat grain during long-term storage. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2021. №. 15, no. 1, P. 926-938.