

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

05.01.- МКР.18 «С» 2024. 01. 08. 042 ПЗ

ЧЕРЕДНІЧЕНКО РОМАН СЕРГІЙОВИЧ

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 633.15:631.559:631.54

ПОГОДЖЕНО

**Декан агробіологічного
факультету**

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**

“ ____ ” _____ **2024р.**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри рослинництва

_____ **Світлана КАЛЕНСЬКА**

“ ____ ” _____ **2024р.**

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ВПЛИВ ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОЇ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН НА
ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ»**

Спеціальність

201 «Агрономія»

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

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

Світлана КАЛЕНСЬКА

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи,
кандидат с.-г. наук, доцент**

Володимир МОКРІЄНКО

Виконав

Роман ЧЕРЕДНІЧЕНКО

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри рослинництва
доктор с.-г. наук, професор _____ Світлана КАЛЕНСЬКА
“ _____ ” _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

ЧЕРЕДНІЧЕНКО РОМАН СЕРГІЙОВИЧ

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Спеціальність | 201- Агрономія |
| Освітня програма | Агрономія |
| Орієнтація освітньої програми | Освітньо-професійна |

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Вплив передзбиральної густоти стояння рослин на врожайність кукурудзи», затверджена наказом ректора НУБіП України від «08» січня 2024 р. № 18 «С» і подана на кафедру 20.10.2024 р.

Питання щодо дослідження:

1. Об'єкт наукового дослідження – продукційні процеси формування врожаю зерна кукурудзи.
2. Предмет досліджень – густина стояння рослин, гібриди кукурудзи.
3. Ґрунтово-кліматичні умови та методика проведення досліджень
4. Аналіз отриманих результатів та відповідність їх фактичній технології вирощування кукурудзи.
5. Наукове обґрунтування висновків та рекомендацій виробництву.

РЕФЕРАТ

Експериментальні дослідження з оптимізації зональної технології вирощування кукурудзи проводилися в НВФ «Урожай» МХП Черкаської області на чорноземах типових.

Науково-методичною основою проведення польових досліджень були сучасні методики дослідної справи за редакцією В.С. Цикова (1994), В.В. Вовкодава (2002), С.М. Каленської (2016).

Магістерська робота складається зі вступу, стану вивчення питання (огляд літератури) та експериментальної частини, в якій представленні результати польових досліджень впливу норми висіву насіння на ріст, розвиток і формування врожайності зерна кукурудзи. За результатами врожайності і виробничим витратам розраховано економічну ефективність виробництва кукурудзи і запропоновано виробництву кращі варіанти, які забезпечують найнижчу собівартість зерна.

**РОСЛИННИТЦВО, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ, НАСІННЯ,
ГІБРИДИ, КУКУРУДЗА, ГУСТОТА СТОЯННЯ РОСЛИН,
УРОЖАЙНІСТЬ**

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Завдання | 3 |
| Реферат | 4 |
| Зміст | 5 |
| Вступ | 6 |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) | 8 |
| 1.1. Біологічні особливості кукурудзи | 8 |
| 1.2. Біологічні ризики при вирощуванні кукурудзи | 13 |
| 1.3. Гібрид, як елемент енергозбереження | 16 |
| РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | 21 |
| 2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика місця проведення досліджень | 21 |
| 2.2. Методика проведення досліджень | 28 |
| РОЗДІЛ 3. РІСТ, РОЗВИТОК ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ | 33 |
| 3.1. Особливості проходження вегетаційного періоду | 33 |
| 3.2. Біометричні показники посіву кукурудзи | 36 |
| 3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи | 38 |
| 3.4. Продуктивність кукурудзи різних груп стиглості | 41 |
| 3.5. Вологовіддача – як елемент ресурсоощадної технології вирощування кукурудзи | 45 |
| ВИСНОВКИ | 50 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ | 52 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 53 |

ВСТУП

За останні роки відбулися значні зміни погодно-кліматичних умов, зросла кількість екстремальних, зокрема посушливих років, посилилась залежність від них величини і якості урожаю сільськогосподарських культур. На думку вчених-рослинників Дзюбецького Б.В., Черенкова А.В., Бабича А.О., Сайка В.Ф., Петриченка В.Ф., Лихочвора В.В., С.П. Танчика, С.М. Каленської ці зміни обумовляють зниження продуктивності ріллі.

Тому сучасні технології в рослинництві – це важливий чинник підвищення продуктивності польових культур, відновлення та збереження родючості ґрунту. Новітні технології сприяють більш ефективному використанню природних ресурсів та потенційних можливостей сучасних сортів та гібридів і забезпечують підвищення врожайності внаслідок впливу на продукційний процес розвитку рослин. Дані технології сприяють оптимізації виробничих витрат з урахуванням екологічної безпеки навколишнього середовища та підтримують відносну рівновагу агроєкосистем.

Багаторічні дослідження свідчать про недостатній рівень використання потенційних можливостей нових гібридів кукурудзи. Реалізація її генетичного потенціалу забезпечить істотне збільшення виробництва зерна. Враховуючи появу у виробництво нових гібридів кукурудзи та розвиток новітніх технологій їх вирощування, виникає необхідність оптимізувати взаємодію гібриду із наявними гідротермічними ресурсами довкілля та технологічними факторами, що забезпечить більш повну реалізацію їх потенціалу в умовах конкретного регіону.

У зв'язку з цим, вивчення реакції гібридів кукурудзи на фактори інтенсифікації для конкретних ґрунтово-кліматичних зон, формування показників екологічності, продуктивності та безпечності їх зерна є важливою проблемою, яка потребує відповідного наукового обґрунтування.

Актуальність теми. В умовах зміни клімату і збільшення виробничих витрат на засоби захисту рослин, добрива та післязбиральну доробку зерна виникає необхідність дослідження моделей технологій вирощування с.-г. культур, які є найбільш наближеними до ефективного використання наявних біокліматичних ресурсів регіону. Вони мають забезпечувати збереження і підвищення родючості ґрунтів, ефективно використовувати атмосферні опади і запаси продуктивної вологи та сприяти збільшенню урожайності зерна кукурудзи. Відомо, що модель ресурсозберігаючої технології має включати комплекс організаційних і агротехнічних заходів економічно та екологічно обґрунтованих. Тому дослідження реакції нових гібридів кукурудзи на елементи енергозбереження є надзвичайно актуальною проблемою, яка потребує відповідного обґрунтування для умов регіону.

Мета досліджень полягала у виявленні закономірностей росту, розвитку та формування урожайності зерна гібридів кукурудзи від впливу елементів технології вирощування та гідротермічних ресурсів.

У зв'язку з цим були поставлені такі завдання:

- дослідити особливості проходження міжфазних періодів гібридами кукурудзи за різних варіантів досліду;
- виявити залежності впливу гідротермічних умов вирощування на ріст та розвиток рослин та рівень продуктивності кукурудзи;
- вивчити особливості формування фотосинтетичного потенціалу, динаміки розвитку асиміляційної поверхні та інтенсивності фотосинтезу;
- встановити рівень зернової продуктивності гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних факторів.

Об'єкт досліджень. Ріст, розвиток та формування продуктивності кукурудзи залежно від ресурсозберігаючих заходів.

Предмет досліджень. Гібриди кукурудзи, ґрунтово-кліматичні умови, густина стояння рослин.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ (Огляд літератури)

1.1. Біологічні особливості кукурудзи

Вимоги до температурного режиму. Насіння кукурудзи є теплолюбним і проростає за умови стійкого прогрівання ґрунту до + 10-12°C. Однак, як свідчить досвід останніх років, за цим неодмінно слідує стрімке підвищення температури навколишнього середовища та істотні втрати вологи в ґрунті. Відповідно, запорукою отримання повних і дружніх сходів кукурудзи є використання сівалок точного висіву в оптимальні агрономічні строки, що забезпечує високу посухо-та жаростійкість у другій половині травня та червня. Разом із тим, вчені рекомендують ранні строки сівби гібридів кукурудзи з кременистим підвидом зерна за температури ґрунту від 6-8°C, що дозволяє рослинам кукурудзи ефективно використати наявні запаси вологи в ґрунті [1-2].

За результатами досліджень за температури ґрунту +11,8-12,4°C на час проростання насіння сходи кукурудзи з'являються через 26-27 діб, при +13,6-14,7°C – через 13-16 діб.

Сівба насіння у непрогрітій ґрунт призводить до пошкодження їх дротяниками, плісневими захворюваннями. Проте інкрустованим насінням можна сіяти кукурудзу на 5-10 днів раніше рекомендованих строків. На думку харківських вчених, інкрустація насіння зумовлює поліпшення польової схожості насіння, особливо при ранній сівбі, скорочення вегетаційного періоду на 5-10 днів та підвищення урожайності кукурудзи на 8,8-11,1 ц/га.

Запізнення зі строками сівби відносно оптимальних на 10 днів спричинює зниження урожаю зерна на 6-8 ц/га. Також не повинно бути значної (більш ніж один тиждень) різниці між строками сівби.

При посіву кукурудзи необхідно враховувати індивідуальну реакцію гібридів. Скоростиглі і середньоранні форми кукурудзи, які належать до кременистої групи, відзначаються підвищеною холодостійкістю, у зв'язку з

чим їх сівбу доцільно проводити в порівняно ранні строки, а посіви формуються менш зрідженими.

Нетривалі приморозки (до -3°C) не шкодять рослинам, що знаходяться у фазі третього листка: вони здатні навіть відновити пошкоджену морозом наземну частину. Але з появою 6-го листка ростовий конус кукурудзи піднімається над поверхнею ґрунту й чутливість до холоду збільшується.

Кукурудза, що зазнає сильних екологічних навантажень, таких як морози або навіть тривале охолодження, спочатку потребує часу для відновлення. Тут йдеться, головним чином, про відновлення перебігу фізіологічних процесів, що відбуваються в рослинах, та їх темпів. Для повноцінного відновлення кукурудзі потрібна достатня кількість фосфору. Чим краще прогривається ґрунт, тим краще коренева система рослин засвоює цей елемент живлення. Для уникнення стресу можна вносити препарати-антистресанти, щоби кукурудза могла швидше відновитися після холодових ушкоджень [3-5].

Оптимальна середньодобова температура для росту і розвитку рослин у другу половину вегетації – $23...25^{\circ}\text{C}$. За температури нижче 15°C ріст рослин затримується, а за зниження її до біологічного мінімуму (10°C) – припиняється. Максимальна температура, за якої припиняється ріст, $45...47^{\circ}\text{C}$, а за температури $30...35^{\circ}\text{C}$, у період викидання волотей і цвітіння, життєздатність пилку триває близько 2 год. Це призводить до негативних стресових ситуацій, порушується процес цвітіння, запилення і запліднення генеративних органів рослин, унаслідок чого відбувається череззерниця в качанах [6,7].

Вимоги до вологи. Кукурудза належить до посухостійких культур з транспіраційним коефіцієнтом 250-320. Завдяки сильному розвитку кореневої системи, вона використовує вологу з більшої площі і глибших горизонтів ґрунту. За вегетаційний період кукурудза потребує 450-600 мм опадів. 1 мм опадів забезпечує формування 20 кг зерна на 1 га [1,2].

Кукурудза в період найбільшої потреби у волозі утворює потужну кореневу систему, що проникає в глибокі шари ґрунту. Ця культура може поглинати вологу й через листковий апарат. Незважаючи на великий об'єм борошністої частини зерна (зерно кукурудзи поглинає 32-40% вологи від своєї сухої маси), вологість ґрунту навесні звичайно є достатньою для набрякання й проростання насіння. Якщо ж верхній шар ґрунту сухий, то насіння висівають трохи глибше [6].

Для одержання гарантованих дружних сходів кукурудзи надзвичайно важливою крім оптимальної температури ґрунту є наявність продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи під час сівби культури у шарі 0–10 см вважаються недостатніми за її вмісту в кількості 7–8 мм, задовільними – 9–13 мм, добрими – 14–15 мм і більше.

Після утворення 7-9 листків і особливо з появою волоті потреби кукурудзи у волозі різко зростають. Найбільша потреба кукурудзи у волозі спостерігається в період інтенсивного росту і накопичення сухої речовини, який триває близько 30 днів, починаючи за 10-14 днів до викидання волоті й до настання молочної стиглості зерна. Нестача вологи в цей критичний період, що часто супроводжується ще й повітряною посухою, призводить до в'янення рослин, висихання листків, зниження активності фотосинтезу й життєздатності пилку. У результаті знижується запліднення, що, у свою чергу, призводить до череззерниці й зменшення врожайності [5].

Встановлено, що навіть короткочасна (2-3-денна) ґрунтова посуха у період викидання волотей чи запилення (якщо при цьому спостерігається в'янення рослин) може призвести до зниження врожаю на 22 % [9].

Кукурудза дуже чутлива до вологи також під час наливу зерна. Оптимальна вологість ґрунту в період активної вегетації має становити 75-80 % НВ, що забезпечується випаданням улітку до 300 мм опадів [7]. Однак часті дощі, що викликають надлишкове зволоження ґрунту, гірше впливають на кукурудзу, ніж сухі періоди з нетривалими дощами [6].

Ефективність опадів, як основного джерела вологи в ґрунті залежить від того, в який період року вони випали; адже саме цим визначається – чи отримали рослини необхідну кількість води в найбільш відповідальні періоди їхнього життя. Дуже різко знижується врожай кукурудзи за відсутності опадів у червні та на початку липня, коли кукурудза інтенсивно накопичує біомасу. Ідеальними умовами червня вважають такі, коли кількість опадів випадає в межах 50 – 100 мм, а температура тримається на рівні 23 – 25°C.

За основний період вегетації рослини кукурудзи на зерно потребують майже 22 л води/м², на силос – 38 л/м² (коли вміст сировини для закладки на силос становить майже 30 % сухої речовини).

Вимоги до світла. Навіть серед рослин, що засвоюють велику кількість світлової енергії, кукурудзі належить одне з перших місць. Цьому сприяє потужний розвиток асиміляційного листкового апарату, що нерідко перевищує площу посіву в 3 – 5 разів, а в умовах поливу навіть більше.

За відношенням до світла кукурудза світлолюбна культура, яка потребує інтенсивного освітлення (700-1200 Вт/м²) [13]. У зв'язку з особливостями біології кукурудза довгий час (до 30-45 діб, або до змикання листків у міжряддях – фаза 6-7 листків) неспроможна конкурувати з бур'янами. Навіть незначне затінення бур'янами, особливо на початкових етапах органогенезу, призводить до зменшення листкової поверхні рослин, подовженню настання фенологічних фаз, ослабленню поглинання елементів живлення і зниження урожайності та якості зерна [15].

За даними Б.І. Гуляєва кукурудза має підвищений ККД ФАР (0,4-1,1% в порівнянні з 0,2-0,5% у пшениці). Приріст біомаси у кукурудзи становить 50-54 г/м² на добу, в той час як у рослин групи С₃ лише 34-39 г/м². Високий коефіцієнт поглинання енергії сонячної радіації забезпечується ще й тим, що листя рослин кукурудзи містять значно більшу в порівнянні з іншими культурами кількість хлорофілу. Це сприяє створенню за короткі терміни високого врожаю, що обумовлює вимогливість кукурудзи до умов

освітленості. Оптимум становить 27-32 люкс при тривалості світлового дня близько 12-14 годин.

Вимоги до ґрунтів та мінерального живлення. Вимоги кукурудзи до ґрунтів перебувають у взаємозв'язку із кліматичними умовами. При обмеженій вологості суглинкові ґрунти, як більш вологоємні, краще підходять для кукурудзи, ніж піщані. У північних регіонах за нестачі тепла й за підвищеної вологості для вирощування кукурудзи більш придатні добре окультурені легкі суглинкові, супіщані й піщані ґрунти, які навесні швидше прогріваються.

Вимоги кукурудзи до рівня культури землеробства вищі, ніж до типу ґрунту. Кукурудза росте на будь-яких ґрунтах при рН не нижче 5,6 і не вище 7,2. При високій кислотності ґрунту врожайність зменшується і при $\text{pH} < 5,0$ це зменшення може складати 30%.

Важкі за гранулометричним складом ґрунти, та ті, що легко ущільнюються, так само, як засолені і перезволожені у зв'язку з близьким заляганням ґрунтових вод, і ґрунти з підвищеною кислотністю менш придатні для вирощування кукурудзи. Щоб отримувати на таких ґрунтах високі врожаї кукурудзи, необхідна систематична робота з покращення цих ґрунтів [6].

Кукурудза незадовільно реагує на засолені ґрунти, особливо в посушливі роки, коли концентрація ґрунтового розчину значно підвищується [10]. Слід уникати солонців, однак гіпсування може зробити їх придатними для вирощування кукурудзи. Перевагу слід віддавати солонцюватим ґрунтам з більш глибоким орним шаром (не менше 18 – 20 см).

Кукурудза досить вимоглива до підвищеного рівня мінерального живлення і, як культура тривалого вегетаційного періоду, здатна засвоювати поживні речовини впродовж вегетаційного періоду. На створення 1 т зерна з відповідною кількістю листостеблової маси кукурудза споживає із ґрунту та добрив, в середньому, 24-30 кг азоту, 10-12 кг фосфору та 25-30 кг калію.

1.2. Біологічні ризики при вирощуванні кукурудзи

Метеорологічні спостереження останніх років свідчать про те, що континентальність клімату посилюється. Почастішали істотні відхилення розвитку погодної ситуації в окремі періоди вегетації від норми, що проявляється у вигляді заморозків, зниження температури нижче біологічного мінімуму, або навпаки – надто висока температура (спекотні явища), чи дефіцит вологи в ґрунті, повітрі тощо спричиняють загальну неспецифічну адаптивну реакцію рослинного організму – стрес. Про те, що рослина зазнає негативного впливу тих чи інших стресів можуть свідчити наступні ознаки: зміна кольору листової пластинки: посвітління чи набуття антоціанового забарвлення; скручування листових пластинок у трубку; надмірне утворення пагонів кушіння, великої кількості недорозвинених качанів; череззерниця качана; укорочений, деформований, із порушеною регулярністю рядів зерен качан; відсутність качана на рослині.

Розвиток сім'ябруньок від стадії початку формування качана до стадії запилення проходить у два етапи. На першому етапі відбувається закладення сім'ябруньок, як це було описано вище. На другому етапі – диференціація та поділ клітин, що необхідно для підготовки сім'ябруньок до запилення. Впродовж часу між закладенням качана і запиленням розвиток сім'ябруньок відрізняється залежно від їх розташування на качані. Сім'ябруньки в основі качана розвиваються першими, в той час як нові сім'ябруньки постійно утворюються в міру просування до кінчика качана. Після утворення максимальної кількості сім'ябруньок розпочинається процес забезпечення їх поживними речовинами, енергією та водою. Якщо складових достатньо, сім'ябруньки всього качана повноцінно розвиваються і продукують стовпчики маточок, здатні приймати пилок.

Якщо ресурси обмежені, певні сім'ябруньки залишаться недорозвиненими, щоб забезпечити повноцінний розвиток решти. Які сім'ябруньки залишаться недорозвиненими – залежить від інтенсивності, типу та часу зовнішнього негативного впливу. Якщо стрес довготривалий,

недорозвиненими залишаються сім'ябруньки на кінці качана, а ті, що розміщені в основі, формують урожай. Сім'ябруньки в основі качана залишаються життєздатними через те, що вони більш розвинені й розташовані ближче до джерела поживних речовин, енергії та води. Якщо ж зовнішній вплив дуже короткий, але інтенсивний, недорозвинені сім'ябруньки можуть траплятися по всій довжині качана кукурудзи.



Рис. 1.1 – Вплив холодного стресу на формування качана

На рис. 1.1 зображено гібрид кукурудзи, який висівали кожних 4 дні 20–28 грудня. На етапі початкового розвитку качана спостерігалися 2 дні з холодною погодою (температура нижче ніж 10°C). Кукурудза першого строку посіву закінчила формування сім'ябруньок або наближалася до цього етапу. Кукурудза другого строку посіву була приблизно в середині процесу формування сім'ябруньок, в той час як рослини, посіяні останніми, тільки починали цей процес. Сім'ябруньки, які формувалися після 2 днів із низькими температурами, були повноцінними [37].

Дуже короткі качани – ефект «пивної банки» – можуть з'явитися в результаті комбінації стресів, скажімо, стресу холоду та посухи, на які наклалися певні генетичні зміни впродовж формування сім'ябруньок (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Ефект «пивної бочки»



Рис. 1.3 – Качан, який припинив ріст у стадії V14

Качан може припинити ріст у результаті застосування фунгіциду чи інсектициду із поверхнево активними речовинами за 1,5–2 тижні до початку запилення (рис. 1.3). Такі качани слід відрізняти від качанів зі сплутаними стовпчиками маточок. Останні є наслідком втрати орієнтації під час запилення, коли вони починають рости в різних напрямках під обгорткою. Причина цього явища остаточно не визначена. Одним із пояснень може бути комбінація короткострокових холодового чи посушливого стресу в період викидання рилець, яка накладається на генетичні особливості кукурудзи [36, 37].

Успішно запилена яйцеклітина впродовж близько 8 тижнів між запиленням і фізіологічною стиглістю проходить 2 етапи. Перші 3 тижні після запилення клітини швидко ростуть, диференціюються, діляться та формують тканини, необхідні для ембріону, розташованого в зернівці. Решта часу витрачається на накопичення крохмалю та речовин, що забезпечуватимуть ріст рослин кукурудзи з цього покоління зерен. Всі зернівки з'єднані зі стрижнем і конкурують за воду та поживні речовини (рис. 1.3).



Рис. 1.3 - Відмирання зернівок на верхівці качана та абортация зернівок внаслідок стресу під час наливу зерна

Вживають тільки ті зернівки, які отримують достатнє живлення. Зазвичай зернівки в основі качана розвиваються раніше й розміщені ближче до джерела енергії, ніж ті, що розташовані на його кінчику.

В разі негативного зовнішнього впливу зернівки на кінчику качана абортуються, щоб ті, які розміщені в основі, мали змогу дозріти. Зернівки будуть відмирати, починаючи з верхівки качана, аж поки тим, що залишилися, не буде достатньо живлення[26].

1.3. Гібрид, як елемент ресурсозбереження

У сучасному сільськогосподарському виробництві велике значення має врахування енергозатрат у системі технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тобто сучасні технології вирощування, що розробляються та впроваджуються у виробництво, мають передбачати підвищення урожайності культури та конкурентоспроможності і зниження собівартості й енергозатратності. Порівняння енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, затраченою на вирощування і збирання врожаю, дає змогу об'єктивно оцінити технологію вирощування польових культур [14].

В умовах відносно гострого дефіциту ресурсного потенціалу важлива енергетична оцінка розроблюваних технологій або окремих їхніх елементів. Сучасні науково обґрунтовані технології вирощування сільськогосподарських

культур, зокрема і кукурудзи на зерно, повинні бути енергоощадними та раціонально використовувати як непоновлювану, так і природну поновлювальну енергію, а також забезпечувати збереження природних екосистем [5].

Група стиглості гібрида кукурудзи є ключовим елементом ресурсозбереження і правильний вибір ФАО забезпечує прибавку врожаю від 10 до 35% [2].

ФАО кукурудзи – це умовний індекс скоростиглості, прийнятий Міжнародною продовольчою та сільськогосподарською організацією при ФАО (*Food and Agricultural Organization*) для створення єдиної одиниці характеристик гібридів. Систематизація дозволяє розподілити гібриди по групах залежно від тривалості періоду вегетації, суми ефективних і активних температур та ряду інших чинників. Належність до конкретної групи допомагає виробникам зерна кукурудзи швидко ідентифікувати гібрид, визначити його придатність до вирощування за призначенням в зонах з певними кліматичними умовами [16].

Таблиця 1.1 – Класифікація гібридів кукурудза за ФАО

| Група скоростиглості | ФАО | Сума активних температур, °С | Сума ефективних температур, °С | Період вегетації, днів | Кількість листів, штук |
|----------------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| Ранньостиглі | 100 – 199 | 2200 | 900 – 1000 | 90 – 105 | 12 – 14 |
| Середньоранні | 200 – 299 | 2400 | 1100 | 105 – 115 | 14 – 16 |
| Середньостиглі | 300 – 399 | 2600 | 1150 | 115 – 120 | 16 – 18 |
| Середньопізні | 400 – 499 | 2800 | 1200 | 120 – 130 | 18 – 20 |
| Пізньостиглі | 500 – 599 | 3000 | 1250 – 1300 | 135 – 140 | 20 і більше |

Перша цифра показника ФАО вказує на належність гібриду до конкретної групи стиглості (ранньостиглої, середньостиглої та інших), друга – на відношення щодо тривалості вегетації всередині групи.

Чим менше значення ФАО, тим раніше рослини дозрівають та швидше віддають вологу. Це має велике значення при вирощуванні гібридів на зерно, особливо в регіонах з обмеженими тепловими ресурсами. Також відомо, що пізньостиглі гібриди мають вищий генетичний потенціал за врожайністю, ніж ранньостиглі. Тому найбільш оптимальним варіантом для виробників кукурудзи є використання гібридів із різними індексами скоростиглості. Завдяки такому способу можна варіювати строки сівби та збирання і регулювати вегетаційний період відносно несприятливих погодних умов. При цьому існує правило, згідно з яким для отримання максимальної продуктивності потрібно: 50% полів засівати такими гібридами, які відповідають умовам потреби у теплі та світлі в регіоні; 25% використовувати середньоранні гібриди; 25% гібриди з вищим показником ФАО та пізніми строками дозрівання [5, 12, 25].

Таблиця 1.2 – Біологічні особливості та господарські ознаки підвидів кукурудзи [11]

| Морфобіологічна особливість | Кременистий підвид (<i>Flint</i>) | Зубовидний підвид (<i>Dent</i>) |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Цвітіння | Раніше | Пізніше |
| Відношення до світла | Світловий день довший | Світловий день коротший |
| Ювенільний розвиток | Швидкий | Повільний |
| Холодостійкість | Вища | Нижча |
| Пасинкування | Частіше | Рідше |
| Розмір зерна | Від великого до маленького | Велике |
| Форма зерна | Округла | Кутаста та сплющена |
| Колір зерна | Жовта, червонувата | Світло-жовта, біла |

Такий підбір дозволить знизити погодні ризики, сформувати врожай на запланованому рівні та знизити навантаження на збиральну сільгосптехніку, оскільки терміни дозрівання гібридів будуть відрізнятися. На тривалість вегетації впливає співвідношення теплих та холодних днів, інтенсивність сонячної інсоляції, кількість опадів, стан ґрунту та інші фактори. Тому для отримання високих та сталих урожаїв слід враховувати не тільки індекс

скоростиглості, а й використовувати посівний матеріал, який характеризується інтенсивним ростом, хорошою вологовіддачею та високою врожайністю.

Важливим фактором є темпи вологовіддачі зерном кукурудзи. Пізнє досягання кукурудзи внаслідок пізніх строків сівби, використання гібридів з високим показником ФАО або різкі перепади температури під час вегетації кукурудзи зумовлюють повільні темпи вологовіддачі зерном перед збиранням. Вологіше зерно потребує додаткового сушіння, що тягне за собою збільшення виробничих витрат і затягування безпосереднього процесу збирання врожаю. Навпаки, ранній початок швидкої вологовіддачі зменшує виробничі витрати та сприяє швидкому та своєчасному збиранню культури перед настанням осінніх опадів і холодів [26-31].

Вміст вологи у зерні зменшується по мірі проходження кукурудзи відповідних фаз розвитку: білестер – 85% вологи, молочна стиглість – 80% вологи, молочно-воскова стиглість – 70% вологи, воскова стиглість – 55% вологи та фізіологічної стиглості – 30% вологості. До фізіологічної стиглості зменшення вологості зерна відбувається через комбінацію випаровування насінням вологи та його накопиченням сухої речовини внаслідок наливу зерна. Після настання фізіологічної стиглості (визначається появою чорного шару), вологість втрачається переважно через випаровування вологи зерном.

Вологовіддача відбувається за лінійним зразком від 40% вологості до 15-20%, після чого вона практично припиняється. Точний рівень вологовіддачі залежить від конкретного гібриду та погодних умов того чи іншого року. Рис. 1.4 відображає зміни у вмісті вологи у роки з різними трендами у температурі після настання фізіологічної стиглості [2, 15, 20, 24].

Польова вологовіддача фізіологічно стиглої кукурудзи переважно залежить від погодних умов, особливо від температури та вологості або опадів. Абстрагуючись від інших факторів, вищі температури та нижча вологість навколишнього середовища спонукають до більш швидкої вологовіддачі.

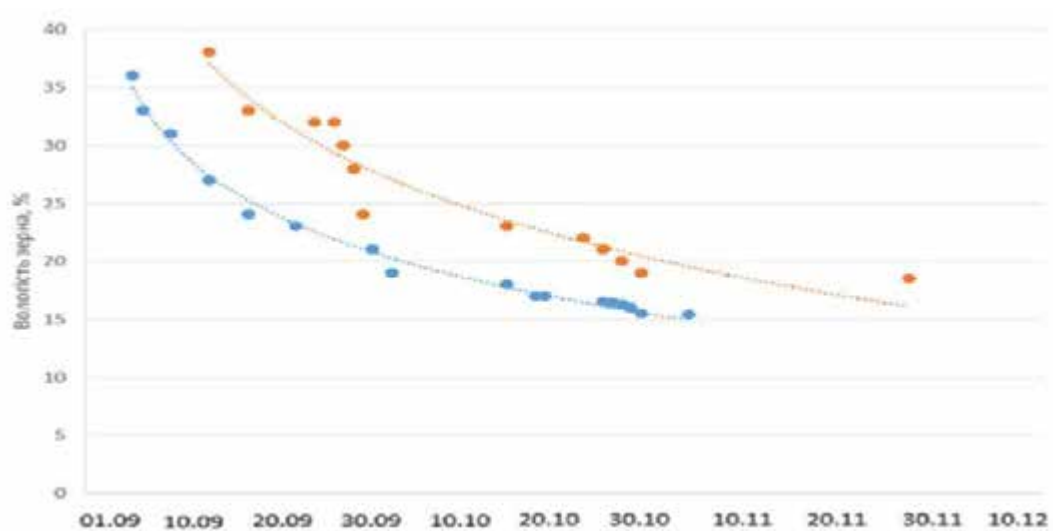


Рис. 1.4 - Вологовіддача середньостиглого гібриду у роки із різним температурним режимом

Середньодобовий рівень вологовіддачі може варіювати від 0,8% щоденно для гібридів, які наближаються до фізіологічної стиглості в кінці серпня до 0,4% щоденно для гібридів, які досягають фізіологічної стиглості в середині-кінці вересня. Слід мати на увазі, що добова кількість втраченої вологи може бути доволі високою або низькою в кожний конкретний день залежно від температури, вологості, сонячної радіації або опадів. Спостерігалися випадки, коли кукурудза втрачала більше 1% вологості щоденно протягом декількох днів за умови високих температур, сонячної, вітряної та сухої погоди [26].

За сприятливих погодних умов всі гібриди мають приблизно однаковий рівень вологовіддачі, однак коли погодні умови не сприяють швидкій вологовіддачі, виділяються гібриди, які мають до цього генетичну схильність.

Заслуговує на увагу ще один момент: волога зерна не втрачається через кріплення зернівки до початку. Втрата вологи зерном відбувається за рахунок випаровування вологи із зерен. Науковими дослідженнями було встановлено, що після настання фізіологічної стиглості, втрата зерном вологи шляхом відтоку її до стрижня не відбувається. Після відмирання тканини на верхівці початку – утворення чорного шару – будь-які зв'язки між зернівками та стрижнем припиняються [2,12,27,30].

Отже, слід постійно шукати компроміс при обранні гібридів, які забезпечать найвищий прибуток для товаровиробника в конкретних умовах господарювання. Наступні агрономічні та генетичні характеристики найбільше впливають на вологовіддачу гібридів кукурудзи та їх вологість на момент збирання:

- група стиглості гібриду, товщина та структура перикарпу (оболонки) насіння, кут кріплення початку до рослини після настання фізіологічної стиглості впливають на рівень вологовіддачі. Гібриди із більш тонкими початками втрачають вологу швидше;

- коли настає фізіологічна стиглість, кукурудза втрачає вологу через качан та його кріплення до рослини, оголені кінчики початків та обгортки. Гібриди із качанами, розташованими під гострим кутом до рослини після настання фізіологічної стиглості схильні накопичувати вологу в обгортках та сповільнювати вологовіддачу. Обвислі початки втрачають вологу швидше, ніж підняті качани. Насіння із товщою оболонкою та вищою заліковою вагою сохне довше, а пошкоджене та легке насіння втрачає вологу швидше;

- покриття качана обгортками, їх кількість, товщина та щільність впливають на швидкість вологовіддачі. Товщина качана та довжина насінини також відбиваються на швидкості віддачі вологи. Через те, що гібриди відрізняються за цими показниками, вони мають різний рівень вологовіддачі;

- кліматичні умови мають найбільший вплив на вологість зерна при збиранні. Температура, кількість опадів та сонячна активність відображаються у швидкості висихання зерна. Погодні умови після завершення наливу насіння мають найбільший вплив на швидкість вологовіддачі у полі. В середньому для втрати 1% вологості необхідно 20-25⁰ суми ефективних температур. Таким чином, на вологовіддачу впливає цілий ряд факторів і аграріям слід знайти баланс між бажанням збирати кукурудзу якомога сухішою та втратами від полягання через пізні збирання.

РОЗДІЛ 2

ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження елементів енергозберігаючої технології вирощування кукурудзи проводили в СТОВ «Заповіт Шевченко», яке є структурним підрозділом ТОВ «НВФ «Урожай» МХП. Господарство розташоване в Черкаській області Звенигородського району.

2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика місця проведення досліджень

Синоптична ситуація відіграє ключову роль у сільському господарстві. Володіючи погодною інформацією, є можливість вчасно прийняти рішення по внесенню добрив, ЗЗР, запровадити своєчасний полив полів, зробити вірний вибір селекційного насіння для конкретної кліматичної зони.

Останнім часом Україна все частіше потрапляє в зону посушливого клімату, помітно зростають температури і зменшується ефективність опадів за рахунок швидкого їх випаровування. Та кількість опадів, яка випадає на поверхню землі, не завжди потрапляє в ґрунт, значна маса їх йде на випаровування, не встигаючи потрапити в глибокі шари ґрунту. В останні роки норма опадів підтримується в основному за рахунок короткочасних та інтенсивних злив, коли за одну добу може випасти місячна норма, а то й більше. Отже, декілька дощів можуть виконати річну норму опадів, це створює несприятливі та непередбачувані погодні умови та природні катаклізми (повені, смерчі, сильні зливи, пилові бурі, град, пожежі, торнадо тощо). Відхилення від норми не тільки почастишали, але і стають тривалішими.

Характеристика 2023 року. Упродовж січня 2023 року переважали посушливі умови, лише наприкінці місяця спостерігались короткочасні опади у вигляді дощу та мокрого снігу. В лютому ситуація змінилась на краще,

випала значна кількість опадів, подекуди навіть перевищила багаторічні норми. Березень та квітень виявився посушливими. Найбільша кількість опадів випала в третій декаді травня і в червні – відповідно 111,7 мм і 60,4 мм. Липень відзначився локальним випадінням незначних опадів. Упродовж серпня-вересня прослідковувалась посуха в регіоні.

Отже, 2023 рік виявився аномально посушливим, спостерігався дефіцит опадів, а тривалість періодів посухи – зростає. В умовах господарства різко відчувався дефіцит опадів у період інтенсивного росту й розвитку – початок викидання волоті – досягання, що негативно вплинуло на рівень урожайності.

Гідротермічний коефіцієнт зволоження (ГТК), який вказує на вологість клімату, вираховувався з травня по жовтень, коли середньодобова температура повітря була вище +10°C. Протягом 2020 року усереднений показник ГТК за рік дорівнював 0,7-0,9 що вказує на слабку посуху. Серпень виявився найпосушливішим місяцем.

З кожним роком відмічається пришвидшення інтенсивності температурного росту. 2023 рік не став винятком, рік виявився найтеплішим за всю історію спостережень. Температура на в регіоні зростає порівняно з багаторічними нормами на +2,5...+3,0°C. Стійке підвищенням температури повітря спостерігається у всі сезони. Зимовий період виявився аномально теплим, адже метеорологічна зима не розпочалась, а сніговий покрив був майже відсутній.

Значення середньомісячних температур в січні, березні та жовтні перевищували норму на 4 –7°C. Лише в квітні та травні панувала прохолодна погода, а температура повітря була нижчою за норму. Мінімальні температури повітря припали на грудень та лютий -15...-8°C.

Важливим показником для обрання групи стиглості кукурудзи є показник накопичення активних та ефективних температур. Сума активних температур склала 3679°C та ефективних 2139°C з початку вегетації за 2020 рік.

Середньорічна температура ґрунту перевищила значення багаторічних показників. Найвище середньомісячна температура ґрунту підіймалась в липні та серпні і коливалась від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+11^{\circ}\text{C}$. Найпрохолоднішим періодом в році відмічений грудень, саме цього місяця зафіксовано мінімальні температури ґрунту. Мінімум температури ґрунту за рік опускалась до $-7\dots-5^{\circ}\text{C}$. Мінімум температури ґрунту 2023 року виявились вищими від попередніх років.

В 2023 році спостерігались найнижчі показники вологості ґрунту, порівнюючи з багаторічними спостереженнями. У вересні досягнуто критично низьких показників ґрунтової вологості 16% -20%.

В 2024 році найбільш складними видалися останні дні травня та перша половина червня, коли за цей час випала надзвичайно велика кількість опадів. У третій декаді травня відзначалася підвищена температура повітря та опади різної інтенсивності, які часто супроводжувалися грозами, а місцями й градом. Середньодобові температури повітря знаходилися у межах $15,1-21,3^{\circ}\text{C}$. В окремі дні максимальні температури повітря і поверхні ґрунту підвищувалися до $29,0^{\circ}\text{C}$ та $57,2^{\circ}\text{C}$, а в нічний час знижувалися до $9,5^{\circ}\text{C}$ та $9,3^{\circ}\text{C}$ відповідно. Середня температура повітря склала $18,0^{\circ}\text{C}$, що було на $1,2^{\circ}\text{C}$ вище середньої багаторічної норми.

Опади спостерігалися переважно в другій половині декади. Середня їх кількість склала 15,2 мм, або на 2,8 мм менше від кліматичної норми. При цьому слід зазначити, що дощі випадали дуже нерівномірно, а тому їх частка місцями сягала близько 60 мм, тобто перевищувала середні багаторічні значення для травня. Середня відносна вологість повітря склала 64 %, що було дещо вище середньої багаторічної норми. В першій половині декади впродовж двох діб відмічалось зниження відносної вологості повітря до 30 % і менше, що свідчило про перші прояви повітряної посухи.

Загалом, у травні середня температура повітря виявилась близькою до середньої багаторічної ($15,8^{\circ}\text{C}$) і становила $15,9^{\circ}\text{C}$. Середня кількість опадів склала 33,4 мм, або на 16,4 мм була меншою за кліматичну норму, хоча в

окремих областях вона знаходилася на рівні середніх багаторічних показників і варіювала в межах 50–55 мм.

В перші дні червня відмічалася дощова і прохолодна погода. Якщо на початку першої декади червня середньодобові температури повітря утримувалися на рівні 11,1–16,3 °С, то в другій половині звітного періоду відбулося поступове підвищення середньодобових температурних показників до 16,8–18,7 °С. У світлий час доби температура повітря зростала до 25,3 °С, а поверхня ґрунту прогрівалася до 48,8 °С; в нічний час знижувалася відповідно до 10,2 °С та 9,8 °С. Середня за декаду температура повітря склала 15,3 °С, що виявилось на 3,3 °С нижче в порівнянні з середньою багаторічною нормою.

У другій декаді червня спостерігалась переважно тепла, з частими опадами та шквалистими вітрами погода. Середньодобові температури повітря знаходилися в межах 17,5–22,8 °С. В окремі дні температура повітря підвищувалася до 28,1 °С, а поверхня ґрунту прогрівалася до 46,3 °С. В нічний час температура повітря та поверхні ґрунту знижувалася відповідно до 12,5 та 12,6 °С. Середня температура повітря за декаду становила 20,1 °С, що було на 1,5 °С вище в порівнянні з середньою багаторічною нормою. Кількість опадів різної інтенсивності, які відмічалися впродовж декади майже щодня, склала 46,7 мм, або на 20,7 мм була більшою в порівнянні з кліматичною нормою.

Упродовж третьої декади червня утримувалася дуже тепла з помірною кількістю опадів погода, переважали дощі у вигляді інтенсивних злив, що супроводжувалися шквальним вітром, а місцями й градом. Якщо на початку декади середньодобові температури повітря утримувалися на рівні 24,2–26,3 °С, то в другій її половині дещо похолодало, температурні показники знизилися до 22,2–23,7 °С. Максимальна температура повітря та поверхні ґрунту зростала до 33,2 °С і 56,3 °С, а мінімальна – знижувалася до 19,2 °С і 19,8 °С відповідно. Середня температура повітря за декаду склала 24,3 °С, що було на 4,2 °С вище середньої багаторічної норми і відмічалось за останні 10 років в цей час лише вдруге.

Погодні умови червня виявилися надзвичайно своєрідними, якщо не унікальними, в плані кількості опадів за такий відносно короткий календарний період. За місяць випало в середньому близько 81 мм опадів, що більш ніж вдвічі більше від середньої багаторічної норми (табл. 2.1). Середня температура повітря за червень склала 19,9 °С, що було на 0,8 °С вище середньої багаторічної норми, але нижче від тих температурних показників, які відмічалися у цей час принаймні впродовж останніх шести років.

Таблиця 2.1

Оцінка типовості метеорологічних умов вегетаційного сезону 2023-2024 років за даними метеослужби СТОВ «Заповіт Шевченко»

| Показники | Місяць | | | | | | | Сума/середнє за вегетацію |
|---|--------|-------|------|------|------|------|------|---------------------------|
| | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| Опади, мм | | | | | | | | |
| 2023 | 20,3 | 111,7 | 60,4 | 25,9 | 7,7 | 28,5 | 40,1 | 294,6 |
| 2024 | 46,2 | 49,5 | 81,4 | 32,3 | 40,4 | 27,5 | 7,7 | 285 |
| Багаторічна норма | 46,0 | 48,0 | 64,0 | 83,0 | 57,0 | 34,0 | 36,0 | 368,0 |
| Середньомісячна температура повітря, °С | | | | | | | | |
| 2023 | 9,2 | 13,4 | 21,4 | 22,7 | 22,6 | 19,4 | 14,1 | 17,5 |
| 2024 | 8,9 | 15,1 | 21,6 | 25,2 | 23,2 | 15,4 | 15,2 | 17,8 |

Для умов господарства характерне чергування лісової та степової рослинності. Це природна зона помірного поясу. Ґрунти сформувалися за умов достатнього та несталоного зволоження, за яких підзолистий процес ґрунтоутворення поєднується з дерновим. Найбільш розповсюдженими ґрунтами в господарстві є чорноземи типові малогумусні. Маючи високу природну родючість, вони є основною одиницею сільськогосподарського використання. Ґрунти інших типів займають набагато менші площі. Чорноземи характеризуються диференціацією профілю, сприятливою для розвитку рослин, слабокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину, високим вмістом поживних речовин, добрими фізичними властивостями [5].

Вміст гумусу залежить від гранулометричного складу ґрунту. Нагромадження великої кількості стійких гумусових сполук є характерною ознакою чорноземних ґрунтів. У метровому шарі ґрунту міститься 400-600 т/га гумусових сполук. Вміст гумусу за Тюрніним складає 3,26%, валового азоту в чорноземах становить 0,2-0,5%, P_2O_5 – 0,15-0,30 і K_2O – близько 2,0-2,5%. Глибокий гумусовий горизонт із зернисто-грудкуватою структурою зумовлює сприятливі водно-повітряні властивості чорноземних ґрунтів: високу вологоємність і аерацію, добру водопроникність. Ці ґрунти мають, крім того, високу вбирну здатність – 30-40 мг.-екв/100 г ґрунту [5].

Чорноземи типові малогумусні насичені кальцієм і магнієм, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,0-6,7), в карбонатних рН 6,8-7,0. У вилугованих відмінах кислотність водної витяжки вища, але не набагато (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Фізико-хімічні показники чорнозему типового малогумусного СТОВ
«Заповіт Шевченко», 2023**

| Глибина шпур ґрунту, см | Гумус, % | рН водне | рН сольове | Гідролітична кислотність, мг.-екв. на 100 г ґрунту | Сума основ мг.-екв. на 100 г ґрунту | Ємність вбирання мг.-екв. на 100 г ґрунту | Ступінь насичення основами, % | Карбонати, % | Об'ємна маса, г/см ³ | Питома маса, г/см ³ |
|----------------------------|----------|----------|------------|--|--|---|----------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 0–20 | 3,35 | 5,66 | 6,62 | 1,47 | 23,06 | 24,85 | 92,60 | - | 1,18 | 2,48 |
| 20–50 | 3,08 | 5,91 | 7,12 | 0,56 | 23,42 | 24,56 | 94,70 | 0,48 | 1,26 | 2,61 |
| 50–100 | 1,35 | 7,08 | 7,28 | 0,51 | 21,80 | 22,71 | 95,10 | 4,22 | 1,28 | 2,66 |

Реакція ґрунтового розчину чорнозему малогумусного нейтральна або слабокисла. Гумусовий горизонт досягає 85-100 см. Чорноземи вилуговані є

малоstrukturними і за гранулометричним складом переважно є крупнопилювато-легкосуглинковими. У зв'язку з їх заляганням на знижених елементах рельєфу, де сильніше промиваються і вилуговуються, погіршуються їх фізичні та біологічні властивості, що перешкоджає нормальному розвитку рослин. У чорноземах вилугованих зменшується вміст гумусу, зростає кислотність ґрунтового розчину через вимивання карбонатів і зміну іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} на іони H^{+} .

Отже, в господарстві переважають чорноземи типові малогумусні з вмістом гумусу 3,26% та середнім забезпеченням його елементами живлення. Дані ґрунти характеризуються добрими агрофізичними характеристиками, що дозволяє господарству при оптимізації системи внесення мінеральних добрив, сприяти збереженню родючості ґрунту, покращувати його водно-фізичні властивості та забезпечувати високу врожайність польових культур.

2.2. Методика проведення досліджень

Для вирішення задач підвищення продуктивності культурних рослин та покращення якості урожаю необхідне постійне розширення наукових знань, виведення нових сортів сільськогосподарських культур, зміна умов середовища у відповідності з вимогами рослин. Це досягається науково-дослідною роботою, вивченням біології культурних рослин та заходів їх вирощування, пошуком нових можливостей підвищення продуктивності землеробства.

Експериментальні польові дослідження проводилися у відповідності з апробованими методиками дослідної справи, зокрема, за редакцією В.С. Цикова [15], “Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур” за редакцією В.В. Вовкодава [3,16], «Дослідна справа в агрономії. Книга 1: Теоретичні аспекти дослідної справи» [10] та «Дослідна справа в агрономії. Книга 2: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень» [10] за редакцією А.О. Рожкова.

Дослід з вивчення елементів енергозбереження при вирощуванні кукурудзи – двофакторний, який було закладено за методом розщеплених ділянок. У блоках першого порядку висівали гібриди різних груп стиглості, другого – норма висіву насіння. Посівна ділянка – 100 м², облікова – 50 м². Повторність – трикратна.

Схема досліду:

Фактор А – *гібриди кукурудзи різних груп стиглості:*

1. Аяккс (ФАО 190) – ранньостиглий гібрид.
2. КВС 2370 (ФАО 250) – середньоранній гібрид.
3. ДКС 3939 (ФАО 320) – середньостиглий гібрид.
4. Гекксагон (ФАО 380) – середньостиглий гібрид.

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

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

Густоту рослин кукурудзи визначали два рази за вегетацію на одних і тих самих площадках, які виділяли після появи сходів врожаю по 3-4 на кожній ділянці. Межі облікових площадок позначали невисокими кілочками. Розміщували пробні площадки по діагоналі облікової площі ділянки. Вперше підрахунок проводили у фазі повних сходів, а вдруге – перед збиранням урожаю. Перший облік дає змогу, знаючи норму висіву, визначити польову схожість насіння, а другий – розрахувати збереженість рослин за період вегетації.

Збереженість визначають за формулою:

$$П=(З*100)/С, \text{ де}$$

П – збереженість рослин, %;

З – кількість рослин перед збиранням, шт./м²;

С – кількість рослин на час повних сходів, шт./м².

Інтенсивність росту рослин визначали по фазах росту й розвитку. Проводять цю роботу у трьох повтореннях досліду. На ділянці відбирають 40-50 шт. рослин з бокової захисної смуги по 4-5 рослин підряд у 10 місцях.

Приріст рослин визначають за різницею маси рослин із проби останнього і попереднього строків відбору. Якщо треба визначити добовий приріст маси однієї рослини, загальний приріст ділять на кількість рослин і тривалість періоду (днів).

Щоб паралельно визначити приріст сухої речовини, після кожного зважування із свіжої проби відбирали середній зразок для визначення вмісту сухої речовини в рослинах. Відібрані в металеві коробки подрібнені рослинні зразки масою близько 100 г зважували і висушували до постійної маси при температурі не вище 105°C. Після зважування коробки з сухим зразком і без нього визначали масу сирого і сухого зразків. Розділивши масу сухого зразка на масу сирого і помноживши результат на 100, одержували процентний вміст сухої речовини в рослинній пробі. Останній показник використовували для переводу маси свіжовідібраної проби в абсолютно суху.

Інші показники росту рослин, до яких належать висота стебла, кількість листків і їх розміри визначали на постійно виділених для цього 25 рослинах, рівномірно розміщених на облікових площах кожної ділянки. Висоту рослин визначали за допомогою мірної лінійки. При цьому стебло вимірювали від поверхні ґрунту до верхньої частини рослини.

У дослідницькій роботі застосовують кілька способів визначення площі листкового апарату, найбільш поширеним з яких є метод висічок. На дослідній ділянці відбирали 10-20 типових рослин, зривали з них всі листки і зважували. Потім за допомогою ручного свердла (у вигляді металевої трубки певного діаметра із загостреними краями) брали з цих листків по 20-50 висічок загальною площею не менше 10-20 см². Після зважування висічок загальну листкову площу у пробі визначали за формулою:

$$П=(М*п*К)/м ,$$

де П – загальна площа листя у пробі, см²;

М – маса листя в пробі, г;

п – площа однієї висічки, см²;

К – кількість висічок, шт.;

м – маса висічок, г.

Знаючи загальну площу листкового апарату в пробі, визначали площу листків на одній рослині і, помноживши цей показник на густоту рослин, мали площу листкового апарату рослин на певній площі, яку потім виражали в тис. м²/га.

За чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ) оцінювали інтенсивність приросту маси рослини. Визначали її за певний проміжок часу чи за весь вегетаційний період за формулою:

$$\text{ЧПФ} = (M1 - M2) / 0,5(P1 - P2) * D,$$

де M1 і M2 – маса рослин на одиниці площі на початку і наприкінці певного періоду, г;

Пл1 і Пл2 – площа листкового апарату у ці самі періоди визначення, см²;

Д – тривалість певного періоду, діб.

На відміну від зернових колосових культур врожай кукурудзи збирали вручну, виламуючи і зважуючи качани з усієї облікової площі. Перерахунок маси качанів з ділянки на врожай зерна при стандартній вологості в т/га робили у такій послідовності:

1) масу качанів з ділянки на 1 га перераховують за допомогою того самого перевідного коефіцієнта на площу, що й культур звичайного рядкового способу сівби;

2) коефіцієнт виходу зерна з качанів визначають за відношенням, у якому чисельником буде маса зерна із 20 облущених типових качанів, відібраних при збиранні, а знаменником – маса качанів перед облущенням зерна.

Перемноживши врожайність качанів у т/га на коефіцієнт виходу зерна, одержимо врожайність зерна при вологості, яка була на час облущування качанів.

Урожайність зерна перераховували на стандартну 14% вологість, користуючись такою формулою:

$$Y=A*(100-B)/(100-14)$$

де Y – врожайність чистого зерна при стандартній вологості, т/га;

A – врожайність чистого зерна при польовій вологості, т/га;

B – вологість зерна на час збирання, %;

14%– стандартна вологість.

У цій формулі відношення $(100-B):(100-14)$ є перевідним коефіцієнтом на 14% вологість зерна.

РОЗДІЛ 3

РІСТ, РОЗВИТОК ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ

Протягом вегетаційного періоду фактори навколишнього середовища мають істотний вплив на їх ріст і розвиток. Дослідженнями встановлено, що тривалість міжфазних періодів змінюється залежно від умов вологозабезпечення, температурного режиму та групи стиглості гібридів [19-21].

У рослинництві важливе теоретичне і практичне значення має вивчення ростових процесів, які обумовлюються природними та технологічними факторами, оптимізація яких сприятиме підвищенню продуктивності рослин.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу елементів енергозбереження на особливості проходження ростових процесів, розвиток та урожайність рослин кукурудзи.

3.1. Особливості проходження вегетаційного періоду

Тривалість вегетаційного періоду є однією з основних властивостей генотипів, виходячи з якої вибирають товарний гібрид кукурудзи для вирощування. Цей показник певною мірою є показником пристосованості гібридів до ґрунтово-кліматичних умов [7]. На тривалість етапів органогенезу кукурудзи суттєво впливає сукупність факторів, до яких слід віднести: генотип, зональність, температурний режим, кількість опадів та холодостійкість [28].

При визначенні тривалості міжфазних періодів в рослинництві враховують неступні показники: кількість листків на рослині, особливості жилкування листка, тривалість міжфазного періоду від отримання сходів до цвітіння волоті і качана у 50% рослин кукурудзи, сума ефективних і активних температур та передзбиральна вологість зерна. Як свідчать дослідження, дані показники мають чітко виражену кореляційну залежність у відповідності до тривалості як окремих міжфазних періодів, так і вегетаційного періоду [24].

Відповідно до кліматичних зон об'єктивність оцінювання тривалості вегетаційного періоду в Україні буде підвищуватися з півдня на північ, але важливим є виявлення строків збирання, які здатні найкраще диференціювати генотипи за вологою зерна.

Деякі науковці заперечують чіткий зв'язок тривалості вегетації кукурудзи з тривалістю світлового дня, а більше з температурою повітря. Проте в таких випробуваннях, швидше за все, вивчалися зразки, вже адаптовані до певних умов помірної зони з нейтральною фотоперіодичною реакцією. Підтвердженням наявності реакції рослин на фотоперіодизм можуть бути спостереження за вегетацією тропічних зразків, не адаптованих до тривалого світлового дня, а також дослідження зі строками сівби.

Не встановлено впливу на період «сівба-сходи» у досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від групи стиглості і норми висіву насіння (табл. 3.1). Так даний період у середньому за роки досліджень склав 12 діб.

Таблиця 3.1

Тривалість міжфазних періодів кукурудзи залежно від групи стиглості гібрида та норми висіву насіння, діб (середнє за 2023-2024 рр.)

| Гібрид | Норма висіву, тис. сх. нас/га | Тривалість міжфазних періодів, діб | | | |
|----------|-------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|
| | | сівба-сходи | сходи-цвітіння | цвітіння-повна стиглість | сходи-повна стиглість |
| Аяккс | 70 | 12 | 58 | 50 | 108 |
| | 80 | 12 | 58 | 50 | 108 |
| КВС 2370 | 70 | 12 | 60 | 52 | 112 |
| | 80 | 12 | 60 | 52 | 112 |
| ДКС3939 | 70 | 12 | 61 | 55 | 116 |
| | 80 | 12 | 61 | 55 | 116 |
| Гексагон | 70 | 12 | 65 | 58 | 123 |
| | 80 | 12 | 68 | 60 | 128 |

Аналіз отриманих даних періоду сходи-цвітіння 50% качанів за біологічними групами стиглості показав аналогічні варіювання цвітіння за роками та ФАО: ранньостиглі гібриди в середньому мали 58 діб; середньоранні – 60; середньостиглі – 61 та середньопізні – 66. Найбільшою дистанцією між середніми значеннями характеризувались порівняння ранньостиглої і середньостиглої груп – 8 діб, в інших різниця становила близько 3 доби. Тобто в загальному розгляді показник «період сходи-цвітіння 50% качанів» відповідає критеріям ідентифікації гібридів кукурудзи.

Густота стояння рослин не впливала на тривалість міжфазного періоду сходи-цвітіння у ранньостиглого і середньоранніх гібридів. Лише у середньостиглого гібриду Гекксагон (ФАО 380) збільшення норми висіву з 70 до 80 тис./га обумовило збільшення даного періоду на 3 доби що пов'язано з посиленням конкуренції за світловий режим.

Зазначимо, що спостереження за міжфазним періодом сходи-цвітіння 50% качанів дозволяє достатньо об'єктивно диференціювати дослідну вибірку за тривалістю вегетаційного періоду та розділити генотипи за групами стиглості. Проте вона характеризує лише першу половину вегетації рослини та не віддзеркалює повної картини всього періоду, зокрема, формування та дозрівання зерна.

Нашими дослідженнями встановлено, що для дозрівання ранньостиглі форми повинні мати другу половину вегетації на 13,9% меншу за першу, для середньоранніх та середньостиглих форм – обидва періоди рівні, а для середньопізніх – більшу на 5,4%. Таким чином, за умови дотримання технологій вирощування кукурудзи та оптимальної густоти стояння рослин дозрівання ранньостиглих гібридів можна очікувати у другій половині серпня, середньоранніх – на початку вересня, середньостиглих – у другій декаді вересня.

Найтривалішим вегетаційний період зафіксовано у середньостиглого гібриду Гекксагон (ФАО 380) – 123 доби при 70 тис./га і 128 – при 80 тис./га,

найкоротший – у ранньостиглого Аяккс 108 днів незалежно від густоти стояння рослин.

3.2. Біометричні показники посіву кукурудзи

За даними Ф.М. Куперман (1965), однією із головних ознак, що визначає ріст і розвиток рослин, є висота. Тому відомості про темпи росту і розвитку рослин кукурудзи в онтогенезі дають можливість своєчасно впливати на процес формування високої продуктивності культури [18]. Висота рослин є одним з важливих біометричних показників росту кукурудзи. Залежно від технологічних прийомів і погодних умов вирощування даний показник може змінюватись. Між висотою стебла і скоростиглістю гібриду відмічена від’ємна кореляція. Разом із цим кожен із цих показників знаходиться під сильним впливом умов зовнішнього середовища [20].

Нашими дослідженнями встановлено, що висота рослин до фази 11–13 листків змінювалася залежно від біологічних властивостей гібридів і не залежала густоти стояння. Отримані дані дали можливість виявити ряд темпи стартового росту. Найвищими були рослини у вказаний період розвитку у середньостиглих гібридів ДКС 3939 і Гекксагон (табл.3.2).

Таблиця 3.2

Висота кукурудзи залежно від групи стиглості гібрида та норми висіву насіння, см (середнє за 2023-2024 рр.)

| Гібрид | Норма висіву, тис. сх. нас/га | Висота рослин у фазу росту й розвитку, см | | | |
|-----------|-------------------------------|---|--------------|------------------|-----------------|
| | | 5-7 листок | 11-13 листок | цвітіння волотей | повна стиглість |
| Аяккс | 70 | 35 | 105 | 199 | 192 |
| | 80 | 35 | 107 | 215 | 119 |
| КВС 2370 | 70 | 37 | 110 | 212 | 205 |
| | 80 | 37 | 112 | 222 | 210 |
| ДКС3939 | 70 | 32 | 115 | 241 | 222 |
| | 80 | 32 | 115 | 257 | 228 |
| Гекксагон | 70 | 29 | 113 | 221 | 207 |
| | 80 | 29 | 113 | 235 | 212 |

Висота рослин змінювалася залежно від густоти стояння у фазі цвітіння волотей, збільшуючись в напрямку від мінімального рівня загущення до максимального. Тобто лінійний приріст у загущених варіантах посилювався внаслідок загострення конкурентних відносин між рослинами в агроценозі, зокрема за світло.

В різні роки характер змін висоти рослин різнився залежно від густоти стояння рослин в посівах. В 2023 р., який характеризувався достатньою кількістю опадів протягом вегетації, всі гібриди формували найдовше стебло в максимально загущених варіантах. В 2024 році з недостатнім рівнем зволоження простежувалася зворотна тенденція – збільшення щільності стеблостою призводило до зменшення висоти рослин.

Таким чином, біометричні показники у продовж вегетаційного періоду обумовлюється генетипом, біологічними особливостями та густотою стояння рослин. На початкових етапах більш швидкий стартовий ріст характерний для ранньостиглого і середньораннього гібридів кукурудзи, а починаючи з фази 11-13 листка – для середньостиглих.

Висота прикріплення качанів змінювалась, як і висота рослин, у фазі цвітіння. Тобто в загущених посівах качани формувалися на стеблах рослин вище від поверхні землі, ніж у зріджених варіантах. Встановлений тісний кореляційний зв'язок між висотою рослин і висотою прикріплення качанів ($r = 0,86$) (табл. 3.3).

У досліді найвище кріплення качана відмічено у середньостиглого гібриду ДКС 3939. Так, у середньому за роки досліджень висота формування качана становила 101,5 см при нормі висіву насіння 80 тис/га. Найнижча висота прикріплення качана була відмічена у ранньостиглого гібриду Аяккс – 88,5-93 см.

Відмітимо, що із збільшенням норми висіву висота прикріплення качана у досліджуваних гібридів збільшувалася в середньому на 3-5%. Що обумовлено явищем «загального витягування» рослин у загущених посівах.

Таблиця 3.3

Висота прикріплення початка на стеблі, см

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис. сх. нас/га | Висота прикріплення качана, см | | |
|----------|---|--------------------------------|------|-----------------------------|
| | | 2023 | 2024 | середнє за 2023-2024 рр. |
| Аяккс | 70 | 95 | 82 | 88,5 |
| | 80 | 100 | 86 | 93,0 |
| КВС 2370 | 70 | 106 | 88 | 97,0 |
| | 80 | 112 | 91 | 101,5 |
| ДКС3939 | 70 | 110 | 79 | 94,5 |
| | 80 | 117 | 81 | 99,0 |
| Гексагон | 70 | 107 | 74 | 90,5 |
| | 80 | 112 | 76 | 94,0 |

Також слід відмітити вплив погодних умов на особливості формування качана на рослині. У посушливий 2020 рік качана формувався на висоті 74-91 см, тоді як у 2021 – 95-117 см. Таким чином, у роки, які характеризуються кращою вологозабезпеченості посівів, відмічається посилення ростових (лінійних) процесів, що обумовлює вищу висоту рослин, і відповідно і вище формування качана на рослині.

3.3. Фотосинтетична діяльність посівів кукурудзи різних груп стиглості

У формуванні високої продуктивності польових культур вирішальна роль належить фотоасиміляційній поверхні. Відомо, що цей показник є прямопропорційним розвитку надземної вегетативної маси рослини, оскільки під час вегетаційного періоду її переважна частка припадає саме на листки.

Головне завдання асиміляційної або листкової поверхні рослин – це асиміляція CO₂ та утворення органічної речовини під час фотосинтезу [23].

Величина ФАР (фотосинтетично активної радіації), що засвоюється рослиною, також залежить від динаміки формування та величини листкової поверхні.

Важливим показником листкової поверхні є листковий індекс – площа зелених листків рослин на площі посіву і для основних сільськогосподарських культур вона коливається в межах 4–6 [31]. На думку С.І. Лебедева [13], закономірним є те, що зменшення розмірів фотосинтетичної площі рослин порівняно з наведеним показником листкового індексу є однією з умов зниження врожаю вирощуваної культури.

Видатний вчений в галузі фізіології фотосинтезу А.О. Ничипорович [23] встановив, що збільшення показника листкового індексу до 8–9 вже не буде сприяти істотному наростанню продуктивності рослини, оскільки за таких умов знижується інтенсивність фотосинтезу.

Відомо, що у процесі росту і розвитку рослин особливе місце займає динаміка формування показників фотосинтетичної продуктивності агроценозу, оскільки це є основа врожайності всіх сільськогосподарських культур. Тут слід зазначити, що домінуючу роль у фотосинтетичній продуктивності посіву відіграє темп і розміри формування листкової поверхні посіву, оскільки з цим показником пов'язані всі інші, що забезпечують продукування врожайності. Так, зокрема, темп і розміри асиміляційної поверхні посіву визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично-активної радіації. Внаслідок такого поєднання посівом нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси і накопичення продуктів асиміляції, які пізніше забезпечують кількісне формування урожаю та повноцінність його якісних показників.

Нашими дослідженнями встановлено, що до фази 9-10 листків норма висіву насіння істотно не впливала на розміри асиміляційної поверхні рослин кукурудзи, а визначалися генотипом – найбільша була у середньостиглого гібриду Гексагон – 17,5 тис. м²/га, найменша – у ранньостиглого Аякс 15,3 тис. м²/га.

Таблиця 3.4

Площа листків (тис. м²/га) кукурудзи та ФП (млн. м² днів/га) залежно від норми висіву насіння, середнє за 2023-2024 рр.

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис./га | Фаза росту й розвитку рослин | | | | Фотосинтетичний потенціал, млн. м ² , днів/га |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------|---------------------------|--|
| | | 5-7 листків | 9-10 листків | цвітіння волоті | молочно-воскова стиглість | |
| Аяккс | 70 | 6,2 | 15,3 | 35,4 | 30,9 | 2,57 |
| | 80 | 6,3 | 15,6 | 37,0 | 32,3 | 2,90 |
| КВС 2370 | 70 | 7,0 | 16,5 | 38,1 | 34,3 | 2,79 |
| | 80 | 7,2 | 17,1 | 41,0 | 34,8 | 3,01 |
| ДКС3939 | 70 | 6,3 | 16,6 | 39,7 | 35,9 | 3,15 |
| | 80 | 6,4 | 16,9 | 43,2 | 36,8 | 3,36 |
| Гекксагон | 70 | 6,2 | 17,1 | 41,2 | 35,5 | 3,35 |
| | 80 | 6,2 | 17,5 | 46,5 | 35,9 | 3,51 |

Починаючи з фази 11-13 листок відмічено інтенсивний ріст рослин, що і обумовило збільшення листкового апарату. Так, у фазу цвітіння волотей нами зафіксовано найбільшу площу листків, яка формувалася під впливом норми висіву насіння і генопиту гібриду. Так, на варіантах з нормою висіву 80 тис. /га спостерігається збільшення площі листків посіву, однак площа листків однієї рослини – навпаки зменшується. Серед гібридів найбільша асиміляційна поверхня формувалася у середньостиглого Гекксагон – 46,5 тис. м²/га, найменша – у ранньостиглого Аяккс – 37 тис. м²/га. У гібридів кукурудзи Дкс3939 і КВС2370 площа листків знаходилася на однаковому рівні.

У фазу молочно-воскової стиглості зерна зафіксовано зменшення площі листків не залежно від групи стиглості гібридів і площі живлення. Зменшення відбулося за рахунок підсихання і часткового відмирання листків нижнього і середнього ярусів.

Фотосинтетичний апарат акумулює сонячну енергію у процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини, що має важливе значення для накопичення біомаси. Цей показник може слугувати індикатором потенційних можливостей посіву тієї чи іншої культури і значно змінюється під впливом ґрунтово-екологічних, технологічних умов та генетичних особливостей. Вивчення морфо-фізіологічних показників гібридів кукурудзи може надати конкретні рекомендації щодо розкриття резервного потенціалу гібридів у конкретних умовах.

Дослідженнями встановлено (табл. 3.4), що ФП залежав від групи стиглості гібрида – він збільшувався від ранньостиглого гібриду (2,90) до середньостиглого (3,51), що пов'язано із більш тривалим вегетаційним періодом, а відповідно довшим функціонуванням листкового апарату.

Із збільшенням норми висіву відмічено і збільшення величини ФП, що свідчить, що за даної густоти стеблостою найбільш ефективно відбувається накопичення сухої речовини.

3.4. Продуктивність кукурудзи різних груп стиглості

В комплексі агротехнічних заходів з вирощування кукурудзи, від яких залежить урожай і його якість, важливе місце посідає густота стояння рослин. Високо стабільний урожай можливо отримати за рахунок високої індивідуальної продуктивності і гранично допустимої густоти стеблостою в конкретних зональних умовах.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, індивідуальних морфобіологічних властивостей гібридів, вологозабезпеченості, рівня інтенсивності технології вирощування оптимальна кількість рослин кукурудзи в посівах варіює від 50 тис./га до 100 тис./га. Загущення чи зрідження стеблостою зумовлює зміни температурного, водного, теплового, світлового режимів в посівах культурних рослин [25].

Кукурудза характеризується уповільненим ростом, слабо розвиненою кореневою системою і невеликим коефіцієнтом водоспоживання на початку

вегетації. Саме в цей період вона майже не реагує на загущення чи зрідження. В подальші етапи онтогенезу густина стеблостою суттєво впливає на ріст, розвиток і продуктивність рослин кукурудзи, що відмічено нашими дослідженнями (табл. 3.5-3,7). У досліді відмічено вплив погодних умов у роки проведення експерименту (табл. 3.5-3.6).

Таблиця 3.5

Формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норми висіву насіння, 2024

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис./га | Елементи структури врожаю кукурудзи | | | |
|-----------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| | | кількість качанів на 100 рослинах, шт | кількість зерен з качана, шт | маса 1000 насінин, г | маса зерна з качана, г |
| Аяккс | 70 | 112 | 533 | 191,4 | 102,0 |
| | 80 | 106 | 511 | 188,8 | 96,5 |
| КВС 2370 | 70 | 107 | 551 | 201,4 | 111,0 |
| | 80 | 100 | 535 | 190,8 | 102,1 |
| ДКС3939 | 70 | 109 | 589 | 198,9 | 117,2 |
| | 80 | 100 | 571 | 187,7 | 107,2 |
| Гекксагон | 70 | 104 | 617 | 202,4 | 124,9 |
| | 80 | 96 | 601 | 198 | 119,0 |

Сприятливі умови формування елементів структури врожаю відмічено у 2023 році, що пов'язано з кращою вологозабезпеченістю у період наливання зерна. Так, маса зерна з качана у 2024 році коливалася від 96,5 г до 124,9 г, тоді як у 2023 році – 160,7- 187,0 г, що і обумовило рівень урожайності (табл. 3.7).

Таблиця 3.6

Формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від норми висіву насіння, 2023

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис./га | Елементи структури врожаю кукурудзи | | | |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| | | кількість качанів на 100 рослинах | кількість зерен з качана, шт | маса 1000 насінин, г | маса зерна з качана, г |
| Аяккс | 70 | 125 | 592 | 280,1 | 165,8 |
| | 80 | 120 | 570 | 282 | 160,7 |
| КВС 2370 | 70 | 122 | 610 | 285,9 | 174,4 |
| | 80 | 114 | 594 | 279,1 | 165,8 |
| ДКС3939 | 70 | 112 | 648 | 277,6 | 179,9 |
| | 80 | 107 | 630 | 270,3 | 170,3 |
| Гекксагон | 70 | 109 | 676 | 276,7 | 187,0 |
| | 80 | 103 | 660 | 275 | 181,5 |

Різні умови вологозабезпечення посівів обумовили і рівень урожайності. У 2024 році урожайність ранньостиглого Аяккс складала 6,63-7,04 т/га, середньостиглого Гекксагон – 7,74-8,69 т/га і вищою була за норми висіву 80 тис./га. КВС 2370 і ДКС 3939 формували врожайність на майже однаковому рівні. 2023 рік виявився більш сприятливим для формування врожайності зерна. Так, відповідно врожайність становила 10,78-12,08 т/га у ранньостиглого Аяккс і 11,97-13,43 т/га у середньостиглого Гекксагон.

Відмітимо, що із збільшенням густоти стояння рослин елементи структури врожаю зменшувалися, однак найвища урожайність досліджуваних гібридів була отримана при нормі висіву 80 тис./га (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Урожайність зерна кукурудзи за базової вологості 14% різних груп стиглості залежно від норми висіву насіння, т/га

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис./га | 2024 | | 2023 | | Середня врожайність, т/га |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| | | передзбиральна густота, тис./га | урожайність, т/га | передзбиральна густота, тис./га | урожайність, т/га | |
| Аяккс | 70 | 65 | 6,63 | 65 | 10,78 | 8,70 |
| | 80 | 73 | 7,04 | 75 | 12,06 | 9,55 |
| КВС 2370 | 70 | 65 | 7,22 | 67 | 11,68 | 9,45 |
| | 80 | 74 | 7,56 | 75 | 12,43 | 9,99 |
| ДКС3939 | 70 | 63 | 7,38 | 65 | 11,69 | 9,54 |
| | 80 | 73 | 7,83 | 75 | 12,77 | 10,30 |
| Гекксагон | 70 | 62 | 7,74 | 64 | 11,97 | 9,86 |
| | 80 | 73 | 8,69 | 74 | 13,43 | 11,06 |
| <i>НІР₀₅</i> | | | <i>0,14</i> | | <i>0,10</i> | <i>0,12</i> |

У середньому за роки проведення досліджень, найвищу врожайність гібриди кукурудзи формували при нормі висіву насіння 80 тис/га. Найвищу врожайність зерна в досліді формував середньостиглий гібрид Гексагон – 11,06 т/га при нормі висіву 80 тис/га, а найнижча відмічена у ранньостиглого Аяккс – 8,70 т/га при висіву 70 тис/га.

3.5. Вологовіддача – як елемент ресурсощадної технології вирощування кукурудзи

При вирощуванні кукурудзи, насамперед, потрібно враховувати такі технологічні показники, як підвищена збиральна вологість зерна та схильність до механічного і теплового травмування, що в свою чергу вимагає оптимізації способів і режимів збирання, сушіння та очищення зерна залежно від його стану та призначення.

Основним способом збирання врожаю товарної кукурудзи є прямий комбайновий обмолот качанів, який можна розпочинати за вологості зерна 30-32% при наявності зерносушарок у господарстві. Збирання з нижчою вологістю скорочує обсяги сушіння та знижує енергетичні витрати. Проте затримка зі збиранням є ризикованою, оскільки уповільнюється вологовіддача зерна та можливе зволоження внаслідок випадання опадів. Потрапляння товарної кукурудзи під заморозки також небажане, оскільки погіршується якість зерна.

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

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

Необхідно відмітити, що оптимальна тривалість збирання гібридів однієї групи стиглості не повинна перевищувати 5-7 днів, а різних груп стиглості – 15-18 днів. Запізнення зі збиранням призводить до істотних втрат урожаю. Так, існує небезпека відвалювання качанів у зв'язку із пересиханням плодоніжки та перестоєм, або в результаті значних осінніх опадів збільшується вологість зернівки, підвищується ризик поширення фузаріозу й інших грибкових хвороб, що в результаті істотно знизить якість зерна.

Із метою організації та ефективного збирання врожаю кукурудзи необхідно вести моніторинг процесу досягання зерна на кожному конкретному полі з урахуванням густоти стояння рослин та груп стиглості гібридів, щоби завчасно визначити технологічну схему збирання врожаю та підготуватися до післязбиральної доробки і зберігання зерна.

Нашими дослідженнями встановлено, що темпи вологовіддачі обумовлювалися групою стиглості гібрида, роками та неістотно густотою стояння рослин (табл. 3.8).

Найнижча передзбиральна вологість зерна зафіксована у ранньостиглого гібриду Аяккс – 16,5-16,9%, найвища – у середньостиглого Гексагон – 22,2-22,5%.

Погодні умови також істотно впливали на вологовіддачу зерном. Так, у посушливому 2023 році вологість зерна на час збирання коливалася від 15,3% до 17,0%, тоді як у вологому 2023 – від 17,7 до 28,0%. Найнижчою вологість зерна у роки досліджень у ранньостиглого Аяккс.

Таблиця 3.8

Передзбиральна вологість зерна кукурудзи різних груп стиглості залежно від норми висіву насіння, т/га

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис./га | 2024 | | 2023 | | Середня вологість, % |
|----------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | передзбиральна густота, тис./га | вологість зерна, % | передзбиральна густота, тис./га | вологість зерна, % | |
| Аяккс | 70 | 63 | 15,3 | 65 | 17,7 | 16,5 |
| | 80 | 73 | 15,8 | 75 | 18,0 | 16,9 |
| КВС 2370 | 70 | 65 | 16,0 | 67 | 19,7 | 17,9 |
| | 80 | 74 | 16,2 | 75 | 20,1 | 18,2 |
| ДКС3939 | 70 | 63 | 16,5 | 65 | 23,6 | 20,1 |
| | 80 | 73 | 16,7 | 75 | 24,1 | 20,4 |
| Гексагон | 6, | 62 | 16,9 | 64 | 27,4 | 22,2 |
| | 80 | 73 | 17,0 | 74 | 28,0 | 22,5 |

Для комплексної оцінки ресурсозберігаючої технології вирощування кукурудзи пропонуємо використовувати індекс ефективності продуктивності гібрида, який ґрунтується на використанні врожайності зерна і його вологості на час збирання (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Індекс ефективності продуктивності гібридів кукурудзи, 2020-2021

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис/га | Урожайність, т/га | Передзбиральна вологість, % | Індекс ефективності продуктивності гібрида (ІЕПГ) |
|-----------|------------------------------|-------------------|-----------------------------|---|
| Аяккс | 70 | 8,7 | 16,5 | 0,53 |
| | 80 | 9,55 | 16,9 | 0,57 |
| КВС 2370 | 70 | 9,45 | 17,9 | 0,53 |
| | 80 | 9,99 | 18,2 | 0,55 |
| ДКС3939 | 70 | 9,54 | 20,1 | 0,47 |
| | 80 | 10,3 | 20,4 | 0,50 |
| Гекксагон | 70 | 9,86 | 22,2 | 0,44 |
| | 80 | 11,06 | 22,5 | 0,49 |

Наші розрахунки засвідчили, що найвищий індекс ефективності гібрида відмічено у ранньостиглого Аяккс при нормі висіву 80 тис/га – 0,57, а найнижчий 0,44 при вирощуванні середньостиглого гібриду Гекксагон з нормою висіву 70 тис./га – 0,44. Таким чином, у роки з ранньою, холодною і дощовою погодою у період досягання врожаю, ранньостиглі гібриди кукурудзи будуть характеризуватися кращим індексом ефективності.

У таблиці 3.10 наведено розрахунки вартості зерна кукурудзи з урахуванням витрат на його доробку для доведення його до базової вологості 14%. При розрахунках враховано витрати на досушку 1т% зерна – 90 грн, а вартість 1 т – 7300 грн.

Таблиця 3.10

Розрахунок вартості витрат на доробку зерна кукурудзи за цінами 2024 року
та економічна ефективність виробництва кукурудзи

| Гібрид | Норма висіву насіння, тис/га | Різниця на базову вологість, % | Урожайність, т/га | Витрати на доробку, грн/га | Вартість врожаю, грн/га | Вартість врожаю з урахуванням доробки, грн/га |
|-----------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| Аяккс | 70 | 2,5 | 8,7 | 1957,5 | 63510 | 61 552,50 |
| | 80 | 2,9 | 9,55 | 2492,55 | 69715 | 67 222,45 |
| КВС 2370 | 70 | 3,9 | 9,45 | 3316,95 | 68985 | 65 668,05 |
| | 80 | 4,2 | 9,99 | 3776,22 | 72927 | 69 150,78 |
| ДКС3939 | 70 | 6,1 | 9,54 | 5237,46 | 69642 | 64 404,54 |
| | 80 | 6,4 | 10,3 | 5932,8 | 75190 | 69 257,20 |
| Гекксагон | 70 | 8,2 | 9,86 | 7276,68 | 71978 | 64 701,32 |
| | 80 | 8,5 | 11,06 | 8460,9 | 80738 | 72 277,10 |

Таким чином, розрахунки економічної ефективності засвідчили, що витрати на післязбиральну доробку зерна залежали від величини врожайності і його передзбиральної вологості. У ранньостиглого гібрида вони склали 1987,5-2492,55 грн/га, тоді як у середньостиглого Гекксагон були більшими майже в чотири рази і становили – 7276,68-8460,90 грн/га.

Враховавши витрати на післязбиральну доробку зерна кукурудзи, найвища вартість врожаю з урахуванням доробки до базової вологості отримана при нормі висіву насіння 80 тис/га у середньостиглого гібрида Гекксагон – 72 277,1 грн/га.

ВИСНОВКИ

1. В 2024 році спостерігались найнижчі показники вологості ґрунту, порівнюючи з багаторічними спостереженнями. У вересні досягнуто критично низьких показників ґрунтової вологи 16% -20%.

2. В 2023 році найбільш складними видалися останні дні травня та перша половина червня, коли за цей час випала надзвичайно велика кількість опадів. У третій декаді травня відзначалася підвищена температура повітря та опади різної інтенсивності.

3. Для дозрівання ранньостиглі форми повинні мати другу половину вегетації на 13,9% меншу за першу, для середньоранніх та середньостиглих форм – обидва періоди рівні, а для середньопізніх – більшу на 5,4%. Таким чином, за умови дотримання технологій вирощування кукурудзи та оптимальної густоти стояння рослин дозрівання ранньостиглих гібридів можна очікувати у другій половині серпня, середньоранніх – на початку вересня, середньостиглих – у другій декаді вересня.

4. Найтривалішим вегетаційний період зафіксовано у середньостиглого гібриду Гексагон (ФАО 380) – 123 доби при 70 тис./га і 128 – при 80 тис./га, найкоротший – у ранньостиглого Аяккс 108 днів незалежно від густоти стояння рослин.

5. Висота рослин змінювалася залежно від густоти стояння у фазі цвітіння волотей, збільшуючись в напрямку від мінімального рівня загущення до максимального. Тобто лінійний приріст у загущених варіантах посилювався внаслідок загострення конкурентних відносин між рослинами в агроценозі, зокрема за світло.

6. Біометричні показники у продовж вегетаційного періоду обумовлюється генетипом, біологічними особливостями та густотою стояння рослин. На початкових етапах більш швидкий стартовий ріст характерний для ранньостиглого і середньораннього гібридів кукурудзи, а починаючи з фази 11-13 листка – для середньостиглих.

7. До фази 9-10 листків норма висіву насіння істотно не впливала на розміри асиміляційної поверхні рослин кукурудзи, а визначалися генотипом – найбільша була у середньостиглого гібриду Гекксагон – 17,5 тис. м²/га, найменша – у ранньостиглого Аяккс 15,3 тис. м²/га.

8. У фазу цвітіння волотей нами зафіксовано найбільшу площу листків, яка формувалася під впливом норми висіву насіння і генопиту гібриду. Так, на варіантах з нормою висіву 80 тис. /га спостерігається збільшення площі листків посіву, однак площа листків однієї рослини – навпаки зменшується. Серед гібридів найбільша асиміляційна поверхня формувалася у середньостиглого Гекксагон – 46,5 тис. м²/га, найменша – у ранньостиглого Аяккс – 37 тис. м²/га. У гібридів кукурудзи Дкс3939 і КВС2370 площа листків знаходилася на однаковому рівні.

9. ФП залежав від групи стиглості гібрида – він збільшувався від ранньостиглого гібриду (2,90) до середньостиглого (3,51), що пов'язано із більш тривалим вегетаційним періодом, а відповідно довшим функціонуванням листкового апарату.

10. Сприятливі умови формування елементів структури врожаю відмічено у 2023 році, що пов'язано з кращою вологозабезпеченістю у період наливання зерна. Так, маса зерна з качана у 2024 році коливалася від 96,5 г до 124,9 г, тоді як у 2021 році – 160,7- 187,0 г, що і обумовило рівень урожайності.

11. У 2024 році урожайність ранньостиглого Аяккс складала 6,63-7,04 т/га, середньостиглого Гекксагон – 7,74-8,69 т/га і вищою була за норми висіву 80 тис./га. КВС 2370 і ДКС 3939 формували врожайність на майже однаковому рівні. 2023 рік виявився більш сприятливим для формування врожайності зерна. Так, відповідно врожайність становила 10,78-12,08 т/га у ранньостиглого Аяккс і 11,97-13,43 т/га у середньостиглого Гекксагон.

12. Найвищу врожайність гібриди кукурудзи формували при нормі висіву насіння 80 тис/га. Найвищу врожайність зерна в досліді формували середньостиглий гібрид Гекксагон – 11,06 т/га при нормі висіву 80 тис/га, а найнижча відмічена у ранньостиглого Аяккс – 8,70 т/га при висіву 70 тис/га.

13. У посушливому 2024 році вологість зерна на час збирання коливалася від 15,3% до 17,0%, тоді як у вологому 2023 – від 17,7 до 28,0%. Найнижчою вологість зерна у роки досліджень у ранньостиглого Аяккс.

14. розрахунки економічної ефективності засвідчили, що витрати на післязбиральну доробку зерна залежали від величини врожайності і його передзбиральної вологості. У ранньостиглого гібрида вони склали 1987,5-2492,55 грн/га, тоді як у середньостиглого Гекксагон були більшими майже в чотири рази і становили – 7276,68-8460,90 грн/га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання високих та сталих врожаїв зерна кукурудзи на рівні 11-13 т/га рекомендуємо висівати середньостиглий гібрид Гекксагон з нормою висіву 80 тис./га.

Для формування урожайності зерна 9-10 т/га та низькими витратами на доробку зерна рекомендуємо гібрид Аяккс з нормою висіву насіння 80 тис/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрономія сьогодні. Кукурудза. Довідник практичних порад для агрономів/ В.А. Мокрієнко. - Київ: ТОВ "Аграрне видавництво", №13, 2019. - С. 31-53.
2. Ващенко В. Ресурсозберігаючі технології у рослинництві / В. Ващенко, О. Бондарєва // Техніка АПК.- 2016.- №4.– С. 27-28.
3. Вовкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові) / В.В. Вовкодав. К. 2001. 64 с.
4. Ганначенко С. Л. Інноваційні ресурсозберігаючі технології в землеробстві / С. Л. Ганначенко // Економіка АПК: міжнар. наук.-вироб. журн. - 2012. - №1. - С. 99-103.
5. Гончаренко С. І. Інноваційні ресурсозберігаючі технології як фактор підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. *Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка*. 2017. Вип. 185. С. 131-142.
6. Дем'янюк О.С., Шацман Д. О. Агроекологічна та економічна оцінка застосування ґрунтових і страхових гербіцидів при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 57-64. Doi: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184147>
7. Дзюбецький Б. В., Рибка В. С., Черчель В. Ю. [та ін.] Сучасні проблеми та економіко-енергетичні аспекти вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах Степу України. *Хранение и переработка зерна*. 2007. № 5. С. 14– 17.
8. Довідник "Сучасні технології АПК. Вирощування основних сільськогосподарських культур/Марков І.І., Дмитришак М.Я., Мокрієнко В.А. та ін. - 2-ге вид. виправ., допов. - Київ: Видавничий дім "Імпрес_Медіа", 2015. - 144 с.

9. Домуші Д.П. Енергозберігаючі технології виробництва продукції рослинництва / Д. П. Домуші, П. Д. Устюянов // Аграрний вісник Причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 129–134.
10. Дослідна справа в агрономії. Книга 1:Теоретичні аспекти дослідної справи / Рожков А.О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М. та ін. / Харків: Майдан, 2016. – 300 с.
11. Зернові та зернобобові культури: навчальний посібник/ С.М. Каленська, М.Я. Дмитришак, В.А. Мокрієнко. - Вінниця:ТОВ "Твори", 2019. - 356 с.
12. Ільчук М. М., Коновал І. А. Прогнозування обсягів та економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи в Україні. *Біоресурси і природокористування*. 2013. Т. 5. № 3-4. С. 137-146.
13. Лебедев С.И. Физиолого-биохимические изменения у растений озимой пшеницы при разных условиях произрастания. Вопросы физиологии пшеницы. Кишинев, 1981. С. 36–40.
14. Мазур В.А., Шевченко Н.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2017. №6. С. 7-13. URL: <http://forestry.vsau.org/files/pdfa/3645.pdf>.
15. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / М. Лебідь та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
16. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). [Під загальною редакцією голови Держкомісії України по випробуванню та охороні сортів рослин, кандидата с.-г. наук В. В. Вовкодава]. Київ, 2001. – 64 с.
17. Методические рекомендации по проведению опытов кукурузы. – Днепропетровск: ВНИИ кукурузы. 1980. – 54 с.
18. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень в агрономії / В.Ф. Мойсейченко, В.О. Єщенко. К. : Вища школа, 1994. 335 с.

19. Мокрієнко В.А. Порівняємо продуктивність кукурудзи в зоні Лісостепу за різних технологій вирощування - альтернативної, інтенсивної і ресурсозберігаючої//Зерно і хліб № 2, 2014. – С. 64-70.
20. Мокрієнко В.А. Продуктивність нових гібридів кукурудзи в Лісостепу України//Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 1. Том 33. – Иваново: МАРКОВА АД, 2014 –33-36 с.
21. Мокрієнко В.А., Гудзовата О.М., Приндюк Я.А., Таран В.Г. Особливості формування продуктивності кукурудзи в умовах достатнього зволоження // LIMES. Науковий вісник Закарпатського угорського інституту ім. Ф. Ракоці. Том IV, 2017. – 32-35 с.
22. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія / В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайко, М. В. Душко, Н. М. Асанішвілі та ін. Київ: Вініченко, 2017. 580 с.
23. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. Физиология фотосинтеза. М., 1982. С. 7–33.
24. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозберіжні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: Арт-прес, 2009. 224 с.
25. Петриченко В.Ф., Томашук О.В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу правобережного. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія. Київ: 2019. №1. Т. 10, С. 29-37.
26. Стресові періоди та продуктивність кукурудзи / С. Тан-чик // Спецвипуск. Пропозиція. Кукурудза: від насіння до прибутку / — 2016. — С. 24-26.
27. Технології вирощування сільськогосподарських культур за різних систем землеробства / Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / За ред. д. с.-г. н. В. Ф. Камінського. Київ: Едельвейс, 2015. С. 190-221.

28. Томашук О.В. Вплив гідротермічних умов та моделей технології вирощування на поживність зерна кукурудзи в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Ін-т кормів та сіл. госпва Поділля НААН. Вінниця : ТОВ «Видавництво-друкарня Діло», 2018. Вип. 86. С. 113-118;

29. Томашук О.В. Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи на зерно за різних технологій обробітку ґрунту. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Ін-т кормів та сіл. госп-ва Поділля НААН. Вінниця : ТОВ «Видавництво-друкарня Діло», 2019. Вип. 87. С. 144-150;

30. Томашук О.В. Продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Ін-т кормів та сіл. госп-ва Поділля НААН. Вінниця : ТОВ «Видавництво-друкарня Діло», 2018. Вип. 85. С. 63-70;

31. Томашук О.В., Каменщук Б.Д. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу правобережного. Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 100. Т.2 Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2018. С. 91-97.

32. Томашук О.В., Оцінка no-till технології вирощування кукурудзи на конкурентоздатність. Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 103. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2018. С. 129-133;

33. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ: Енем, 2006. 86 с.

34. Шевченко М. С., Рибка В. С., Ляшенко Н.О. Основні пріоритети раціонального розвитку виробництва зерна кукурудзи на Дніпропетровщині. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 10. С. 118-124.

35. Шмат С.І. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур / С.І. Шмат, П.Г. Лузан, С.В. Колісник // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного

університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2010. – Вип.23. – С. 303–309.

36. Шпаар Д., Гинапп К., Дрегер Д. та ін. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование Киев: Зерно, 2012. 464 с.

37. Rice, M.E. 2015. Corn rootworm silk feeding. Crop Focus. DuPont Pioneer, Johnston, IA. <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/crop-management/corn-insect-disease/corn-rootworm-silk-feeding/>.