

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти
Кафедра агрометеорології та агроекології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Агроекологічні умови формування продуктивності
кукурудзи в Лісостеповій зоні України

Виконала студентка групи АЕ-5т (і) з/ф
Спеціальності 101 «Екологія»

Соловей Ірина Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник канд. геогр. наук, зав. лаб.
Толмачова Алла Вікторівна

Консультант _____ - _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Боровська Галина Олександрівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут післядипломної освіти

Кафедра агрометеорології та агроекології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 101 «Екологія»

(шифр і назва)

Освітня програма «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
«02» березня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студентці Соловей Ірині Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Агроекологічні умови формування продуктивності кукурудзи в Лісостеповій зоні України

керівник роботи Толмачова Алла Вікторівна, канд. геогр. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від «23» березня 2022 року № 31 - С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали середньобагаторічних, агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за кукурудзою в Лісостеповій зоні (на прикладі Сумської області); Дані про щорічну середньообласну урожайність кукурудзи по Сумській області за період 1992 по 2021 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови Сумської області; 2. Вивчити ботанічну характеристику та особливості кукурудзи до умов навколишнього середовища; 3. Провести аналіз динаміки урожайності кукурудзи за методом гармонійних зважувань; 4. Вивчити методику моделювання формування продуктивності кукурудзи; 5. Проаналізувати рівень потенційного урожаю при різних значеннях коефіцієнтів корисної дії (ККД); 6. Дати оцінку агроекологічним категоріям урожайності кукурудзи у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Сумської області.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки динаміки та відхилень урожайності зерна кукурудзи та лінія тренду; графіки динаміки потенційного урожаю кукурудзи при різних значеннях ККД; графіки динаміки середньо декадних приростів агроекологічних категорій урожайності кукурудзи в умовах Сумської області.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 02 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	02.03.2022 р. – 06.03.2022 р.	90	5 (відмінно)
2.	Написання першого та другого розділів кваліфікаційної роботи. Розрахунки та аналіз динаміки урожайності зерна кукурудзи за методом гармонійних зважувань.	07.03.2022 р. – 20.03.2022 р.	90	5 (відмінно)
3.	Оформлення текстової частини третього розділу роботи.	12.05.2022 р. – 15.05.2022 р.	90	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	16.05.2022 р. - 20.05.2022 р.	90	5 (відмінно)
4.	Підготовка четвертого розділу: розрахунки, побудова табличного та графічного матеріалу.	21.05.2022 р. – 26.05.2022 р.	90	5 (відмінно)
5.	Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення даного розділу роботи. Написання висновків.	27.05.2022 р. - 30.05.2022 р.	90	5 (відмінно)
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	31.05.2022 р. - 01.06.2022 р.	90	5 (відмінно)
	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	01.06.2022 р.- 03.06.2022 р.	-	-
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	90,0	-

Студентка _____
(підпис)

Соловей І.В
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Толмачова А.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Соловей І.В. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «**Агроекологічні умови формування продуктивності кукурудзи в Лісостеповій зоні України**»

Актуальність – Кукурудза - одна з найдавніших хлібних рослин на планеті, найбільша зі зернових. Сьогодні ця агрокультура входить до списку основних продовольчих продуктів і вважається разом з рисом та пшеницею одним із «трьох найголовніших хлібів людства». Її вирощують для продовольчого, кормового і технічного призначення. Найбільш цінний корм - зерно кукурудзи, яке містить 9-12% білків, 65-70% вуглеводів, 4-8% олії, 1,5% мінеральних речовин. У 100 кг його міститься 134 корм. од., до 8 кг перетравного протеїну. За розмірами посівної площі вона посідає друге місце в Україні після озимої пшениці та ранніх ярих культур і відіграє значну роль у зерновому балансі країни.

Метою роботи є оцінка агроекологічних умов формування продуктивності кукурудзи в Лісостеповій зоні на прикладі Сумської області.

Основні задачі:

- провести розрахунки та аналіз динаміки урожайності зерна кукурудзи в умовах Сумської області;
- провести розрахунки та оцінити рівень потенційного урожаю при різних значеннях коефіцієнтів корисної дії (*ККД*);
- провести та оцінити рівні агроекологічних категорій урожайності кукурудзи у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Сумської області.

Об'єкт дослідження - агроекологічні умови вирощування кукурудзи в Сумській області.

Предмет досліджень – Вивчення урожайності кукурудзи на території Сумської області.

Для виконання розрахунків були використані метеорологічні та фенологічні дані середньобогаторічних спостережень за кукурудзою на території Сумської області та середньообласна урожайність кукурудзи за 30 років.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи 59 сторінки машинописного тексту, в т.ч. 6 таблиць і 7 рисунків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: кукурудза, вологозабезпеченість, тренд, гармонічні ваги, коефіцієнт корисної дії, агроекологічні категорії урожайності, потенційний урожай.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Характеристика фізико-географічних умов території	8
1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Сумщини	12
1.2.1 Кліматичні умови	12
1.2.2 Агрокліматичне районування території Сумської області	14
2 БОТАНІКО-БІОЛОГІЧНІ ТА МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ ТА ЇЇ ВИМОГИ ДО УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	16
2.1 Ботанічні та морфологічні особливості культури кукурудзи	16
2.2 Етапи органогенезу кукурудзи	18
2.3 Вимоги кукурудзи до тепла та до світла	21
2.4 Вимоги кукурудзи до умов зволоження	22
2.5 Вимоги кукурудзи до ґрунтів та елементів мінерального живлення	24
2.6 Сучасні сорти та гібриди кукурудзи	25
2.7 Технологія вирощування кукурудзи	28
3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ФАКТИЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ	34
3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур	34
3.2 Дослідження динаміки урожайності зерна кукурудзи в Сумській області	35
4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УМОВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ	41
4.1 Концепція моделювання агроекологічних категорій урожайності сільськогосподарських культур	41
4.2 Динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності зерна кукурудзи в Сумській області	44

ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

Кукурудза - одна з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі. Серед зернових культур вона є найбільш високопродуктивною. В основному її вирощують на зерно і для виробництва кормів. У світовому рільництві, у тому числі й в Україні, кукурудзу використовують як універсальну культуру - на корм худобі (стебла і качани), для продовольчих і технічних потреб - виробництва круп і борошна, харчового крохмалю та рослинної олії, ксантанової камеді, декстрину та етилового спирту. Урожай кукурудзи широко використовується як ключова сировина для біогазу.

Найбільш цінний корм - зерно кукурудзи, яке містить 9-12% білків, 65-70% вуглеводів, 4-8% олії, 1,5% мінеральних речовин. У 100 кг його міститься 134 корм. од., до 8 кг перетравного протеїну [9, 15].

Кукурудзяне борошно широко використовують у кондитерській промисловості - для виготовлення бісквітів, печива, запіканок. Із зерна виробляють харчові пластівці, повітряну кукурудзу, крупу.

Із зерна виробляють сироп, цукор, мед. Вживають у їжу недостигле зерно, особливо цукрової кукурудзи, у вигляді варених качанів. Із зародків зерна добувають рослинну олію, яка є не тільки висококалорійним продуктом харчування, а й має лікувальні властивості: містить лецитин, який знижує вміст холестерину в крові і запобігає атеросклерозу.

Зерно кукурудзи використовують для виробництва різних прохолодних напоїв, піностійких сортів пива, етилового спирту, гліцерину, органічних кислот (молочної, лимонної, оцтової та ін.), із стебел та стрижнів качанів виробляють папір, целюлозу, ацетон, метиловий спирт та ін. Із стовпчиків маточок незрілих качанів готують відвари, які вживають при гострих захворюваннях і хронічних запаленнях печінки, нирок та сечового міхура [9, 10, 15].

За умови правильної технології вирощування, вона залишає поле чистим від бур'янів, з розпушеним ґрунтом та значною частиною поживних речовин. Кукурудза є добрим попередником для зернобобових і ярих зернових культур. Селекціонери працюють над виведенням високоолійних форм кукурудзи. Вже є форми із вмістом олії в зерні понад 15% [8].

У світовому землеробстві кукурудза займає близько 130 млн./га. Найбільші посівні площі кукурудзи знаходяться в США, Бразилії, Індії, Румунії. Основні посіви кукурудзи на зерно в нашій країні розміщені в зонах Степу і Лісостепу, на силос і зелений корм – в усіх зонах. Площа посіву кукурудзи на зерно, силос і зелений корм в Україні знаходиться на рівні 4,9 млн./га, при врожайності – 71,9 ц/га. Валовий збір зерна становить – 35,8 млн. т. За даними Міністерства аграрної політики і продовольства України в 2021 році середня посівна площа в Україні становила 5474,8 тис/га, середня урожайність – 80,1 ц/га [2, 19].

Метою даної кваліфікаційної роботи бакалавра – оцінити агроекологічні умови формування продуктивності кукурудзи в Лісостеповій зоні, на прикладі Сумської області.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі: вивчення фізико-географічних та агрокліматичні умови території Сумської області; вивчити біологічні та морфологічні особливості кукурудзи та її вимоги до умов навколишнього середовища; вивчити методику гармонійних вагів та проаналізувати динаміку урожайності кукурудзи; проаналізувати рівень потенційного урожаю при різних значеннях коефіцієнтів корисної дії (*ККД*); дати оцінку агроекологічним категоріям урожайності кукурудзи у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Сумської області.

Для виконання роботи були використані метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за кукурудзою на території Сумської області [1]. Також використовувались дані про середньообласну урожайність кукурудзи за 1992-2021 рр [19, 25].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Характеристика фізико-географічних умов території

Сумська область розташована у північно-східній частині Лівобережної України. Найвища точка області — 246,2 м над рівнем моря. Протяжність території із заходу на схід становить 194 км, з півночі на південь – 248 км. Загальна площа області – 23,8 тис. км². На півдні, на південному сході та на заході Сумщина межує з Харківською, Полтавською та Чернігівською областями України. У південній частині територія області простяглася зі сходу на захід приблизно на 170 км, а в західній частині відстань з півночі на південь складає близько 200 км (по прямій лінії). Сумщина розташована у межах двох природних зон – Лісостепової та Поліської [1].

Геологічна будова. У межах двох геоструктурних утворень – Дніпровсько-Донецької западини та західного схилу Воронезького кристалічного масиву розташована Сумська область.

Дніпровсько-Донецькій западині у рельєфі на поверхні відповідає Придніпровська низовина. Дніпровсько-Донецька западина знаходиться під осадовими породами на глибині до 12 км, що є однією з найбільших западин Східноєвропейської платформи. Вона виповнена осадовими відкладеннями палеозойського, мезозойського і кайнозойського періодів.

Схили Воронезького кристалічного масиву складені докембрійськими породами, що залягають на глибині від 150 (Зноб-Новгородське) до 970 м (м. Путивль). У багатьох місцях (особливо на схилах річкових долин) оголюються мергелі, вапняки, крейда, глауконітові піски, піщаники і глини. У будові сучасного рельєфу беруть участь антропогенні відкладення. У рельєфі на поверхні це західні схили Середньоросійської височини [1].

Рельєф. Рельєф Сумської області має вигляд хвилястої рівнини, розчленованої широкими долинами численних річок, ярами та балками із загальним нахилом на південний захід.

В її північній частині виділяється Придеснянське плато, у південній – Лівобережне плато. Східна і північно-східна частини області зайняті відрогами Середньоросійської височини, західна і південно-західна частини – давніми терасами Дніпра і Десни.

За особливостями рельєфу територію можна поділити на три геоморфологічні зони: Поліську низовину, Полтавську рівнину та Середньоросійську височину. Поліська низовина займає крайню північну частину Сумщини. Це знижена рівнинна територія. Близько половини площі низовини в межах області припадає на долину р. Десна [1, 3].

Полтавська рівнина, де знаходяться центральна та південно-західна частини області, представляє собою акумулятивно-денудаційну рівнину, розчленовану ярами і балками. З півночі рівнина обмежена річкою Сейм, а на півдні та заході виходить за межі області. Тут знаходяться найбільш низькі ділянки області – 109-115 м, розміщені в заплавах річок Ворскла (Охтирський район), Псел (Лебединський район) і Сула (Роменський район) на кордоні з Полтавською областю.

Значна частина області розташована на південно-західних схилах Середньоросійської височини. Це південно-східна частина області та територія між Поліською низовиною та Сеймом, яка простягається на захід до м. Кролевець. Тут знаходиться найвища точка 246 м (пагорб біля с. Грабовське Краснопільського району). Річкові тераси, які займають великі площі в долинах головних річок, мають вигляд рівнин [1, 3].

Ґрунти та напрямки землекористування. Ґрунти області характеризуються значною просторовою неоднорідністю.

Найбільші площі в області (табл. 1.1) займають чорноземи типові глибокі, переважно малогумусні – 55,3 %, темно-сірі оподзолені ґрунти та чорноземи опідзолені займають – 196,5 тис. га (14,2 %), дерново-підзолисті

супіщані та легкосуглинкові ґрунти і світло-сірі та сірі опідзолені ґрунти займають 109,4 (8,3 %) та 105,9 тис. га (8,1 %) відповідно.

Таблиця 1.1 - Типи ґрунту Сумської області [1]

Тип ґрунту	Загальна площа	
	тис. га	%
Дерново-підзолисті глинисто-піщані ґрунти	25,2	1,9
Дерново-підзолисті супіщані та легкосуглинкові ґрунти	109,4	8,3
Світло-сірі та сірі опідзолені ґрунти	105,9	8,1
Темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені	196,5	14,2
Чорноземи типові глибокі, переважно малогумусні	725,8	55,3
Лучно-чорноземні переважно слабо-солонцюваті ґрунти	46,1	3,5
Лучні ґрунти, в т.ч. солонцюваті	18,8	1,4
Лучно-болотні та болотні ґрунти	3,3	0,3
Дернові ґрунти	22,6	1,7
Торфово-болотні ґрунти та торфовища низинні	2,3	0,2
Середньо-і сильно змиті ґрунти	55,6	4,2
Разом	1311,5	100

Невеликі площі займають лучно-болотні та болотні ґрунти торфово-болотні (0,3 %) та торфовища низинні (0,3 %) ґрунти.

Ґрунтовий покрив за генетичним складом і агропромисловими властивостями ґрунтів досить чітко підпорядкований зональному поділу території (Полісся, перехідна зона, Лісостеп).

У Поліській зоні переважають:

- Дерново-слабопідзолисті ґрунти легкого механічного складу. Гумусний горизонт їх рідко перевищує 18-20 см, вміст гумусу 0,8-1 % і різко зменшується з глибини 20 см. Мають кислу реакцію ґрунтового розчину. Легкий механічний склад їх обумовлює нестійкий водний режим – високу водопроникність і низьку вологоємність. Ґрунти придатні під посів

невибагливих культур (люпин, озиме жито, овес), а також під картоплю. Потребують значного і регулярного внесення органічних добрив.

- Дернові – середньо- і сильно-підзолисті супіщані і легкосуглинкові мають більш високу водоутримуючу властивість. Наявність на глибині 40-50 см ущільненого ілювіального горизонту сприяє зменшенню фільтрації і аерації, що покращує постачання рослин вологою. Їх родючість дещо вища через більш високий вміст гумусу. Ґрунти кислі, в нижньому горизонті оглеєної частини профілю зустрічаються закисні сполуки заліза і марганцю. Всі дерново-підзолисті ґрунти потребують вапнування, частого внесення високих доз органічних добрив та систематичного внесення мінеральних добрив.

- Дернові ґрунти зустрічаються в основному на знижених елементах рельєфу, у заплавах річок. Серед них переважають різновиди супіщаного і легкосуглинкового складу. Ґрунти відрізняються досить високим вмістом гумусу 2- 3 %. Мають здебільшого слабокислу реакцію. Ґрунти придатні для інтенсивного використання під всі культури, в тому числі овочеві, кормові, цукровий буряк, коноплю.

Ґрунтовий покрив перехідної зони представлений в основному світло-сірими, сірими, темно-сірими лісовими ґрунтами і чорноземами опідзоленими. Мають слабокислу реакцію. На світло-сірих і сірих лісових ґрунтах ефективні всі види добрив, але в першу чергу вони потребують азотних. Вони можуть забезпечувати досить високі врожаї майже всіх районованих с.-г. культур. Темно-сірі лісові ґрунти і чорноземи опідзолені відрізняються від попередніх типів ґрунтів значно більшим розвитком гумусового горизонту. Вміст гумусу в верхньому горизонті різний: у легкосуглинкових різновидах – 2-2,5 %, у середньосуглинкових – до 3.7 %.

Лісостепова зона представлена в основному чорноземними ґрунтами. Чорноземи типові потужні, в основному малогумусні, займають в області 55,3 % ріллі. Для ґрунтів цієї групи характерні: значна потужність гумусового профілю (до 120-130 см) і поступове зменшення гумусу з

глибиною. Вміст гумусу 3,5-5,5 %. Чорноземи області відносяться до ґрунтів універсального використання і придатні для всіх районованих культур і багаторічних насаджень.

Торфво-болотні ґрунти поширені по всій території області на заплавах річок та у глибоких зниженнях. Властивості неосушених ґрунтів даного типу незадовільні для с.-г. культур, осушені ж ґрунти використовують під посів багаторічних трав, кормових і ярих зернових культур.

Гідрографія. По території Сумської області протікають 202 річки довжиною понад 10 км, з них одна велика – Десна, яка протікає по межі Сумської і Чернігівської областей на ділянці протяжністю 37 км, 6 середніх: Сейм, Клевень, Сула, Псел, Хорол та Ворскла, протяжністю в межах області відповідно 167, 124, 152, 176, 60 та 122 км і 195 малих річок. Крім того, по території області протікають 1341 річок та струмків, що мають довжину менше 10 км. Загальна довжина річкової мережі області становить 8029 км.

Усі річки Сумської області належать до басейну р. Дніпро, є річками рівнинного типу і живляться переважно сніговими (до 65 % стоку), а також дощовими і підземними водами [1, 3].

1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Сумщини

1.2.1 Кліматичні умови

Клімат Сумської області помірно-континентальний, достатньо вологий. Зима малосніжна, нестійка, помірно холодна, літо тепле і помірно вологе. Середня температура повітря за рік становить 6,4-7,5°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) – мінус 4,5-5,2°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) становить 19,4-20,3 °C.

Зимовий період на Сумщині триває 104-117 днів – з 17–21 листопада до 5–14 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 197–204 дні. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 2775°С на півночі області до 3065°С на півдні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (вище 10°С) триває 157–166 днів, змінюючись в окремі роки від 140 до 186 днів. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 2455 °С на півночі області до 2770 °С на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2175°С до 3165°С.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°С і вище), триває в області 100-108 днів. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 1780 °С на півночі області до 2035 °С на півдні.

Середня кількість опадів по області за рік становить 589 мм, змінюючись по території від 549 до 646 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті.

Атмосферна засуха, яка в окремі роки в період активної вегетації с.-г. культур поєднується із ґрунтовою (ГТК становить $\leq 0,9$), має ймовірність 90 % на більшій частині території області. Відносна вологість повітря в теплий період року по області коливається від 63 % весною до 83 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 11–23 дні.

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються на півночі області на початку другої, на решті території – на початку третьої декади вересня, останні весняні заморозки на переважній території області відмічаються в кінці першої – на початку другої декади травня, на півночі – в кінці травня.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 145–175 днів, на поверхні ґрунту – 136-146 днів.

У вегетаційний період на території області спостерігається від 2 до 9 днів із суховіями різної інтенсивності.

Сніговий покрив утворюється на півночі та сході на початку, на решті території – в другій половині листопада; руйнується у другій, на півдні – у першій декаді березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить по області 90–108 днів, середня висота снігу за зиму – 7-13 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 36–73 см.

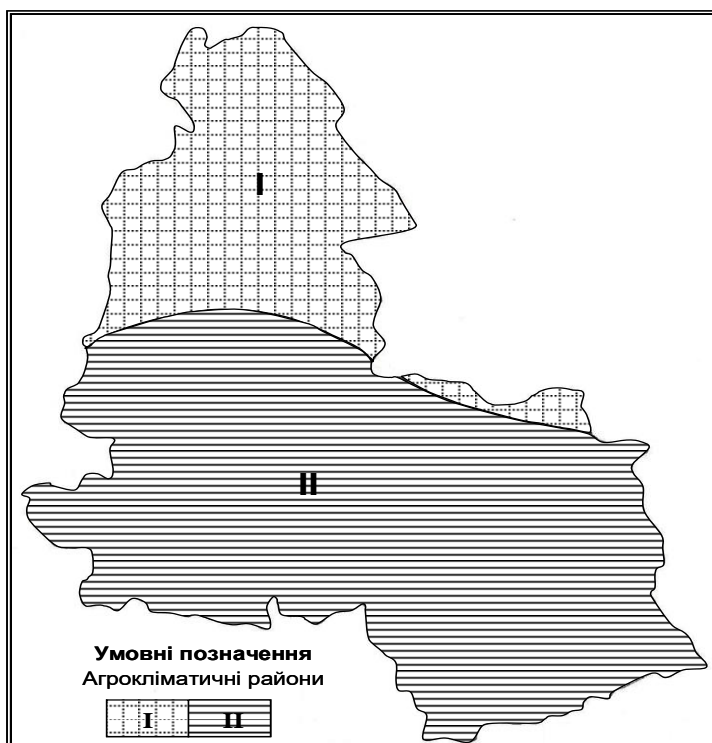
Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 60 см до 71 см. Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить - 2,4–3,2 °С.

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень–лютий по області коливається від 36 до 45. Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років (один раз за 10 років) [1, 3].

1.2.2 Агрокліматичне районування території Сумської області

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Сумської області поділено на два агрокліматичних райони. Картосхема агрокліматичного районування території Сумської області представлена на рис. 1.1 [1].

I район – Північний - помірного теплозабезпечення і достатнього та надлишкового зволоження. Для цього району характерні такі показники: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,2-1,3; кількість опадів за період вегетації - 400-440 мм; сума середніх добових температур повітря вище 10 °С становить 2450-2550 °С.



Агрокліматичний район та підрайон	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума середніх добових температур повітря, вище 10 °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Помірного теплозабезпечення, достатнього та надлишкового зволоження	2450-2550	400-440	1,2-1,3
II. Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2650-2750	390-400	1,1-1,2

Рисунок 1.1 – Картосхема агрокліматичного районування території Сумської області [1]

II район – Південно-східний - достатнього теплозабезпечення і достатнього зволоження. Для цього району характерні такі показники: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,1-1,2; кількість опадів за період вегетації – 390-400 мм; сума середніх добових температур повітря вище 10 °С становить 2650-2750 °С [1].

2 БОТАНІКО-БІОЛОГІЧНІ ТА МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ ТА ЇЇ ВИМОГИ ДО УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Кукурудза – сама древня хлібна рослина Землі, і вже точно кукурудза - сама велика з зернових. Батьківщиною сучасної кукурудзи є Мексика. Після другої подорожі Колумба вона з'явилася в Іспанії, потім "завоювала" Італію, відтіля рушила на Схід. В Україні кукурудзу вирощують з кінця XVII ст. [15].

2.1 Ботанічні та морфологічні особливості культури кукурудзи

Кукурудза (*Zea mays*) – однорічна, однодомна, роздільностатева, перехреснозапильна рослина родини злакових (Gramineae), підродини просоподібних (Panicoideae).

Коренева система, як і у інших злакових хлібів, мичкувата, дуже розгалужена, з глибоким проникненням у ґрунт. Основна маса коренів перебуває у шарі ґрунту на глибині 30-60 см від поверхні, але частина з них проникає глибше, постачаючи воду рослині з глибини 1,5-4 м.

У межах кореневої системи розрізняють 4 типи коренів: основні зародкові, бокові зародкові, постійні і повітряні. Найбільше значення для рослини мають постійні корені, які формуються з підземних стеблових вузлів на глибині 3–5 см від поверхні ґрунту.

Повітряні (поверхневі) корені розвиваються, як правило, у другій половині вегетації і є опорними, — вони підсилюють стійкість рослин до вилягання. Розвиток і потужність кореневої системи залежать від генетичних особливостей гібрида, температури та вологості ґрунту. Потужність кореневої системи — запорука отримання високих урожаїв. Саме тому агротехнічні заходи, спрямовані на створення сприятливих для її формування умов і розвитку, такі важливі [2, 4].

Стебло рослини кукурудзи прямостояче, циліндричне, висотою від 50 см до 6-7 м, завтовшки 2-7 см, поділене міжвузлями. Стебло вкрите епідермісом (тонкими захисними тканинами), під яким перебуває дерев'яниста частина стебла, що складається з тісно скупчених судинно-волокнустих пучків з великим вмістом кремнію, який надає стеблу міцності. Серцевина стебла заповнена губчастими тканинами (паренхімою) і теж містить судинні пучки і ситоподібні трубки. По судинах вода і розчинені в ній солі з ґрунту переміщуються від коріння через стебло до листя, по ситоподібних трубках у зворотному напрямку переміщуються пластичні речовини, що синтезуються в листку (вуглеводи та ін.).

Висота стебла визначається кількістю вузлів та довжиною міжвузлів і залежить від генотипу (скоростиглості) та умов вирощування. Скоростиглі гібриди, як правило, низькорослі, а пізньостиглі мають більш високе стебло [2, 4, 8].

Листя кукурудзи довге, лінійно-ланцетоподібне, складається з листової піхви, яка щільно охоплює стебло, листової пластинки шириною 5–12 см та язичка, розташованого в місці переходу піхви у пластинку.

Загальна поверхня листя на одній рослині в період повного цвітіння досягає 0,50–0,75 м. Кількість листків на стеблі тісно пов'язана з генетично обумовленою тривалістю вегетаційного періоду певного гібрида. У ранньостиглих форм зазвичай формується по 8–10 листків, а у дуже пізньостиглих їхня кількість досягає 30 і більше. Ранньостиглі гібриди, маючи меншу листову поверхню, за вегетаційний період витрачають менше води, тому вони більше пристосовані до посушливих умов і в районах недостатнього вологозабезпечення дають більші урожаї.

На кожній рослині кукурудзи є два *суцвіття*: чоловіче – волоть або султан, розташований на верхівці стебла, і жіноче – качан, що розвивається в піхві листа [2, 4, 7].

Волоть у кукурудзи верхівкова, розміщується на кінці центрального стебла або на верхівках бічних пагонів - пасинках. На осі волоті переважна

кількість бічних гілок першого порядку, рідко на двох-трьох нижніх утворюються гілки другого порядку. Колоски з чоловічими квітками розміщені вздовж кожної гілки двома або чотирма рядами, попарно, з яких один сидячий, другий на короткій ніжці.

Колоски двоквіткові; квітки тичинкові, з широкими опушеними перетинчастими колосковими лусками та тонкими м'якими - квітковими, між якими знаходиться три тичинки з двогніздими пиляками. У кожній добре розвиненій волоті утворюється до 1-1,5 тис. квіток, які за сприятливих умов зацвітають разом з жіночими квітками або на 2-4 дні раніше. Пилок переноситься вітром до 300-1000 м, що враховують при просторовій ізоляції насінних посівів кукурудзи.

Качан є стрижнем, уздовж якого правильними рядами попарно розташовуються колоски. В кожному жіночому колоску по дві квітки, але плодючим звичайно буває тільки одна – верхня. Маса стрижня складає в середньому 18 – 23 % загальної маси качана.

Кукурудза належить до рослин, які опилуються вітром. При цвітінні качана стовпчики тичинок (нитки) виходять з обгортки у вигляді пучка.

Плід у кукурудзи — зернівка. Зерно кукурудзи велике, округле або видовженої форми, частіше білого або жовтого забарвлення. На зламі воно може бути склоподібним (кременистим), борошністим (крохмалистим) і перехідним від першого типу до другого.

Маса 1000 насінин у дрібнонасінних гібридів становить 100-150 г, у крупнонасінних - 300–400 г. У загальній масі качана на частку зерна припадає 82–88 %, на частку стрижня – 12-18 %. У сухій надземній масі кукурудзи частка зерна становить 40-45 % [2, 4, 7, 8].

2.2 Етапи органогенезу кукурудзи

З прив'язкою до видимих морфологічних змін, які прийнято називати фазами росту, етапи органогенезу (формування та розвиток генеративних

органів) для обох суцвіть відбуваються по різному. Загалом за Куперман, волоть у розвитку проходить 9 етапів органогенезу (від появи сходів і до повного цвітіння), качан – 12 (від утворення 3-го листка і до фізіологічної стиглості). На будь якому етапі органогенезу можливий негативний вплив як біотичного, так і абіотичного фактору, які можуть порушити або сповільнити весь подальший процес формування генеративних органів. Особливо відчутним такий вплив може бути на ранніх стадіях розвитку рослин до 11-го листка.

Розглянемо детальніше орраноутворюючі процеси відповідно до проходження рослинами кукурудзи фаз розвитку [8, 9, 15].

Фаза сходів кукурудзи відповідає 1-му етапу органогенезу волоті. На цьому етапі апікальна меристема не диференційована й істотного впливу на процеси орраноутворення не відбувається. Можуть уповільнюватися лише ростові процеси під дією біотичних факторів (перезволоження, низькі температури, ущільнення ґрунту тощо).

Фаза сходів – утворення 3-го листка відповідає 2-му етапу органогенезу волоті. Відбувається видовження осі росту стебла та закладка вузлів і міжвузлів. Формування волоті на цьому етапі ще не починається. Проте до моменту появи 3-го листка закладаються в яруси вузлової кореневої системи та за певних обставин ініціюється процес кушіння

Фаза розвитку від 3-го до 8-го листка характеризується невисокою температурою навколишнього середовища і повним переходом молоді рослини на автотрофне (самостійне) живлення внаслідок росту і заглиблення кореневої системи. Тому листя в цей період росте повільніше, кожен наступний листок з'являється через 3–6 діб після попереднього.

Листя від 8-го до 11-го формується в кращих умовах: за вищої температури, за досить розвиненої кореневої системи. На цей час корені проростають на глибину понад 60 см і охоплюють простір радіусом близько 40–60 см. Тому розгортання 8-11-го листків відбувається швидко, з

проміжками в 1–2 дні. Цей період визначається як початок стеблуння — формування вузлів і міжвузлів.

Утворення 11–13–го листка і наступних відповідає за часом фенофазі трубкування. Швидкість розгортання кожного з цих листків становить 3–6 днів. У період від утворення 10–го листка і до повного цвітіння триває найінтенсивніший ріст рослин, який становить у найтепліші дні 10–15 см на добу. Починається швидке збільшення розмірів волотей.

Наступна фаза розвитку (викидання волотей) може тривати від 7 до 12 діб. У цей період завершується формування пилку, витягуються всі членики суцвіть і триває органогенез жіночих суцвіть. За сприятливих погодних умов через 5–7 діб після виходу волоті з розтрубу верхнього листка вона зацвітає.

Цвітіння волоті починається з верхньої гілочки і поступово поширюється на нижні. У період цвітіння тичинкові нитки видовжуються, пиляки виходять за межі квітки, пилкові мішечки лускаються, пилок із них висипається і розноситься вітром.

Фаза наливу і досягання зерна. Проходження його визначається генотиповими особливостями гібрида та умовами вегетації, хоча слід зазначити, що тривалість другого періоду вегетації кукурудзи (від цвітіння до повної стиглості) набагато менше залежить від погодних умов, ніж тривалість першого періоду (від сходів до цвітіння волоті). У період формування, наливу і дозрівання зерна кукурудза потребує менше вологи.

Молочна стиглість досягається найраніше через 20–25 діб після запилення (у скоростиглих гібридів) і характеризується вмістом у зерні «молочної рідини» та пожовтінням нижнього листа. У цій фазі триває процес накопичення поживних речовин у зернівках, що визначає надалі їхню масу. Збільшення сухої ваги зерна кукурудзи триває до ранньої воскової стиглості, яка настає через 35 діб після запліднення. Вміст зернівок набирає консистенції м'якого сиру, вміст води — 35–40 %.

У період **пізньої воскової стиглості** (найчастіше через 40 діб після запилення) вміст зернівки вже твердий, але ще ріжеться, як віск. Надходження пластичних речовин у зернівку припиняється, вміст вологи у зерні знижується до 17-25 %.

При **повній стиглості** зерно стає твердим, набирає характерної для нього форми і забарвлення. У найбільш скоростиглих гібридів залежно від рівня літніх температур повна стиглість настає за 50–55 діб.

За тривалістю проходження фаз розвитку лінії та гібриди кукурудзи поділяють на 7 основних груп стиглості: дуже ранньостиглі — 70-80 діб; ранньостиглі — 81-90 діб; середньоранні — 91-100 діб; середньостиглі — 101-110 діб; середньопізні — 111-120 діб; пізньостиглі — 121-130 діб; дуже пізні — 131-140 діб [8, 9, 15].

2.3 Вимоги кукурудзи до тепла та до світла

Кукурудза – теплолюбна та світлолюбна рослина короткого дня, але достатньо холодостойка. Мінімальна температура проростання насіння - 8-10°C, сходи з'являються за 10-12°C. При висіванні в холодний ґрунт (< 8°C) насіння проростає дуже повільно, набубнявіле насіння не сходить, різко знижується польова схожість. У фазі 2-3 листків витримує приморозки до - 2°C. Сходи кукурудзи гинуть за -3 °C. Якщо зниження температури (нижче - 5°C) триває кілька годин, то кукурудза вимерзає незалежно від фази розвитку.

В працях Ю.І. Чиркова [7] нижній поріг проростання кукурудзи знаходиться в інтервалі 6-12 °C. Результати його лабораторних досліджень показали, що нижній поріг проростання насіння кукурудзи близький до 8 °C. Однак при такій температурі проростання йде дуже повільно, проростки загнивають і посіви зріджуються. Ю.І. Чирковим встановлено, що при достатньому зволоження ґрунту (запасах продуктивної вологи більше 15 мм у шарі ґрунту 0–10 см) темп проростання насіння кукурудзи залежить в

основному від температури ґрунту. При 7-8 °С помітного проростання не відбувається; при 11–12 °С проростання починається через 7–9 днів, при 18–22 °С – через 2-3 дні [7].

Найсприятливіша температура для зростання рослин 25-30 °С, вище, ніж у зернових колосових культур (20–25 °С). Максимальна температура, при якій припиняється зростання, 45-47 °С. При температурі вище 30-35 °С і відносній вологості повітря близько 30% він швидко, протягом 1-2 годин після розтріскування пильників, висихає, втрачаючи здатність проростати. Це веде до поганої виповненості качанів. Сума біологічно активних температур, необхідна для досягання ранньостиглих форм, становить 1800-2000 °С, середньостиглих і пізньостиглих – 2300-2600 °С, пізньостиглих – 3000-3200 °С.

Так як кукурудза рослина короткого дня, активно вона зацвітає при 8 – 9 годинному дні. При тривалості дня понад 12–14 годин вегетаційний період подовжується. Кукурудза вимагає інтенсивного сонячного освітлення, особливо у молодому віці. Надмірне загущення посівів, забитість їх, приводять до зниження врожаю качанів. Штучне скорочення тривалості світлового дня до 12 годин прискорює викидання волоті і утворення качану [8, 9, 15].

2.4 Вимоги кукурудзи до умов зволоження

По вимогливості до водного режиму кукурудза відноситься до мезофітів. На створення 1 ц сухої речовини вона витрачає від 174 до 406 ц води, тобто менше ніж овес і ячмінь. Проте при високих врожаях рослини споживають багато вологи. Кукурудза добре використовує опади другої половини літа і частково восени. В результаті рослини накопичують велику органічну масу навіть в досить посушливих районах, чому сприяє також добрий розвиток кореневої системи.

На перших етапах вегетації в забезпеченні надземної маси водою перше місце належить зародковим і первинним кореням. Потім по мірі вегетації рослин істотну роль починають грати вузлові корені, причому послідовно першого, другого і подальших ярусів. Молоді корені, що формуються, володіють невисокою водовбирною здатністю, потім ця здатність зростає, досягає максимуму і незабаром, по мірі старіння коренів даного ярусу, починає знижуватися, а головна роль в поглинанні води переходить до більш молодих коренів.

В початковій фазі розвитку середньодобові витрати води посівом кукурудзи складає 30-40 м³ на 1 га, а в період від викидання волоті до молочного стану зерна – 80-100 м³ з 1 га. При богарній культурі в посушливих районах вона дає високий урожай в роки, коли за червень – серпень випадає не менше 200 мм опадів, а при достатніх весняних запасах вологи в ґрунті – не менше 100 мм з явним переважанням їх в липні, коли відбувається цвітіння.

Кукурудза відносно добре переносить посуху до фази виходу в трубку. Недолік же вологи за 10 днів до викидання волоті і через 20 днів після викидання волоті (критичний період) різко знижує врожай. В критичний період формується пилок і починається формування насіння. Рясне водопостачання рослин на початку вегетації, нерегулярні або недостатні поливи в подальший період, коли потреба рослин у воді зростає, призводять до значного зниження урожаю зерна кукурудзи.

Для кукурудзи характерний набагато менший коефіцієнт транспірації, ніж для багатьох інших культурних рослин, що належать до першої групи хлібних злаків. Тобто, кукурудза економніше за інші зернові культури використовує вологу, внаслідок чого на утворення одиниці сухої речовини витрачається приблизно в 1,6-1,8 рази менше вологи, ніж у інших хлібних злаків. На створення 1 ц абсолютно сухої біомаси кукурудза витрачає 200 – 750 ц води [8, 9, 15].

2.5 Вимоги кукурудзи до ґрунтів та елементів мінерального живлення

Високі врожаї кукурудза дає на чистих, рихлих, повітропроникних ґрунтах з глибоким гумусним шаром, забезпечених живильними речовинами і вологою, з рН 5,5-7. Це чорноземні, червоно-коричневі, темно-сірі суглинні і супіщані, а також заплавні ґрунти. Ґрунти, схильні до заболочування, сильно засолені, а також з підвищеною кислотністю (рН нижче 5) непридатні для обробітку цієї культури.

Кукурудза дуже вимоглива до наявності в ґрунтовому повітрі кисню. Хороші умови аерації ґрунту необхідні для нормального проростання насіння, особливо на важких ґрунтах, а також для відповідного розвитку кореневої системи. Максимум кисню кукурудза споживає до моменту цвітіння.

Найбільш чуйна кукурудза до добрив, що містять в своєму складі азот, калій, фосфор і кальцій.

Азот має особливо велике значення на ранніх етапах зростання рослин. При його нестачі затримується зростання і розвиток рослин. Максимальне надходження азоту спостерігається протягом 2 – 3 тижнів перед викиданням волоті. Споживання азоту рослинами припиняється після початку молочної стиглості зерна. При недоліку калію сповільнюється пересування вуглеводів, знижується синтетична діяльність листя, ослабляється коренева система і знижується стійкість кукурудзи до вилягання [8, 10, 15].

Калій починає інтенсивно поступати в рослину з перших днів появи сходів. До початку викидання волоті рослини поглинають до 90 % калію, незабаром після закінчення цвітіння надходження його в рослину припиняється (точніше, стабілізується). З часу молочної стиглості зерна вміст калію в тканинах рослини знижується в результаті вимивання цього елемента опадами і екзосмосу через кореневу систему в ґрунт.

Слід відмітити, що *фосфор* засвоюється кукурудзою в меншій кількості, ніж азот чи калій, до того ж цей елемент живлення набуває надто

важливого значення у двох фазах її розвитку. Гостру потребу в фосфорі кукурудза має у початковий період росту, оскільки на даному етапі органогенезу цей елемент мінерального живлення забезпечує оптимальний розвиток кореневої системи та інтенсивний початковий ріст рослин. Але на початку онтогенезу, особливо за прохолодної весни, кукурудза погано засвоює фосфор з ґрунту. За його нестачі листки набувають фіолетово-вишневого забарвлення, а рослини відстають у рості. Друга фаза, коли фосфор найбільш потрібний рослинам кукурудзи – це формування генеративних органів. З урожаєм зерна 100 ц/га кукурудза виносить 181 кг/га азоту, 56 – фосфору і 194 кг/га азоту.

На дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, на опідзолених чорноземах кукурудза, перш за все, озивається на азотні добрива – найефективніші на типових і звичайних чорноземах. Калієвим добривам особливу увагу треба приділяти при вирощуванні кукурудзи на супіщаних, торф'яних і заплавних ґрунтах, а також, коли в сівозміні їй передують буряк, картопля, трави, що виносять з ґрунту багато калію [8, 10, 15].

2.6 Сучасні сорти та гібриди кукурудзи

Для одержання високих і стабільних урожаїв зерна кукурудзи і кращої реалізації біокліматичного потенціалу, в господарствах бажано висівати кілька різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи ранньостиглої та середньостиглої групи стиглості. Вибираючи гібриди кукурудзи для вирощування в певній місцевості, слід враховувати їхній біологічний потенціал та ґрунтово-кліматичні умови регіону.

До Державного реєстру сортів та гібридів України, придатних до поширення в Україні [20] станом на 12 травня 2022 року внесені понад 1000 сортів та гібридів, які є різноманітними за рівнем реакції на використовувану технологію обробітку. В Україні здебільшого вирощуються гібриди кукурудзи і зовсім мало сортів, що пов'язано із явищем гетерозису.

На території Сумської області вирощувались декілька сортів та гібридів кукурудзи. Розглянемо більш детально деякі з них.

Меган – це гібрид від оригінатора Маїсадур Семенс. Характеризується високою потенційною врожайністю. ФАО – 250 одиниць. Гібрид кукурудзи Меган має потенціал врожайності 140 ц/га зерна і 700 ц/га силосу. Реальні показники врожайності за роки випробувань склали від 96 до 120 ц/га зерна. Зерно велике, зубовидного типу. Висота культури до 285 см. Гібрид Меган – рання культура. Володіє толерантністю до фузаріозу, гелмінтоспоріозу і церкоспорильозної гнилі. Стійкість до холоду і вилягання культури, посухостійка. Насіння оброблено препаратом Февер і мікродобривом Євростім Преміум для успішного і інтенсивного росту культури на початку вегетації. Посіви кукурудзи, що мають якісну допосівну обробку, здорові, сильні, що гарантує отримання запланованої врожайності. Рекомендовано вирощувати в Полісся, Лісостепу та Степу.

Фортаго (Fortago) - гібрид європейської селекції (Франція), належить до середньоранньої групи стиглості. Посівний матеріал кукурудзи має високий потенціал врожайності зерна та силосу. Тип зерна - зубовидний. Гібрид кукурудзи відрізняється високою посухостійкістю і витривалістю до холодів. Характеризується високою врожайністю і стабільністю, має швидке зростання на початку вегетації. Розміщення листя - еректоїдне, що підвищує ефективність фотосинтезу. Вміст білка в зерні - 9,2-9,8%, а вміст крохмалю - 73,8-74,3%. Одна з переваг сорту - стійкість до таких хвороб як: пухирчаста сажка; коренева гниль; стеблова гниль. Виробник рекомендує вирощувати даний посівний матеріал в зонах Степу, Полісся і Лісостепу України. Гібрид придатний для посіву в оптимально ранні строки (при температурі ґрунту +9 ... + 12 °С на глибині загортання насіння). Придатний для вирощування за технологіями No-till і Mini-till у всіх зонах посіву кукурудзи в Україні. Середній показник врожайності становить 125,1 ц / га.

ДН Аджамка - середньостиглий сучасний гібрид кукурудзи інтенсивного типу з високими показниками врожайності та чудовою

вологовіддачею. Гібрид має підвищену посухостійкість і помірну холодостійкість, стійкий до ураження пухирчастою головною і до стеблового вилягання. Для отримання врожайності, близької до потенційної, необхідно дотримуватися високого рівня агротехніки. Качан конусно-циліндричної форми, довжиною 21-22 см, кількість рядів зерен 14. Вихід зерна 82%. Рекомендується для вирощування у Степу. Густота стояння на час збирання – 50-55 тис/га [21].

ДН Хортиця - простий середньоранній гібрид кукурудзи, в якому поєднується висока врожайність і низька збиральна вологість зерна. Однак цей вид погано витримує тривалий перестій і по-цьому він не придатний для збору в зимовий період часу. Також, на даному гібриді кукурудзи погано позначаються високі температури повітря, особливо в останні періоди дозрівання культури. У 2016 році гібрид був внесений до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні. Переваги гібрида: висока врожайність, стійкий до захворювань і навалом шкідників, витривалий до низьких температур, стійкий при полеганні, проте не витримує тривалий перестій, низька збиральна вологість. Добре реагує на покращення умов вирощування. Маса 1000 зерен 260-270 г. Потенційна урожайність зерна 13,0-13,5 т/га. Зони вирощування кукурудзи сорту - Степ, Лісостеп і Полісся України [22].

Фаталь - гібрид кукурудзи, який занесений до реєстру рослин України в 2015 році. Середньоранній, висота рослини середня, тип зерна -кременисто-зубовідне. Маса 1000 зерен 300-320 г. Потенційна урожайність зерна 130 ц/га. Зони вирощування кукурудзи сорту - Степ, Лісостеп і Полісся України [23].

Фієста (ФАО 260) – простий середньоранній гібрид кукурудзи. У 2017 році гібрид був внесений до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні. Рослина високоросла 240-250 см, не кущиться. Початок кріпиться на висоті 90-100 см. Початок довжиною 23-24 см, циліндричної форми, число рядів зерен 16, стрижень червоний. Вихід збіжжя 80-82%.

Зерно жовто-оранжеве, зубоподібне, округлої форми. Маса 1000 зерен 300-320 г.

Гібрид характеризується інтенсивною вологовіддачею зерном і добре реагує на покращення умов вирощування, має хорошу стійкість до вилягання та ураження головними хворобами та шкідниками. Відрізняється гарною стійкістю до посухи та спеки. Зона вирощування - Степ, Лісостеп, Полісся.

Передбачувана густина рослин в зоні Степу 50-55, Лісостепу 80-85, Полісся 85-90 тис. шт. /га. Середня врожайність зерна у 12 пунктах екологічного випробування у 2013 р. склала 9,00 т/га, у 2014 р. – 8,22 т/га при вологості зерна при збиранні 21,4 та 17,2% відповідно за роками. В екологічному випробуванні 2013 р. у 5 пунктах урожайність зерна гібриду становила понад 10 т/га. Максимальна врожайність зерна відзначена у 2014 р. – 12,24 т/га в Інституті землеробства НААН [23].

2.7 Технологія вирощування кукурудзи

Економічна ефективність вирощування зерна кукурудзи визначається, насамперед, його конкурентоспроможністю на світовому ринку: зерно повинне відповідати світовим стандартам якості і мати низьку собівартість вирощування. У всіх зонах виробництва кукурудзи в Україні таких показників домагаються при застосування технології, що базуються на принципах мінімалізації агротехнічних прийомів, енерго- та ресурсозбереження, екологічної безпеки [8].

Місце в сівозміні. Для кукурудзи вибір попередників відіграє вирішальне значення, в зв'язку з біологічною потребою гібридів у воді, поживних речовинах, а також регулюванням чисельності шкідливих організмів. Кукурудза потребує розміщення посівів після попередників, які не спричиняють пригнічення її рослин, унаслідок алелопатичного впливу рослинних і кореневих залишків, поліпшують водно-фізичні властивості ґрунту, зменшують забур'яненість посівів і тим самим забезпечують високий

урожай. Ступінь впливу попередників на продуктивність рослин визначається біологічними властивостями різних біотипів кукурудзи, агротехнікою їх вирощування, ґрунтово-кліматичною характеристикою зони.

Кращими попередниками для кукурудзи в Лісостепу є озима пшениця, зернобобові культури, картопля, а в районах достатнього зволоження - цукрові буряки. Негативно впливає на продуктивність кукурудзи розміщення її після соняшнику, тому що такі посіви відстають у рості й розвитку на п'ять-сім днів, сильніше уражуються хворобами та знижують урожай на 10–20%. На території України кукурудза в монокультурі не вирощується, а насиченість нею посівів у різних зонах коливається в межах 10–40 % і зрідка на зрошенні досягає 80%, з висівом її на одному й тому ж полі 3–4 роки [9, 18].

Обробіток ґрунту. Спосіб і строки підготовки ґрунту під кукурудзу обирають диференційовано, використовуючи одну з трьох технологій: класичну (традиційну), мінімальну або нульову (No-Till). Кукурудза добре реагує на поглиблення основного обробітку ґрунту, тому в першу чергу її розміщують на полях, де проведено обробіток ґрунту на глибину 25–27 см, або на 20–22 см обертовими плугами вітчизняного виробництва ППО–8–40, ППО–6–40, ППО–5–40 та ярусними плугами ПНЯ–4–40 і ПНЯ–4–42. Кращий ефект забезпечує чизельний обробіток ґрунту, при проведенні якого заощаджується 10–20% пального, експлуатаційні витрати знижуються майже вдвічі, енергомісткість – в 1,4 разу, а витрата праці – на 31%. Сучасні системи землеробства дають можливість виключити енергоємні операції, зокрема оранку, залишити на поверхні ґрунту більше рослинних решток, попередити ерозію ґрунту і економити паливо [9, 18].

Осіній обробіток ґрунту за мінімальною технологією починають з лущення стерні, яке проводять слідом за збиранням попередника, дисковими боронами, що дають можливість подрібнити рослинні рештки і заробити у ґрунт добрива. Проти багаторічних бур'янів можливе також застосування гербіцидів суцільної дії, використовуючи при цьому вітчизняні обприскувачі

ОПШ–2000, ОП–2000А. У районах поширення вітрової ерозії застосовують плоскорізний обробіток ґрунту, який включає розпушення ґрунту після збирання зернових культур голчастими боронами (БГ–3) на 5–6 см [9, 18].

Система удобрення. Відомо, що до 50 % приросту врожаїв сільськогосподарських культур одержують за рахунок внесення добрив. Для формування урожаю зерна кукурудза, крім фосфору та калію, потребує значної кількості кальцію і магнію (в межах 6–10 кг на 1 тону зерна). За інтенсивною технологією під кукурудзу використовують органічні та мінеральні добрива. У системі удобрення доцільно використовувати не тільки підстилковий напівперепрілий, але й рідкий гній, різноманітні компости з рослинних решток та органічних відходів, минулорічні запаси соломи, сидерати, а також приорювати стерню і солому. Органічні добрива вносять під оранку з розрахунку 30–40 т/га напівперепрілого гною, а рідкого – залежно від його хімічного складу, але не більше 200 кг/га азоту, або 80–100 т/га. У залежності від ґрунтово-кліматичних умов, норма внесення напівперепрілого гною під кукурудзу в зоні Лісостепу – 30–40 т/га [9, 18].

Сівба. Для посіву необхідно використовувати інкрустоване насіння, яке характеризується кращою схожістю та врожайністю, порівняно із звичайним. Інкрустація насіння проводиться разом з мікродобривами Реаком С. Кукурудзу сіють одночасно з передпосівним обробітком ґрунту. Від строків сівби і біологічних властивостей різних за стиглістю гібридів суттєво залежить урожайність і передзбиральна вологість зерна, що обумовлює рівень виробничих витрат усього технологічного циклу. Сівбу розпочинають, коли ґрунт на глибині 6–8 см прогріється до +10...+12 °С. В умовах Лісостепу і Полісся України, де обмежені теплові ресурси кукурудзу потрібно висівати при нижчих температурах, у більш ранні строки. У разі сівби в пізні строки врожай може бути меншим, унаслідок неповного використання ґрунтової вологи. Густота стояння визначається біологічними особливостями гібридів та ґрунтово-кліматичними зонами їх вирощування [2, 9].

Догляд за посівами. Створює сприятливі умови для одержання дружніх сходів кукурудзи, дає змогу утримувати посіви в чистому від бур'янів стані, а також зберегти вологу в посівному і орному шарі ґрунту.

Після посіву ґрунт слід прикатати кільчасто-шпоровими або гладкими котками в агрегаті з боронами, для поліпшення контакту насіння із ґрунтом, що особливо актуально в умовах дефіциту вологи. Від цього, в більшій мірі, залежить польова схожість насіння, своєчасність появи і вирівняність сходів.

Збирання врожаю. До збирання кукурудзи на зерно приступають, коли вологість зерна складає не більше 40 %. Збирання кукурудзи на зерно доцільно розпочинати наприкінці воскової стиглості і закінчувати не пізніше, ніж за 10–15 днів.

Зерно зберігають з урахуванням його вологості, призначення та тривалості зберігання. Під час зберігання кукурудзи вологість повинна бути: 15-16% - для зерна, призначеного для переробки на комбікорми; 14-15% - для виробництва продовольчих і технічних продуктів; 13-14% - при зберіганні до одного року; 12-13% - при тривалому зберіганні [2, 5, 8, 15].

Для вирощування високих і сталих урожаїв кукурудзи одночасно з технологічними процесами потрібно забезпечити захист її посівів від хвороб і шкідників, які можуть завдати значної шкоди, вплинути на показники продуктивності та якості насіння.

Серед хвороб кукурудзи найбільш шкочинними є летаюча сажка кукурудзи, фузаріоз та червона гніль качанів, нігроспороз, сіра гніль [6, 9].

Кореневі та стеблові гнилі, в основному з роду фузаріум, вже на перших стадіях розвитку рослин вражають коріння і нижню частину стебел. При цьому припиняється транспорт води, листя і стебла жовтіють, качани звисають, рослини вилягають. Ранньостиглі гібриди, як правило, уражаються сильніше, а гібриди ремонтантної типу - слабше. Збудники утворюють небезпечні мікотоксини - цеаралінони і тріхотецени, які при споживанні інфікованих зерен викликають у людини і тварин важкі захворювання.

Сіра гниль - захворювання розвивається на качанах, починаючи з періоду воскової стиглості і пізніше. На верхній частині уражених качанів з'являється густий, інколи плівкоподібний наліт грибниці брудно-білого чи сірого кольору. Розростаючись між рядами зерен, наліт часто вкриває увесь качан, надаючи йому сірого відтінку. Грибниця збудника хвороби пронизує також внутрішні обгортки качана.

Нігроспороз - уражуються репродуктивні качани і бруньки, рідше листові піхви та стебла. Хворі качани легкі, часто недорозвинені. Сильно уражений качан легко розламується і розщеплюється уздовж разом зі стрижнем. На качанах (стрижнях та зернівках) утворюються чорні купки спор гриба, помітні неозброєним оком у вигляді кромок чи переривчастих рядів. Ознаками хвороби при слабкому ураженні є розмочалювання основи стрижня та блідий колір зерен, розташованих в нижній частині качана. Зрідка уражуються також нижні недорозвинені качани, що знаходяться в листових піхвах, та самі піхви. Вони вкриваються чорними купками спор гриба і частково руйнуються. Спори округлі чи злегка еліпсоїдальні, 12-15 мкм у діаметрі, спочатку напівпрозорі, згодом - чорні, поодинокі.

На кукурудзі виявлено понад 400 видів шкідників. Найбільш поширені і небезпечні з них – озима та бавовняна совки, стебловий (кукурудзяний) метелик, злакові попелиці, шведська муха, дротяники [6, 9].

Кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Нв.). Більш високі температури при великій відносній вологості влітку і під час яйцекладки сприяють розмноженню цього шкідника. В останні роки вони все далі поширюються на північ. Метелик з червня по серпень відкладає яйця на нижню поверхню листя кукурудзи. Гусениці швидко проникають в стебла, пошкоджуючи їх і качани. Крім прямої шкоди вони викликають ще і ломку стебел, підвищену ураженість рослин стебловими гнилями (фузаріозами) і плесною. Так як гусениці зимують в стерні кукурудзи, в якості профілактики необхідно ретельно подрібнювати залишки рослин після

збирання з одночасною глибокою закладенням плугом при зяблевої оранці. Це до сих пір є найефективнішим способом боротьби з цим шкідником.

Дротяники особливо шкодять посівам кукурудзи в перші роки після переорювання сінокосів і пасовищ. Але вони можуть сильно шкодити і в інших місцях вирощування кукурудзи. Дротяники пошкоджують насіння або їх проростки ще до сходів. Нерідко вони пошкоджують стебла під землею, що веде до відмирання рослин. В якості профілактики проти цих шкідників можуть служити будь-які заходи, що сприяють швидкому росту рослин кукурудзи на початку вегетації.

Кукурудзяний жук діабротика є карантинним об'єктом. У 1992 році його вперше виявили в Югославії. Завдяки свої хорошим літальним здібностям цей жук швидко поширився на Угорщину і Хорватію, Боснію-Герцеговину, Болгарію, Словенію та Італію, Словаччину і в Україну. Винищити цього шкідника можна тільки при ранньому виявленні перших осередків.

Великої шкоди посівам цукрової кукурудзи наносять *ворони*. Вони викльовують молоді проростки. Якщо не захистити посіви культури в фазу сходів, то цей шкідник може повністю знищити молоді рослини. Для захисту посівів цукрової кукурудзи від ворон користуються різними засобами – встановлюють опудала, натягують білі нитки або магнітофонну стрічку. Відмінних результатів по захисту рослин від птахів можна добитися шляхом укриття посівів агроволокном [6, 9, 15].

3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ФАКТИЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур

При загальному рості урожайності кукурудзи коливання її з року в рік досить значні. Тому, щоби отримати плановані урожаї необхідне вивчити часову мінливість урожайності. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлена впливом значної кількості факторів, які поділяють на дві групи.

До першої групи входять такі фактори, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів від яких залежить різноманітний рівень культури землеробства. Це і досягнення генетики та селекції, технологія обробітку культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель.

До другої групи входять метеорологічні фактори, які об'єднуються і визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня. Урожайність у кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу природних факторів. Однак, при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеню впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова [11] про можливість розкладання тимчасового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну та випадкову.

Стаціонарна складова часового ряду визначає загальну тенденцію зміни урожайності в періоді, який розглядається. Вона визначає загальну тенденцію зміни урожайності за даний період і представляється плавною

лінією, яка отримана в результаті згладжування ряду, називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку.

Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства виявляє помітний вплив на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренду достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, який обумовлений певною культурою землеробства, економічними та природними особливостями даного району.

Для оцінки врожайності сільськогосподарських культур в різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонійних ваг [14].

В порівнянні з цими методами метод гармонійних ваг, запропонований в агрометеорології А.М. Польовим [14] має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних ваг полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

3.2 Дослідження динаміки урожайності зерна кукурудзи в Сумській області

За допомогою методу гармонійних ваг нами була визначена тенденція врожайності, досліджувалися ряди врожайності. Також були визначені

відхилення розрахункових значень тренду від фактичних, проведена оцінка правильності вибору виду тренда урожайності кукурудзи (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Оцінка випадковості відхилень урожайності від тренда

Рік	У, ц/га	У, ц/га згладжуваність	ε	$\varepsilon \downarrow$	Серії
1992	25,5	24,1	1,4	11,3	+
1993	30,0	24,5	5,9	9,5	+
1994	22,2	23,9	-1,7	8,2	-
1995	33,0	24,8	8,2	6,7	+
1996	29,0	25	4	6,2	+
1997	25,0	25,3	-0,3	5,9	-
1998	27,0	25,8	1,2	5,9	+
1999	22,0	26,4	-4,4	4	-
2000	31,0	27,5	3,5	3,5	+
2001	24,0	28,7	-4,7	3,1	-
2002	31,0	30,4	0,6	2,7	-
2003	31,5	32,4	-0,9	2,6	-
2004	33,0	34,7	-1,7	1,8	-
2005	43,1	37,2	5,9	1,4	+
2006	35,7	40	-4,3	1,2	-
2007	38,0	42,8	-4,8	0,6	-
2008	49,3	46,2	3,1	-0,3	+
2009	52,5	49,8	2,7	-0,9	+
2010	34,9	53,4	-18,5	-1,7	-
2011	64,4	57,7	6,7	-1,7	+
2012	57,5	64,9	-4,4	-2,3	-
2013	75,9	66,4	9,5	-3,9	+
2014	82,1	70,8	11,3	-4,3	+
2015	76,6	74,8	1,8	-4,4	+
2016	85,0	78,8	6,2	-4,4	+
2017	79,9	82,2	-2,3	-4,7	-
2018	88,3	85,7	2,6	-4,8	+
2019	81,5	88,4	-6,9	-6,9	-
2020	87,1	91	-3,9	-18,5	-
2021	72,8	92,3	-19,5	-19,5	-
$\varepsilon_{med} = 0,9$					

Для аналізу динаміки урожайності зерна кукурудзи в Сумській області були використані щорічні середньообласні дані по урожайності культури за період 1992 по 2021 роки, за даними Державної статистичної служби України [19, 25].

На рис. 3.1 представлена динаміка урожайності та лінія тренду. Плавна лінія характеризує тренд урожайності, а ламана лінія – щорічні коливання урожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

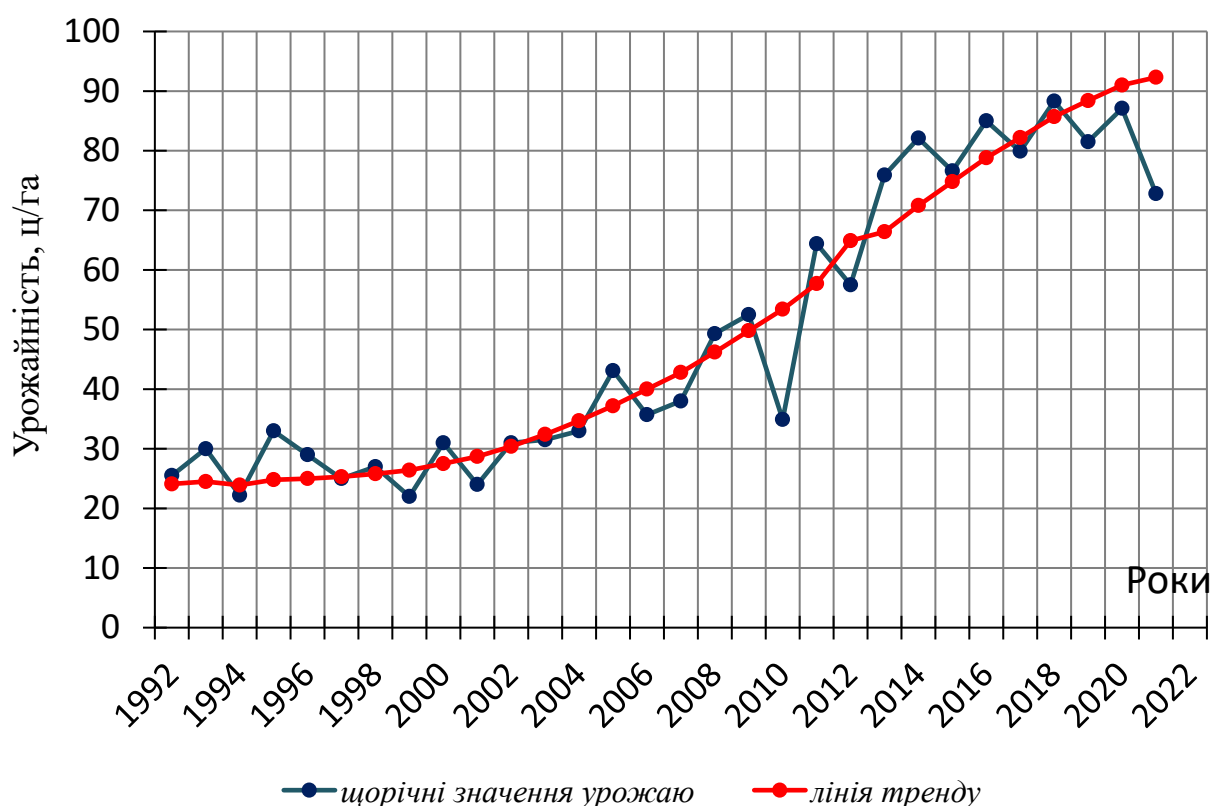


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності зерна кукурудзи та лінія тренду в Сумській області

Розглянемо як змінювалась урожайність на протязі досліджуваного періоду. Як видно з даних табл. 3.1 та рис. 3.1, на початку цього періоду урожайність зерна кукурудзи в Сумській області складала 25,5 ц/га. Наприкінці досліджуваного періоду урожайність зерна кукурудзи збільшився на 47,3 ц/га і склав 72,8 ц/га.

Аналізуючи данні табл. 3.1 та рис. 3.1 та можна бачити, що за тридцять досліджених років урожайність зерна кукурудзи в Сумській області під впливом погодних умов урожай значно варіював і коливалися від 2,0 ц/га (в 1999 р.) до 88,3 ц/га (в 2018 р.). Середня за роки дослідження урожайність зерна кукурудзи склала 49 ц/га.

За роки дослідження спостерігалися як маленькі урожаї зерна кукурудзи, так і досить високі урожаї. Наприклад, у 1994, 1999 та 2001 рр. були зібрані найменші урожаї – 22,2, 22 та 24 ц/га відповідно. Також ми бачимо, що за досліджуваний період спостерігаються і досить високі урожаї: 82,1 ц/га у 2014 р., 85 ц/га у 2016 р. та 87,1 ц/га у 2020 р. У 2018 році зібрано найбільший урожай зерна кукурудзи – 88,3 ц/га.

Для виявлення впливу погодних умов окремих років на формування урожаю кукурудзи розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (табл. 3.1 та рис. 3.2).

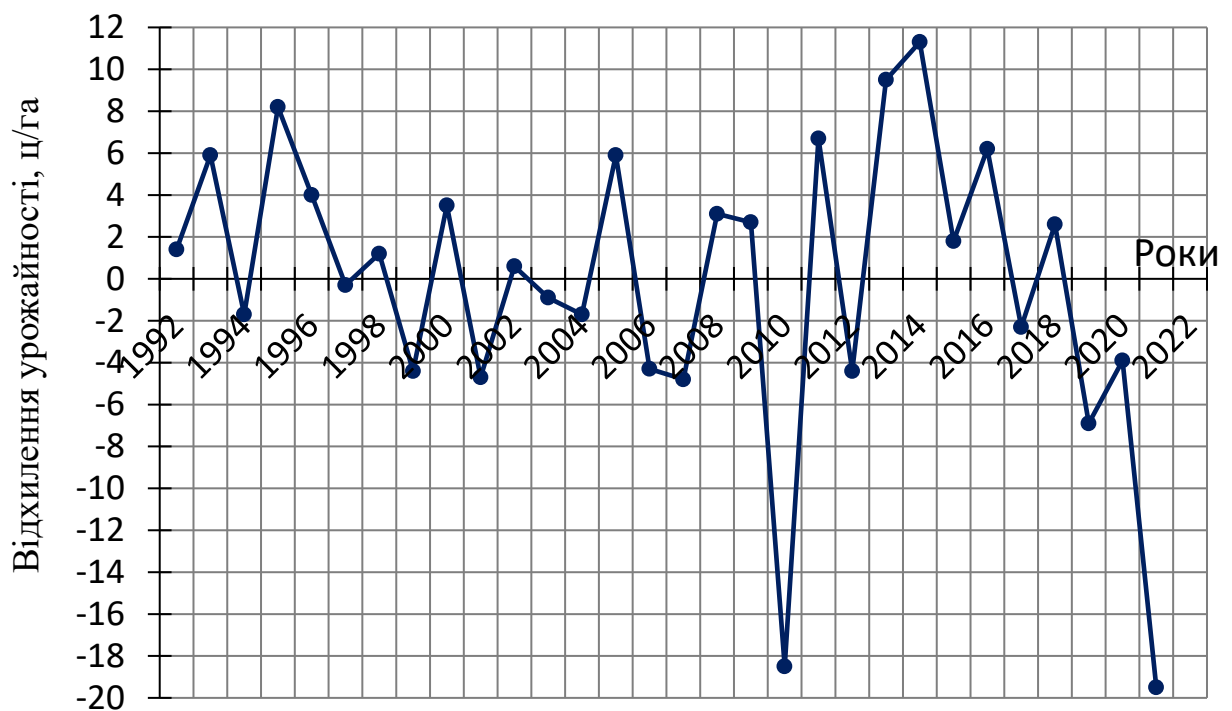


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності зерна кукурудзи від лінії тренду в Сумській області

За 30 років у 16 випадках спостерігались сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,6 до 11,3 ц/га. Як можна бачити з рис. 3.2, протягом 2014 рока спостерігалися найбільш сприятливі умови, приріст урожаю за рахунок погодних умов становив 11,3 ц/га.

В інші роки (у 14 випадках) погодні умови виявилися несприятливими. У 2 випадках із 14 спостерігались від'ємні відхилення, які були досить суттєвими і коливались від -18,5 до -19,5, це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом 2010 та 22021 роках відповідно. В останніх роках від'ємні відхилення коливались в межах -0,3 до -6,9 ц/га. Що свідчить про несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. Такі порівняно великі прирости та недобори урожаїв за рахунок погодних умов свідчать про те, що вони в Сумській області є досить нестабільними.

Також була проведена оцінка правильності вибору виду тренду (табл. 3.2). Для перевірки основної гіпотези (зміна випадкової величини ε_t не пов'язано зі зміною часу) ми скористалися критерієм серій, заснованих на медіані ε_{med} вибірки. Для того щоб вхідний ряд представляв випадкову вибірку, протяжність $[K_m(n)]$ найдовшої серії (послідовність плюсів чи мінусів, отриманих шляхом зіставлення кожного члена ряду з медіаною) не повинна бути занадто великою, а загальне число серій $v(n)$ – занадто маленьким. Вибірка визнається випадковою, якщо виконується наступна нерівність (для 5%-ного рівня значущості):

$$\left. \begin{array}{l} K_m(n) < [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) > \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1}) \right] \end{array} \right\}, \quad (3.1)$$

де $K_m(n)$ – протяжність самої довгої серії; $V(n)$ – загальна кількість серій для кожного регіону.

Щоб одержати ліві частини нерівностей (3.1) з відхилень від тренда $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, створюємо для кожного з даних економічних районів варіаційний ряд, $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$, де $\varepsilon^{(1)}$ - найменше зі всіх відхилень, а ε_{med} - медіана цього варіаційного ряду. Далі одержуємо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i -му місці ($i = 1, 2, \dots, n$) ставиться знак плюс, якщо i -е спостереження в початковому ряді перевершує медіану, і знак мінус, якщо воно менше за медіану. Якщо i -е спостереження рівне медіані, воно знижується. Потім підраховуємо протяжність найдовшої серії $K_m(n)$ і загальне число серій $\nu(n)$ для кожного економічного району.

Таблиця 3.2 - Оцінка правильності вибору тренду урожайності зерна кукурудзи в Сумській області

Область	$K_{max}(n)$	$\nu(n)$	$3,3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2} (n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
Сумська	4	18	8,2	10,2

Порівняння лівих і правих частин нерівностей (табл. 3.2) показує, що обидві нерівності справедливі. В результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів тимчасового ряду урожайності від тренду.

На основі аналізу часових рядів урожайності зерна кукурудзи в Сумській області за період 1992-2021 рр., була розрахована лінія тренда методом гармонійних ваг і проведена оцінка правильності вибору виду тренду.

4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УМОВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ В СУМСЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Концепція моделювання агроєкологічних категорій урожайності сільськогосподарських культур

Збільшення продуктивності сільськогосподарських культур нерозривно пов'язане з проблемою оцінки агрокліматичних ресурсів території і раціональним розміщенням посівів.

На основі концепції максимальної продуктивності Х.Г. Тоомінга [16] і результатів моделювання формування урожаю, одержаних в роботах А.М. Польового [12, 13], розроблена модель формування урожаю кукурудзи, призначеної для оцінки продуктивності клімату України. Для детальнішої оцінки агрокліматичних умов як крок моделі розглядався декадний період.

Під агроєкологічним рівнем потенційної урожайності розуміється величина урожаю, обумовлена приходом енергії фотосинтетично-активної радіації (ФАР) при оптимальному волого – температурному режимі, біологічними особливостями сільськогосподарської культури та родючістю ґрунту, на якому вона вирощується.

Модель формування агроєкологічного рівня потенційної урожайності сільськогосподарської культури має блокову структуру і містить шість блоків:

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації та волого-температурного режиму;
- блок функцій впливу фази розвитку рослини та метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;
- блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням;

- блок агроекологічних категорій урожайності;
- блок узагальнюючих оціночних характеристик.

Розглянемо детальніше ці блоки.

Блок вхідної інформації. Цей блок складається із даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить у собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони поділяються на дві групи:

Перша група – середньодекадна температура повітря, середня за декаду кількість годин сонячного сяйва, сума опадів за декаду, кількість днів у розрахунковій декаді.

Друга група – інформація про бал ґрунтового бонітету, вміст гумусу в ґрунті.

Не зупиняючись на допоміжних блоках, розглянемо розрахунок агроекологічних категорій урожайності.

Приріст потенційної урожайності за декаду ($\Delta ПУ/\Delta t$) визначається залежно від суми ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot dv^j}{q}, \quad (4.1)$$

де $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.; η – КПД посівів, відн. од.; $Q_{\text{фар}}$ – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см² доба; q – калорійність, кал/г; dv – кількість днів у розрахунковій декаді.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (4.2)$$

де $\frac{\Delta MMU}{\Delta t}$ – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; FTW_2 – узагальнена функція впливу вологотемпературного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од.

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (4.3)$$

де $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$ – приріст дійсно можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²; B_{nl} – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (4.4)$$

де $\frac{\Delta УВ}{\Delta t}$ – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м²; $k_{земл}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.; FWM_{ef} – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Різні агроекологічні категорії врожаю зерна при його стандартній 14 %-ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ^i_{зерна} = k_{дозр}^i ПУ \cdot K_{зосн}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (4.5)$$

де $ПУ^i_{зерна}$ – потенційний урожай зерна, який формується за i -ту фазу дозрівання зерна в волоті, ц/га; $K_{зосп.}^{ПУ}$ – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий $ММУ_{зерна..}$, дійсно можливий $ДМУ_{зерна}$ і урожай у виробництві $УВ_{зерна}$ зерна.

На основі розрахованих агроекологічних категорій урожайності визначаються комплексні оцінки ступеня сприятливості метеорологічних умов для розвитку культури і рівня використання агрокліматичних ресурсів.

4.2 Динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності зерна кукурудзи в Сумській області

За допомогою моделі, яка була розроблена на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [12, 13], нами була виконана оцінка агрокліматичних умов формування агроекологічних категорій урожайності кукурудзи в умовах Сумської області.

В якості вихідної інформації використовувалися середньообласний дані спостережень на мережі гідрометеорологічної та агрометеорологічної станції Сумської області [1].

При оптимальній забезпеченості вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальні урожаї фітомаси посівів кукурудзи, визначаються приходом за їх вегетаційний період фотосинтетичної активної радіації (ФАР), коефіцієнтом її використання і вмістом вуглекислого газу в атмосфері.

Перед нами ставилася задача дати оцінку приросту рівня потенційного урожаю зерна кукурудзи при різних значеннях коефіцієнта корисної дії

(ККД) в Сумській області. ККД посівів залежить від строків і густоти посіву, від кількості внесених мінеральних добрив, погодних умов і т.п. Потенційний урожай залежить не тільки від ходу потенційного ККД посіву, але і від інтенсивності ФАР.

Розглянемо як змінювалась динаміка приростів потенційного урожаю ($\Delta ПУ$) кукурудзи по декадам вегетації при різних значеннях ККД : при базовій величині ККД, при збільшення ККД на 10, 20 та 30 % (табл. 4.1 та рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Розподіл приросту рівня потенційного урожаю ($\Delta ПУ$) зерна кукурудзи при різних значеннях коефіцієнта корисної дії ККД, Сумська область

Декади вегетації	Сума ФАР за декаду, кДж/см ² дек	Приріст потенційного урожаю ($\Delta ПУ$) за різними значеннями ККД			
		Базова величина	10 %	20%	30 %
1	5,14	481,1	488,3	502,6	524,2
2	10,44	1015,4	1030,5	1060,8	1106,3
3	10,0	1019,1	1034,4	1064,8	1110,5
4	9,61	1032,4	1047,7	1078,6	1124,8
5	10,42	1167,6	1185,0	1219,8	1272,1
6	10,51	1223,8	1242,1	1278,6	1333,4
7	11,72	1406,3	1427,3	1469,3	1532,3
8	9,40	1146,5	1163,6	1197,8	12492,2
9	6,28	772,5	783,8	806,8	841,5

Аналізуючи результати табл. 4.1 видно, що надходження ФАР за вегетаційний період коливалось від 5,14 до 11,72 кДж/см²дек. На початок

вегетації сума ФАР складає 5,14 кДж/см²дек, поволі підвищується і досягає максимуму в сьому декаду вегетації і становить 11,72 кДж/см²дек, потім поступово зменшується і наприкінці вегетаційного періоду становить 6,28 кДж/см²дек.

Оскільки в умовах достатньої тепло та вологозабезпеченості потенційний урожай (ПУ) визначається надходженням сумарної радіації і її використання рослинами, розглянемо як змінювалась динаміка приростів потенційного урожаю сухої маси кукурудзи по декадам вегетації при різних значеннях ККД: базова величина, 10 %, 20 %, 30 % (табл. 4.1 та рис. 4.1).

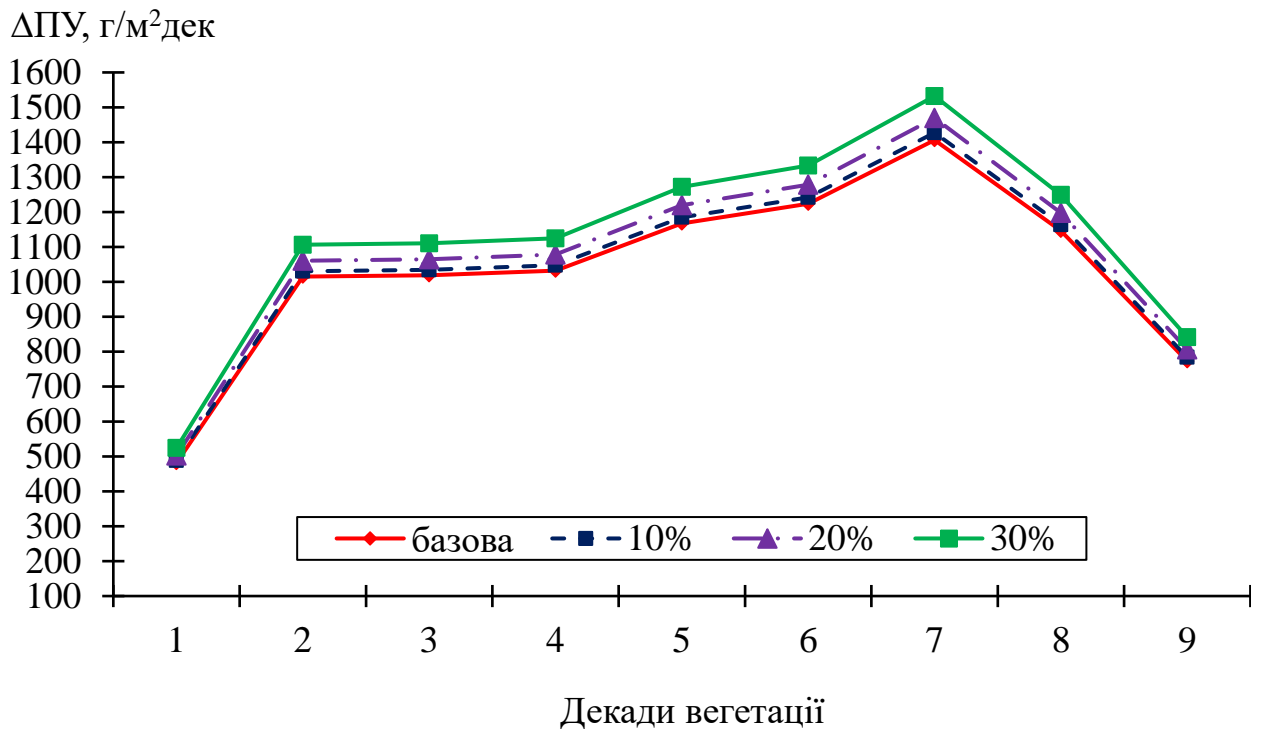


Рисунок 4.1 – Динаміка декадних приростів потенційного урожаю кукурудзи в Сумській області при різних значеннях ККД

Як видно із табл. 4.1 та рис. 4.1, у базовий період крива приростів потенційного урожаю (ДПУ) починається з 481,1 г/м²дек. З другої декади вегетації прирости сухої маси ПУ різко зростають і досягають

максимального значення 1406,3 г/м²дек у сьому декаду вегетації, потім поступово знижуються і в останню декаду вегетації становлять 772,5 г/м²дек.

При *ККД* використання сонячної радіації 10% потенційний урожай кукурудзи в Сумській області починається з відмітки 488,3 г/м²дек, потім поступово збільшується і у сьому декаду вегетації становить 1427,3 г/м²дек і в дев'яту декаду становить 783,8 г/м²дек.

При збільшенні *ККД* на 20 та 30 % спостерігається аналогічна картина. На початок першої декади *ПУ* починається з відмітки 502,6 та 524,2 г/м²дек відповідно, поступово підвищують у сьому декаду досягає максимального значення 1469,3 та 1532,3 г/м²дек відповідно. Після цього поступово знижується і наприкінці вегетації становить відповідно 806,8 та 841,5 г/м²дек.

В залежності від величини урожаю сухої маси рослин формується і різний урожай зерна кукурудзи. Так при *ККД* - за базою *ПУ* зерна становить 211,2 ц/га, при *ККД* = 10 % - 214,4 ц/га, при *ККД* = 20% - 220,7 ц/га, а при збільшення *ККД* до 30 % - урожай зерна зростає до 230,2 ц/га.

Як уже раніше зазначалося рівень *ПУ* лімітується фактором тепла і вологи. Ці два фактори визначають рівень наступної агроєкологічної категорії врожайності – метеорологічно-можливий урожай.

Розглянемо хід показників температури та вологи в продовж вегетації кукурудзи в Сумській області.

Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (*Topt*). Ця температура має нижню (*Topt1*) та верхню межу (*Topt2*).

Як видно із табл. 4.2 та рис. 4.2 різниця між нижньою (*Topt1*) та верхньою (*Topt2*) межами температурного оптимуму становить 3,8 °С.

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності кукурудзи в Сумській області

Декади вегетації	Сума ΦAP за декаду, кДж/см ² дек	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °С			Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Відносне вологозабезпечення, відн. од.	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа (T_{opt1})	верхня межа (T_{opt2})	середня (T_{opt})				$ПУ$	$ММУ$	$ДМУ$	$УВ$
1	5,14	15,0	18,8	15,4	15,7	17,1	0,92	481,1	460,2	263,2	169,2
2	10,44	16,2	19,6	17,3	34,7	39,0	0,89	1015,4	1009,8	555,4	357,0
3	10,0	17,1	20,4	18,3	27,7	34,1	0,81	1019,1	1010,2	557,5	358,4
4	9,61	17,9	21,1	18,0	23,5	29,2	0,80	1032,4	1028,4	564,7	363,0
5	10,42	18,7	21,8	19,6	31,6	39,0	0,81	1167,6	1138,4	638,6	410,5
6	10,51	19,3	22,4	20,8	30,5	39,0	0,78	1223,8	1187,8	669,4	430,3
7	11,72	19,9	22,6	20,2	31,1	42,9	0,72	1406,3	1375,2	769,2	494,5
8	9,40	18,0	21,0	19,8	25,9	39,0	0,66	1146,5	1128,5	627,1	403,2
9	6,28	17,5	20,3	19,0	13,3	20,5	0,65	772,5	750,4	410,4	263,8

Нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу цієї культури починається з температури 15,0 °С, поступово підвищується, досягає максимуму у сьому декаду вегетації – 19,9 °С і з восьмої декади поступово знижується до позначки 17,5 °С.

Верхня межа (T_{opt2}) на початку вегетації становить 18,8 °С, досягає максимальних значень 22,6 °С у сьому декаду, коли спостерігається максимальний приріст рослинної маси, і на кінець вегетації знижується до 20,3 °С.

Середня за декаду температура повітря коливалась від 15,4 до 20,8 °С. В першу декаду вегетації середня за декаду температура повітря становить 15,4 °С (рис. 4.2), далі плавно підіймається, досягає максимуму в шостої декаді вегетації – 20,8 °С і в останню декаду знижується до позначки 19,0 °С.

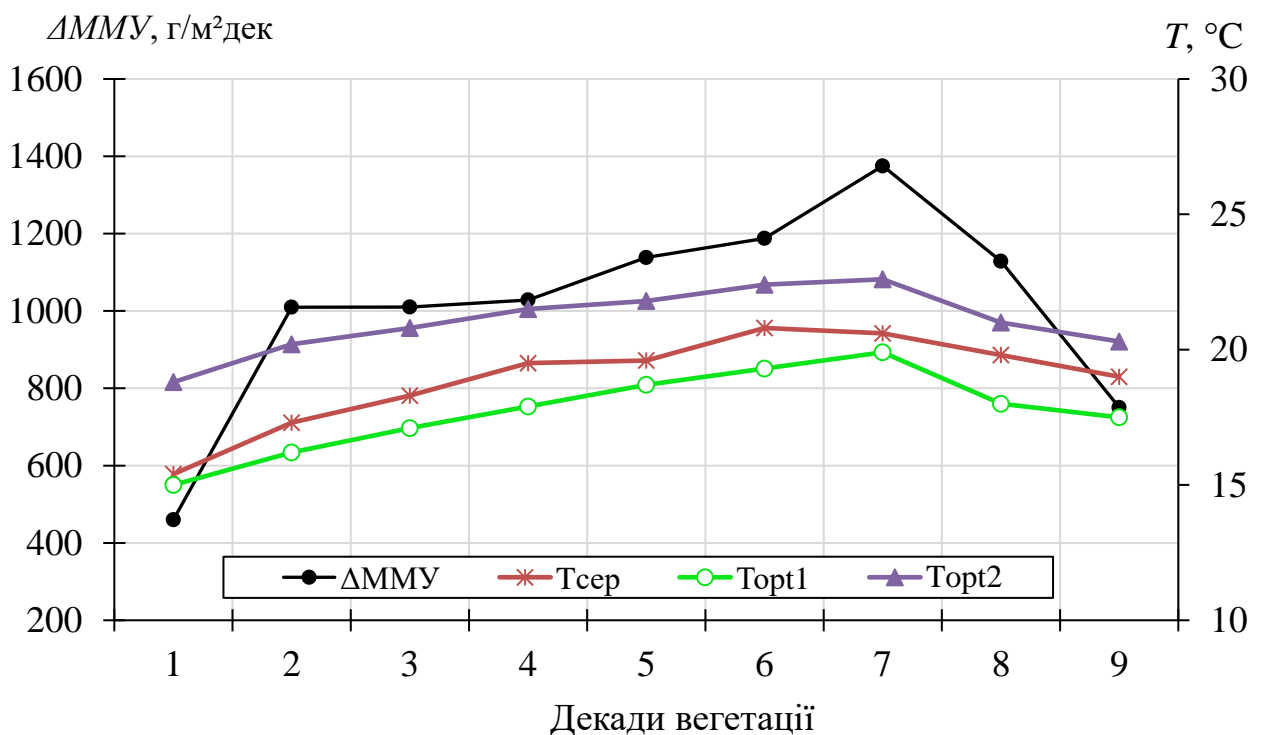


Рисунок 4.2 – Декадний хід приростів метеорологічно-можливого урожаю ($\Delta\text{ММУ}$) та характеристик температурного режиму кукурудзи в Сумській області

Метеорологічно-можливий урожай (ΔMMU) відображує комплексний вплив основних метеорологічних чинників і являє собою інтегральну характеристику агрометеорологічних ресурсів даної території. На початку вегетації приріст MMU (рис. 4.2) складає $460,2 \text{ г/м}^2$. Далі крива різко піднімається в наступній декаді вегетації до $1009,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$. У наступні періоди спостерігається її плавний ріст. Максимальне значення спостерігається в сьомій декаді вегетації, тобто III декаді липня (період 15-й лист-викидання волоті) і складає $1375,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Потім прирости MMU поступово знижуються і на кінець вегетації становить $750,4 \text{ г/м}^2 \text{ дек}$.

Кукурудза висуває підвищені вимоги до вологи, хоча і не однакові в усі періоди вегетації. Недолік же вологи за 10 днів до викидання волоті і через 20 днів після викидання волоті (критичний період) різко знижує врожай.

Декадний хід характеристик водного режиму посівів кукурудзи в Сумській області представлено на рис. 4.3 та в табл. 4.2.

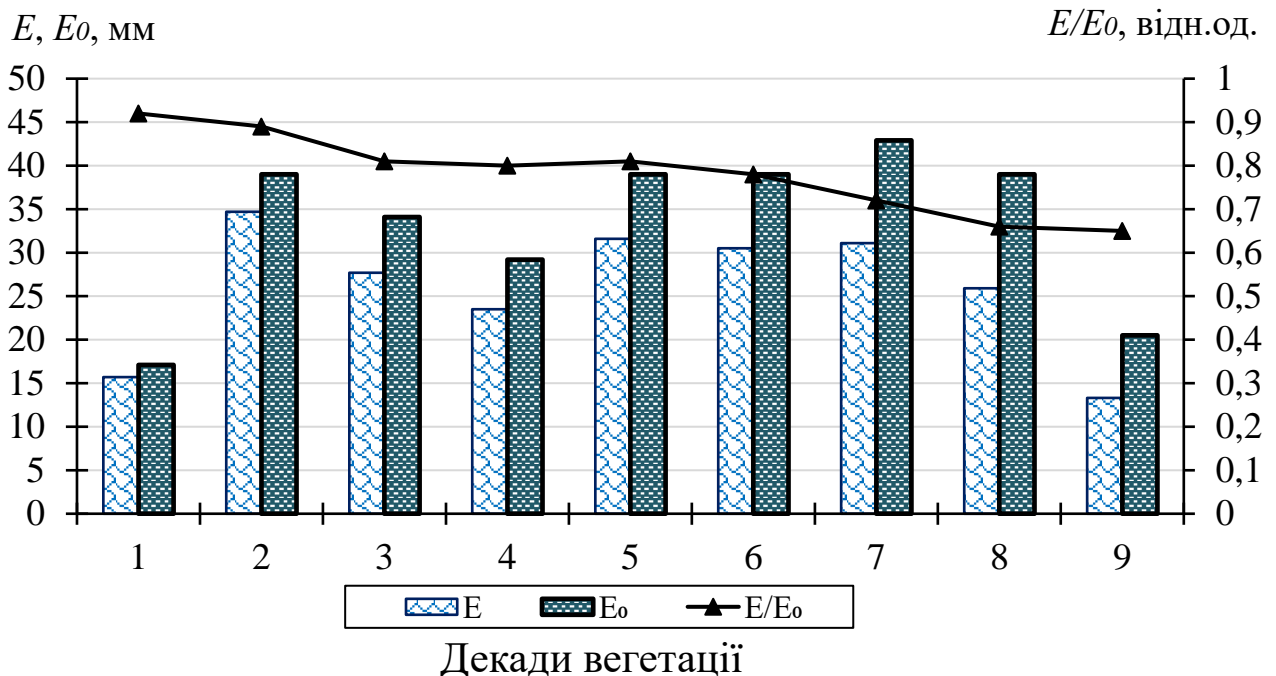


Рисунок 4.3 – Декадний хід характеристик водного режиму посівів кукурудзи в Сумській області: E – сумарне випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Як видно з рис. 4.3 на початку періоду вегетації сумарне випаровування (E) становить 15,7 мм (рис. 4.3 і табл. 4.2), потім у міру зростання температури повітря сумарне випаровування зростає до 34,7 мм у другій декаді вегетації. Потім повільно знижується і на кінець періоду відбувається різке зниження до позначки 13,3 мм.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетації кукурудзи складає 17,1 мм, в наступні декади рівень випарності підвищується та досягає максимуму в сьомій декаді – 42,9 мм. Далі починає зменшуватись і наприкінці періоду становить 20,5 мм.

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів. Якщо дослідити криву відношення E/E_0 (рис. 4.3), можна відмітити, що на початку вегетації вологозабезпеченість посівів становить 0,92 відн. од. В наступні декади воно поступово знижується, досягає найнижчих значень і на кінець вегетації становить 0,65 відн. од.

Хід динаміки приростів дійсно-можливого урожаю ($\Delta ДВУ$) та урожаю в виробництві ($\Delta УВ$) представлений на рис. 4.4.

У початковий період вегетації приріст $\Delta ДВУ$ починаються з позначки 263,2 г/м² дек, далі різко зростає і в сьомій декаді вегетації досягає позначки 769,2 г/м² дек. Після сьомої декади вегетації приріст поступово падає і в останню декаду вегетації становить 410,4 г/м² дек.

Крива приростів урожаїв у виробництві ($\Delta УВ$) починається з 169,2 г/м² дек (рис. 4.2). Після чого різко зростають у другій декаді вегетації і складають 357,0 г/м² дек. Найбільші значення приростів УВ спостерігається в сьомій декаді вегетації і досягають максимуму до позначки 494,5 г/м² дек. Потім поступово приріст падає і наприкінці вегетації приріст $УВ$ становить 263,8 г/м² дек. Хід кривої $\Delta УВ$ приблизно схожий з ходом кривої $\Delta ДМУ$.

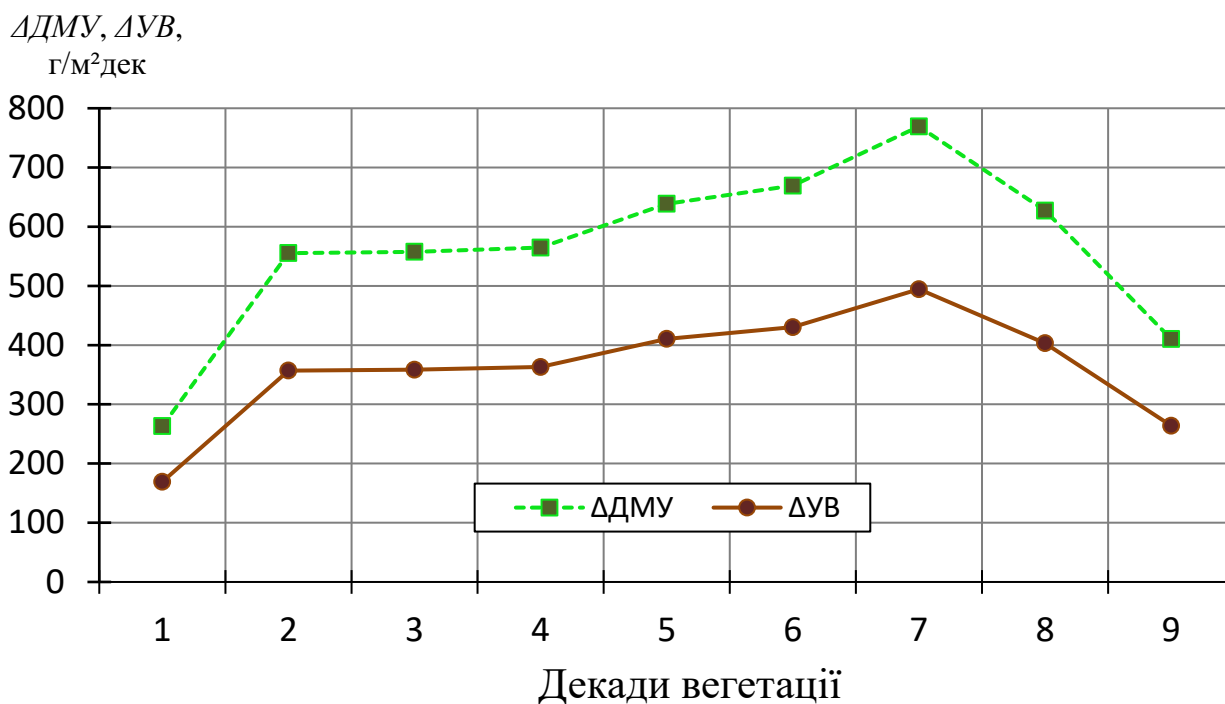


Рисунок 4.4 – Динаміка приростів дійсно-можливого урожаю ($\Delta ДМУ$) та урожаю в виробництві ($\Delta УВ$) кукурудзи в Сумській області

На підставі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик агрокліматичних умов вирощування та продуктивності кукурудзи в Сумській області, розраховані значення представлені в табл. 4.3.

Із табл. 4.3 видно, що сума ФАР за вегетаційний період кукурудзи в Сумській області становить 85 кДж/см², опадів за це період спостерігалось 199 мм.

Були розглянути загальні характеристики агрокліматичних умов вирощування кукурудзи. А саме: ступінь сприятливості метеорологічних умов (СВУ) вирощування кукурудзи характеризує співвідношення $ММУ$ і $ПУ$, який склав 0,99 відн.од.

Співвідношення $УВ$ і $ММУ$ дає можливість оцінити ефективність використання агрокліматичних ресурсів ($С_0$), який склав 0,35 відн.од.

Таблиця 4.3 - Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності кукурудзи в Сумській області

№	Загальні показники за період вегетації	Сумська область
1	Сума ФАР, кДж/см ²	85
2	Сума опадів, мм	199
3	Оцінка ступеня сприятливості метеорологічних умов, відн.од. (СВУ)	0,99
4	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.(Со)	0,35
5	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од. (Сd)	0,45
6	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од. (Са)	0,64
7	ПУ зерна, ц/га	211
8	ММУ зерна, ц/га	209
9	ДМУ зерна, ц/га	115
10	УВ зерна, ц/га	75

Співвідношення *УВ* до *ПУ* характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу (Сd) та становить 0,45 відн.од.

Співвідношення *УВ* і *ДМУ* в реальних умовах можна розглядати як показник умов використання агротехніки. Оцінка культури землеробства (Са) кукурудзи становить 0,64 відн. од.

Розраховані значення дозволили оцінити розподіл різних агроекологічних категорій зерна при його стандартної 14%-ній вологості. Як бачимо з табл. 4.3 потенційний урожай зерна кукурудзи склав 211 ц/га, метеорологічно-можливий урожай зерна кукурудзи – 209 ц/га, дійсно-можливий урожай зерна кукурудзи – 115 ц/га. Урожай зерна кукурудзи у виробництві склав 75 ц/га.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної кваліфікаційної роботи бакалавра можливо зробити наступні висновки:

1. Вивчені фізико-географічні та агрокліматичні умови території Сумської області.

2. Вивчені ботанічні та морфологічні особливості кукурудзи та її вимоги до умов навколишнього середовища. Наведена характеристика сучасних сортів та гібридів кукурудзи, які районовані в Україні та в Сумській області, зроблено огляд шкідників та хвороб, які найчастіше вражають посіви кукурудзи, а також досліджена технологія вирощування кукурудзи.

3. Аналіз динаміки урожайності зерна кукурудзи в Сумській області за період з 1992 по 2021 роки проводився за методом гармонійних вагів і проведена оцінка правильності вибору тренду урожайності зерна кукурудзи. Протягом періоду досліджень в Сумській області відбувалося суттєве зростання виробничої урожайності. Середня урожайність зерна кукурудзи за досліджуваний період склала 49 ц/га. Найменший урожай спостерігався в 1994 та 1999 роках – 22,2 - 22 ц/га відповідно, найбільший – 88,3 ц/га у 2018 році.

Аналіз відхилень від тренду показав, що найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи був 2014 рік, коли додатне відхилення від лінії тренду склало 11,3 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування кукурудзи виявилися 2010 та 2021 роки, саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 18,5 та 19,5 ц/га відповідно. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

4. Для оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно кукурудзи виконано оцінка агроекологічних рівнів урожайності кукурудзи для Сумської області.

Оскільки в умовах достатньої тепло та вологозабезпеченості потенційний врожай (*ПУ*) визначається надходженням сумарної радіації і її використання рослинами при різних значеннях коефіцієнта корисної дії (*ККД*) були розраховані значення *ПУ* при різних значеннях *ККД*: 10, 20 та 30%. Виявлено, що, максимальний приріст потенційного урожаю кукурудзи при *ККД* – 10 % спостерігається у сьому декаду вегетації і становить 1427,3 ц/га при сумі *ФАР* – 11,72 кДж/см²дек. При збільшені *ККД* на 20 та 30 % максимальний приріст потенційного урожаю становить 1469,3 та 1532,3 г/м²дек відповідно, при сумі *ФАР* – 11,72 кДж/см²дек.

В залежності від величини урожаю сухої маси рослин формується і різний урожай зерна кукурудзи. Так при *ККД* - за базою *ПУ* урожай зерна становить 211,2 ц/га, при *ККД* - 10 % - 214,4 ц/га, при *ККД* - 20% - 220,7 ц/га, а при збільшення *ККД* до 30 % - урожай зерна зросте до 230,2 ц/га.

5. Були розраховані показники вологозабезпеченості вегетаційного періоду кукурудзи (E_{ϕ}/E_0). З врахуванням показника вологозабезпеченості були розраховані прирости *ДМУ*. Максимальні прирости метеорологічно-можливого урожаю (*ΔММУ*) та дійсно-можливого (*ΔДМУ*) і спостерігаються в сьомій декаді вегетації та становили 1375,2 та 769,2 г/м²·дек відповідно. Максимальний приріст урожаю зерна кукурудзи у виробництві (*ΔУВ*) також спостерігається у сьомій декаді вегетації і складає 494,5 г/м²·дек.

6. На основі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик агрокліматичних умов вирощування і продуктивності кукурудзи в Сумській області.

Таким чином, підвищення рівня *УВ* та доведення його до *ДМУ* вимагає ретельного дотримання всіх способів агротехніки, виконання їх в повній відповідності агрометеорологічним умовам на конкретному полі. Наближення *ДМУ* до *ММУ* вимагає виконання робіт з підвищенням родючості ґрунту. Різниця між *ММУ* і *ПУ* компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також правильного вибору сортів. Підвищення

рівня *ПУ* забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів та гібридів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

Наприкінці роботи можна зробити висновок, що кліматичні умови Сумської області відповідають біологічним особливостям кукурудзи і при дотримання відповідних агротехнічних заходів можна отримати високі та стали урожаї зерна кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Сумській області: (1986 – 2005 рр). / М-во надзвичайних ситуацій України / за ред. З.П. Кравченко, Т.І. Адаменко. Кам'янець-Подільський, 2012. 182 с.
2. Дзюбецький Б.В., Черчель Н.В., Кирпа М.Я., Алдошин А.В., Сатарова Т.М., Черенков А.В., Ляшенко Н.О., Боденко Н.А. Насінництво кукурудзи: навчальний посібник. Київ: Аграрна наука, 2019. 200 с.
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2015 році. Департамент екології, природних ресурсів та паливно-енергетичного комплексу. Суми, 2016. 235 с.
4. Жемойда В.Л., Лещук Н.В., Таганцова М.М., Мамонова К.Г. Атлас морфологічних ознак кукурудзи (*Zea mays* L.) (додаток до Методики проведення експертизи гібридів кукурудзи на ВОС). Київ: Алефа, 2007р. 46 с.
5. Заїка С. П. Скоростигла кукурудза. Київ: Урожай, 1987 р. 208 с.
6. Захист кукурудзи від хвороб і шкідників. Кириченко В.В., Петренкова В.П. и др. Українська академія аграрних наук. Інститут рослинництва ім. Юр'єва В.Я. УААН. Центр генетичних ресурсів України. Посібник українського хлібороба. Науково-практичний збірник. 2008. 123 с.
7. Зінченко О. І. Кормовиробництво : навчальне видання. Київ: Вища освіта, 2005. 448 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур, 2-е видання, виправлене, Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
9. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Рослинництво : навчальний посібник. 1 частина. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.

10. Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. Технологія виробництва продукції рослинництва : навчальний посібник. Ч.2. Київ: Аграрна освіта, 2010. 405 с.
11. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. Москва: Госпланиздат, 1949. 318 с.
12. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
13. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. В сб. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. Вип. 48. С. 195-205.
14. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
15. Рослинництво : підручник / за ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591с.
16. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.
17. Чирков, Ю. И. Агроклиматические условия и продуктивность кукурузы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. 250 с.
18. Аспекти вирощування кукурудзи. [Електронний ресурс]: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/436-aspekty-vyroshchuvannia-kukurudzy.html> (дата звернення 27.05.2022 р.)
19. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. [Електронний ресурс]: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 25.05.2022 р.)
20. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. [Електронний ресурс]: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (дата звернення 27.05.2022 р.)

21. ДН Аджамка ФАО 320 – Кукурудза, ріст агро [Електронний ресурс]: <https://harvest-center.com.ua/ru/dn-adzhamka-fao-320-kukurudza-rost-agro-13277> (дата звернення: 27.05.2022 р.)
22. Гібрид кукурудзи ДН Хортица. [Електронний ресурс]: <https://agroexp.com.ua/kukuruza-dn-hortica-gibrid-opisanie-semena-kupit> (дата звернення 27.05.2022 р.).
23. Гібрид кукурудзи Фаталь. [Електронний ресурс]: <https://agroseeds.in.ua/p1496455267-gibrid-kukuruzy-fatal.html> (дата звернення 27.05.2022 р.).
24. Гібрид ДН Фієста (ФАО 260). [Електронний ресурс]: <https://agroekspert.com.ua/corn/serednorannja-grupa--fao-199-299-/dn-fiesta> (дата звернення 27.05.2022 р.).
25. Урожай онлайн 2018-2021 рр. [Електронний ресурс]: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2021> (дата звернення: 25.05.2022 р.)