

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти  
Кафедра агрометеорології та агроекології

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

на тему: Агроекологічна оцінка вирощування зрошуваної кукурудзи  
на Півдні України

Виконала студентка 3 року заочної форми  
навчання, групи АЕ-3 (інтегровані)  
Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія,  
охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування  
(Агроекологія)

(шифр і назва напрямку підготовки)

Бруштеля Рада Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник д.геогр.н., професор  
Польовий Анатолій Миколайович

Консультант \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Рецензент д.геогр.н., професор  
Лобода Наталія Степанівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти

Кафедра агрометеорології та агроекології

Рівень вищої освіти бакалавр

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування (Агроекологія)

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
агрометеорології та агроекології  
Польовий А.М.  
« 20 » квітня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Бруштелі Раді Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Агроекологічна оцінка вирощування зрошуваної кукурудзи на Півдні України

керівник роботи Польовий Анатолій Миколайович, д.геогр.н., професор,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 23 » березня 2020 року № 35 - С

2. Строк подання студентом роботи 1 червня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: Модель оцінки агрокліматичних ресурсів; Матеріали багаторічних спостережень гідрометеорологічних станцій Херсонської області; Фізико-географічний опис території дослідження; Характеристика біологічних особливостей культури кукурудзи; Характеристика сортів та гібридів кукурудзи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вивчити біологічні особливості культури кукурудзи; Вивчити базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів; Підготувати матеріали спостережень для виконання розрахунків за моделлю; оцінити агроекологічні умови формування урожаю кукурудзи; Виконати розрахунки та провести аналіз отриманих результатів

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

Кваліфікаційна робота містить 12 рисунків. З них – один рисунок блок-схема моделі, інші одинадцять – результати оцінки агроекологічних умов формування урожаю кукурудзи у вигляді декадної динаміки кількісних показників.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2020 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 бакалаврської кваліфікаційної роботи.	20.04.2020 р. - 25.04.2020 р.	<b>90</b>	<b>5 (відмінно)</b>
2.	Написання першого та другого розділів роботи.	26.04.2020 р.- 02.05.2020 р.	<b>90</b>	<b>5 (відмінно)</b>
3.	Підготування матеріалів спостережень для виконання розрахунків за моделлю та оформлення третього розділу роботи.	03.05.2020 р.- 10.05.2020 р.		
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>11.05.2020 р. 16.05.2020 р.</b>	<b>90</b>	<b>5 (відмінно)</b>
4.	Виконання розрахунків та проведення аналізу отриманих результатів. Написання четвертого розділу кваліфікаційної роботи та висновків.	17.05.2020 р.- 27.05.2020 р.	<b>90</b>	<b>5 (відмінно)</b>
5.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	28.05.2020 р. - 1.06.2020 р.	<b>90</b>	<b>5 (відмінно)</b>
6.	Презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	-	<b>90,0</b>	

Студентка \_\_\_\_\_ Бруштеля Р.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Польовий А.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Бруштеля Р.М.** Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Агроекологічна оцінка вирощування зрошуваної кукурудзи на Півдні України»

*Актуальність* – Кукурудза є однією з найбільш важливих сільськогосподарських культур. Вона використовується і як харчовий продукт, і як сировина для промисловості. Особливу цінність має кукурудза як кормова культура. У її урожаї немає відходів. Уся вегетативна маса рослини використовується на силос і зелений корм. У кормовій одиниці маси знаходиться до 9 % перетравного протеїну. Кукурудза належить до рослин, які мають високу фотосинтетичну активність. Добові прирости сухої речовини її надземної маси в окремі періоди досягають 500 кг/га. Зважаючи на це вона широко застосовується не лише в основних, але і в поживних посівах, що неможливе без ефективного агрометеорологічного забезпечення вирощування цієї культури.

*Метою роботи є* оцінка агроекологічних умов вирощування зрошуваної кукурудзи на Півдні України»

*Основні задачі:*

- оцінити агрокліматичні ресурси зрошуваної зони території України (радіаційні, теплові, вологозабезпечення, ґрунтові умови);
- вивчити біологічні особливості кукурудзи (потреба в світлі, вимоги до тепла, вологозабезпечення, мінерального живлення), характеристика сортів та гібридів;
- вивчити модель оцінки агрокліматичних ресурсів;
- провести розрахунки агроекологічних категорій урожайності;
- провести та оцінити рівні агроекологічних категорій урожайності кукурудзи у зв'язку з агрокліматичними ресурсами Херсонської області.

*Об'єкт дослідження.* Агроекологічні умови вирощування кукурудзи в Херсонській області.

*Предмет досліджень.* Вплив агроекологічних умов на формування урожайності кукурудзи на території Херсонської області.

*Методи дослідження.* Робота виконувалась з використанням апарату математичного моделювання формування урожайності кукурудзи.

Для виконання розрахунків були використані метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за кукурудзою на метеостанціях Херсонської області.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та списку посилань. Загальний обсяг роботи викладений на 82 сторінках, містить 20 таблиць та 11 рисунків. Список використаної літератури містить 21 найменування на 2 сторінках.

**Ключові слова:** моделювання, радіаційні ресурси, теплові ресурси, вологозабезпеченість, фотосинтетично активна радіація, кукурудза, урожайність, агроекологічні категорії урожайності, продуктивність.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....		6
Розділ 1	АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ ЗРОШУВАНОЇ ЗОНИ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	9
	1.1 Радіаційні ресурси.....	9
	1.2 Радіаційний режим та вологозабезпечення.....	14
	1.3 Теплові ресурси.....	16
	1.4 Ресурси вологозабезпечення.....	21
	1.5 Характеристика ґрунтових умов зрошуваних територій.....	24
Розділ 2	БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ.....	27
	2.1 Потреба рослин в сонячній радіації.....	28
	2.2 Вимоги до тепла.....	31
	2.3 Вимоги до вологозабезпечення.....	36
	2.4 Вимоги до режиму мінерального живлення.....	40
	2.5 Характеристика особливостей гібридів зрошуваної кукурудзи .....	42
Розділ 3	МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ПРИ ЗРОШЕННІ.....	44
	3.1 Сучасний стан моделювання формування урожаю кукурудзи.....	44
	3.2 Модель формування урожаю зрошуваної кукурудзи на території Півдня України.....	45
	3.2.1 Блок вхідної інформації.....	47
	3.2.2 Блок показників сонячної радіації та волого- температурного режиму.....	49
	3.2.3 Блок функцій впливу фази розвитку та агрометеорологічних факторів на продуційний процес рослин.....	50
	3.2.4 Блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням.....	53
	3.2.5 Блок агроекологічних категорій урожайності.....	55
	3.2.6 Блок узагальнених оціночних характеристик..	59
Розділ 4	АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	61
	4.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності у Нижньосірогозькому районі.....	61

	4.2.	Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності у Білозерському районі.....	66
	4.3	Комплексна оцінка агрокліматичних умов вегетації кукурудзи.....	72
	4.4	Мінливість величин агроекологічних категорій урожайності.....	76
ВИСНОВКИ.....			79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....			81

## ВСТУП

Основою подальшого розвитку сільського господарства, підвищення продуктивності усіх його галузей являється збільшення виробництва зерна. В Україні основна роль у виробництві зерна належить пшениці і кукурудзі.

Кукурудза є однією з найбільш важливих сільськогосподарських культур. Вона використовується і як харчовий продукт, і як сировина для промисловості. Особливу цінність має кукурудза як кормова культура. У її урожаї немає відходів. Уся вегетативна маса рослини використовується на силос і зелений корм. У кормовій одиниці маси знаходиться до 9 % перетравного протеїну. Кукурудза належить до рослин, які мають високу фотосинтетичну активність. Добові прирости сухої речовини її надземної маси в окремі періоди досягають 500 кг/га. Зважаючи на це вона широко застосовується не лише в основних, але і в пожнивних посівах.

Вирощування кукурудзи дозволяє вирішувати відразу декілька завдань: поповнення ресурсів зерна, отримання хорошого силосу, забезпечення тваринництва зеленим кормом в системі зеленого конвеєра. Подальше збільшення урожайності кукурудзи може бути забезпечене вдосконаленням сортового складу та технології вирощування, розширенням і високоефективним використанням посівних площ в умовах зрошування. Вирішення цих завдань неможливе без ефективного агрометеорологічного забезпечення вирощування цієї культури.

В Україні площа поливних земель складає близько 3 млн. га. Продуктивність зрошуваних земель в 3,3 разу вище незрошуваних.

Кукурудза, яка вирощується на силос і зелений корм, має велику чутливість до зрошування. Приріст урожайності кукурудзи на зерно складає 54 %. Звідси витікає, що зрошуваним землям, а серед зрошуваних культур - кукурудзі повинна належати особлива роль в забезпеченні тваринництва кормом. Основні площі до 92 % зрошуваних посівів кукурудзи в Україні

зосереджені в степовій зоні. Питома вага кукурудзи в загальному об'ємі зерна з поливних земель збільшилася і складає близько 23,3 %. Відзначається стійка тенденція до зростання урожайності, що свідчить про ще не використані потенційні можливості зрошувального землеробства.

На тлі поступового підвищення урожайності кукурудзи мають місце її коливання під впливом погодних умов. Коефіцієнти варіації урожайності по областях, в яких тренд рівний або близький до нуля, складають 18-30 %. Це свідчить про дуже істотний вклад гідрометеорологічних чинників у формування урожаю зрошуваної кукурудзи. В зв'язку з цим, великого значення набувають дослідження ролі окремих чинників, виявлення закономірностей впливу їх комплексу та розробка на цій основі способів обліку впливу погодних умов на урожай. Вирішення цих питань допоможе удосконалити технологію вирощування, уточнювати її відповідно до особливостей гідрометеорологічного режиму, отримувати найбільші урожаї при поєднанні погодних чинників, що склалося.

Агromетеорологічне обслуговування повинне вирішувати питання, які мають дієвий вплив на процес формування урожаїв сільськогосподарських культур способом:

- регулярної оцінки агromетеорологічних умов формування урожаю сільськогосподарських культур, що склалися;
- розрахунку продуктивності та урожайності;
- розрахунку витрат води на сумарне водоспоживання і запасів продуктивної вологи у ґрунті під зрошуваними культурами;
- складання на основі кількісного аналізу агromетеорологічних умов, що склалися і очікуваних, обґрунтованих рекомендацій, спрямованих на оптимізацію умов росту (оптимальні терміни сівби і збирання, структуру посівів, оптимальні відповідно до гідрометеорологічного режиму дози мінеральних добрив, терміни і норми поливів та ін.).



В зв'язку з цим є актуальним вивчення впливу чинників навколишнього середовища (сонячної радіації, тепло- і вологозабезпеченості, мінерального ґрунтового живлення) на формування урожаю зрошуваної кукурудзи.

Перед нами стояло завдання оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування урожайності різних по скоростиглості сортів та гібридів зрошуваної кукурудзи в умовах Херсонської області. Як теоретична основа використана концепція Х.Г. Тоомінга про максимальну продуктивність посівів і розроблена А.М. Польовим модель формування урожаю. Для виконання дипломної кваліфікаційної роботи використані багаторічні матеріали агрометеорологічних спостережень за посівами зрошуваної кукурудзи в умовах Херсонської області.

## Розділ 1

# АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ ЗРОШУВАНОЇ ЗОНИ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Завдання отримання високих і стабільних урожаїв зводиться до зміни умов навколишнього середовища за допомогою меліорації клімату і ґрунтів, спрямованому на задоволення потреб рослин. Для вирішення такого завдання потрібні відомості, як про ці потреби, так і про агрокліматичні ресурси території. Останні є комплексом даних про забезпеченість території сонячною радіацією, ресурсами теплоти і вологи, родючістю ґрунтів. Дослідженню забезпеченості фотосинтетичної діяльності с.-г. рослин кліматичними ресурсами приділяється велика увага. Порівнюючи дані про реальні рівні агрокліматичних чинників з потребами рослин, можна встановити чинники, які лімітують отримання високих урожаїв с.- х. культур [1, 2, 7, 10].

Головним чинником, що гальмує розвиток рослин у південних областях України, являється нестача вологи. У зв'язку з цим в цих районах широке поширення отримало зрошування. Основна площа зрошуваних земель (понад 80 % зрошуваного клину) зосереджена в степовій зоні України (АР Крим, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська і Дніпропетровська області). Цю частину території України прийнято називати зоною зрошування. У зоні зрошування знаходяться основні площі вирощування кукурудзи. Нижче наводиться коротка характеристика агрокліматичних ресурсів цієї зони.

### 1.1 Радіаційні ресурси

Сонячна радіація є основним джерелом енергії для формування урожаю сільськогосподарських рослин. Відомості про інтегральну радіацію (ІР) можна

отримати на основі актинометричних спостережень мережі метеорологічних станцій Українського гідрометеорологічного центру (Укр ГМЦ).

У табл. 1.1 наведено річний хід добових значень сумарної інтегральної радіації ( $\Sigma_c Q$ ), отриманий за даними багаторічних вимірів в пунктах, розташованих в зоні зрошування. Наведені дані ілюструють особливості річного ходу  $\Sigma_c Q$ . Певний інтерес для вирішення завдання моделювання динаміки наростання рослинної маси представляють дані про максимально можливі в реальних умовах значення  $\Sigma_c Q$ . Для розвитку рослин основне значення мають дані про радіаційний режим протягом вегетаційного періоду.

Таблиця 1.1 – Річний хід максимальних, мінімальних і середньодобових величин сумарної радіації, їх середньоквадратичне відхилення  $\sigma_Q$ , коефіцієнт варіації  $C_v$  та тривалість сонячного сьйва (ТСС) в зоні зрошення України

Характеристика	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	А с к а н і я - Н о в а											
$Q_{\max}$	11,6	18,0	27,6	30,9	34,4	35,6	35,3	30,8	23,6	17,7	11,1	8,1
$Q_{\min}$	0,3	0,9	1,2	1,6	2,8	2,3	1,8	2,3	1,7	1,1	0,3	0,4
$Q_{\text{ср}}$	6,0	9,5	14,4	18,4	18,6	19,0	18,5	16,5	12,7	9,4	5,7	4,2
$\sigma_Q$	2,4	4,0	5,3	6,4	6,8	6,3	5,7	5,5	4,7	3,8	2,5	1,8
$C_v$	40	42	37	35	36	33	31	33	37	40	44	42
ТСС, год.	59	88	144	225	280	308	349	321	247	173	74	52
ПСС, %	25	33	42	55	64	71	78	79	72	54	29	22
	О д е с а											
$Q_{\max}$	9,2	14,3	23,0	28,0	29,8	31,7	30,8	27,6	22,3	16,7	10,1	8,2
$Q_{\min}$	0,2	0,3	0,7	1,0	1,8	2,3	1,6	0,7	0,8	0,4	0,3	0,2
$Q_{\text{ср}}$	4,7	7,3	11,8	14,4	15,8	16,9	16,1	14,2	11,6	8,6	5,2	4,2
$\sigma_Q$	2,2	3,3	5,0	6,1	6,6	6,0	5,2	4,8	4,6	3,8	2,5	1,8
$C_v$	47	45	42	42	42	36	32	34	40	44	48	43
ТСС, год.	70	80	143	208	277	305	349	322	250	175	69	60
ТСС, %	28	30	43	56	65	69	78	79	73	56	27	25

За потенційний вегетаційний період (ВП) береться проміжок часу, рівний кількості днів між датами стійкого переходу позитивної середньої

добової температури через порогове значення, вище якого сільськогосподарські рослини активно розвиваються. Для багатьох вирощуваних в нашій країні культур (головним чином зернових) температура  $T_{ВП}$  прийнята рівною 5 °С. Для теплолюбних культур, у тому числі і для кукурудзи, вказаний температурний рівень складає близько 10 °С, тому він взятий за основу при визначенні потенційно можливої тривалості вегетаційного періоду. Тривалість ВП істотним чином залежить від широти місця, збільшуючись з півночі на південь (табл. 1.2). У північній частині зрошуваної зони він триває 160-170 днів: з третьої декади квітня до першої декади жовтня; у південній частині і в степовому Криму тривалість ВП зростає до 180-190 днів.

Таблиця 1.2 – Тривалість вегетаційного періоду при  $T_{ВП} > 10^{\circ}\text{C}$ , прихід ФАР і суми температур повітря вище 5, 10, 15 °С за вегетаційний період та енергетичний резерв  $R_{\phi}$  території після збирання культур

Станція	ВП, дні	$\Sigma_{\text{в}}Q_{\text{ф}}$ при різних $T_{\text{ВП}}$			$\Sigma T$ вище			$R_{\phi}$
		5 °С	10 °С	15 °С	5 °С	10 °С	15 С	
Київ	161	1715	1475	1149	2970	2655	2050	677
Хмельницький	154	1710	1470	1146	2810	2460	1795	679
Вінниця	158	1712	1472	1148	2825	2505	1755	665
Полтава	163	1717	1478	1151	3100	2810	2265	700
Харків	160	1718	1478	1151	3070	2775	2225	690
Черкаси	159	1760	1515	1179	3040	2710	2200	700
Луганськ	168	1802	1550	1207	3365	3185	2570	736
Кіровоград	163	1844	1585	1235	3240	2915	2335	783
Дніпро	170	1844	1585	1235	3300	3220	2495	779
Донецьк	167	1810	1557	1210	3230	3015	2415	758
Запоріжжя	175	1927	1658	1291	3540	3355	2730	780
Херсон	181	2053	1765	1375	3685	3425	2830	1010
Миколаїв	183	2070	1780	1390	3710	3410	2865	1020
Одеса	180	2056	1767	1376	3585	3355	2670	1022
Сімферополь	186	2179	1875	1460	3635	3305	2700	1170

Найбільш простим показником енергетичної забезпеченості території та її світлового режиму є тривалість сонячного сьйва (ТСС), дані про річний хід якого наведені також в табл. 1.1. Для наших цілей найбільший інтерес

представляють зведення про кількість годин сонячного сяйва протягом вегетаційного періоду. В межах зони зрошування ТСС за вегетаційний період міняється від 1580 год. (Сінельнікове) до 1650 год. (Знам'янка) на півночі зони і до 1950-2050 год. в степовому Криму. Максимум ТСС за вегетаційний період спостерігається на євпаторійському узбережжі АР Крим – до 2150 год.

При оцінці енергетичних ресурсів території для рослинного світу найбільший інтерес представляють дані про фотосинтетично активну радіацію (ФАР). Ця радіація на мережі станцій не вимірюється. Її значення можуть бути визначені опосередковано по інтегральній радіації шляхом перерахунку останньої. Суми ФАР за період вегетації  $\sum_B Q_\Phi$  визначені з урахуванням її початку й кінця в кожному пункті України.

У табл. 1.2 наведені дані  $\sum_B Q_\Phi$  в деяких обласних центрах України. Розподіл  $\sum_B Q_\Phi$  по території України близько до широтного. Зміна значень ФАР в межах зони зрошування досить істотна від 1800 до 2200 МДж/(м<sup>2</sup>період) і складає 20 % середнього значення. Найбільші значення  $\sum_B Q_\Phi$  мають на південному березі Криму (Ялта) – 2430 МДж/(м<sup>2</sup>період). В теплий період року основною причиною просторової мінливості  $\sum Q$ , а також і  $\sum_B Q_\Phi$  являються особливості режиму хмарності та рельєфу. Порушення широтності в розподілі  $\sum_B Q_\Phi$  у східних районах України пояснюється особливостями хмарного режиму в районі Донецького Кряжа і специфікою промислового виробництва.

Наведені в табл. 1.2 значення  $\sum_B Q_\Phi$  це є енергетичні ресурси для більшості сільськогосподарських культур, що вирощуються в Україні, в тому числі й кукурудзи.

Важливим резервом підвищення ефективності використання поливних земель є повторні та пожнивні посіви. Серед пожнивних культур значна роль належить кукурудзі. У таких посівах її вирощують на зелений корм та силос. В зв'язку з цим при оцінці агрокліматичних ресурсів зони зрошування великий інтерес мають дані про енергетичний резерв  $R_\Phi$  визначуваному як різниця

$$R_{\phi} = \sum_B Q_{\phi} - P_{oz}, \quad (1.1)$$

де  $P_{oz}$  – енергетична потреба озимих культур або ранніх ярих у весняно-літній період вегетації.

У прямій залежності від розмірів енергетичного резерву знаходяться як господарська мета вирощування пожнивної культури, так і її потенційно можлива продуктивність. У табл. 1.2 значення  $R_{\phi}$  наведені для обласних центрів. З даних виходить, що по території України енергетичний резерв міняється більш ніж в 3 рази: від 410 МДж/м<sup>2</sup> в Карпатах до 1400 МДж/м<sup>2</sup> на південному березі Криму. На більшій частині території, де вирощується озима пшениця,  $R_{\phi}$  міняється в 2 рази: від 550 МДж/м<sup>2</sup> в Чернігівській області до 1100 МДж/м<sup>2</sup> в степовому Криму. Порівняння цих даних з енергетичною потребою гібридів кукурудзи різних груп стиглості показує, що в північній частині зони зрошування (Кіровоградська, південь Полтавської і Луганська області) енергетичний резерв складає 720-820 МДж/м<sup>2</sup>, що досить для вирощування в пожнивних посівах ультра ранніх гібридів кукурудзи на силос, а середньостиглих – на зелений корм.

У центральній частині зони зрошування  $R_{\phi}$  зростає до 820-950 МДж/м<sup>2</sup>. Це не лише підвищує потенційні можливості цього району, але і дозволяє включити в пожнивні посіви пізні сорти кукурудзи для вирощування на зелений корм.

Найбільший енергетичний резерв мають райони південного Степу і особливо північної частини Криму (960 – 1150 МДж/м<sup>2</sup>), де розташовані такі потужні зрошувальні системи, як Каховська, Інгулецька, Північно-кримський канал. Достаток сонячного світла і тепла дозволяє тут вирощувати в пожнивних посівах ранні гібриди на зерно, середньостиглих – на силос і пізньостиглі – на зелений корм.

Таким чином, дані про енергетичний резерв в зоні зрошування України та енергетичні потреби сільськогосподарських культур дозволяють провести

агрокліматичне районування поживних культур з урахуванням господарської спрямованості їхнього вирощування на зелений корм, сінаж, силос, зерно.

## 1.2 Радіаційний режим та вологозабезпечення

Енергетична забезпеченість території знаходиться в тісному зв'язку з кліматичними умовами. Вплив хмарності, прозорості атмосфери, властивостей підстильної поверхні на радіаційний режим території України досліджено досить детально. Для вирішення завдань зрошувального землеробства значний інтерес представляє встановлення зв'язку радіаційного режиму з умовами вологозабезпеченості, особливо з посушливими явищами. При цьому велике значення набуває з'ясування питання можливого посилення ефекту посушливості за рахунок радіаційних чинників.

При вирішенні цієї задачі важливим є вибір критерію або показника, який характеризує умови вологозабезпеченості. Для рослин таким показником є запаси продуктивної вологи у ґрунті. Проте через недоліки методики їх визначення і недостатнього об'єму даних по усіх культурах, зокрема по кукурудзі, цей показник використовувати для оцінки міри посушливості скрутно. Тому для цієї мети застосовуються інші параметри, тісно пов'язані з вологозапасами ґрунту, але на відміну від них надійніше визначені для великих територій.

Одним з найпростіших показників є показник, заснований на реальній кількості опадів  $X$ . Часто для цієї мети використовується відхилення реальної кількості опадів  $X$  від норми  $X_n$ . По В.І. Важову [5], слабкі посухи мають місце при  $X < 0,7X_n$ , середні при  $0,51 < X < 0,75X_n$ , а сильні – при  $X < 0,5X_n$ . А.І. Руденко [16] наводить близькі цим величинам значення  $X$ .

Аналогічний підхід використаний в [7] для оцінки зв'язку радіаційного режиму з умовами вологозабезпеченості. Весь діапазон цих умов залежно від міри зволоження розділений на 5 частин, які визначають наступними індексами:

- 1 – дуже волого ( $X \geq 1,6X_H$ );
- 2 – волого ( $1,2 < X < 1,6X_H$ );
- 3 – середні умови зволоження ( $1,2 > X \geq 0,8X_H$ );
- 4 – сухо ( $0,8 > X > 0,4X_H$ );
- 5 – дуже сухо ( $X < 0,4X_H$ ).

При цьому істотним є визначення норми опадів  $X_H$ . За норму були вибрані опади, які відображали середнє водоспоживання досліджуваної культури. Водоспоживання кукурудзи в середній по вологозабезпеченості рік складає близько 460 мм. Якщо врахувати, що на момент сівби кукурудзи вологозапаси метрового шару ґрунту в зоні достатнього зволоження (Вінниця, Фастів, Київ і т. д.) складають 160-180 мм, то для забезпечення вологою кукурудзи за період її вегетації (з початку травня по 1-2 декади вересня) повинно випасти 290-300 мм опадів. Цій умові приблизно задовольняють суми опадів в Києві (табл. 1.3). Вони й були взяті за умовну норму опадів при визначенні індексів зволоження на території України.

Таблиця 1.3 – Середні багаторічні місячні суми опадів, мм за теплий період року

Станція	Місяць							Σ за IV-X	Σ за V-IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Ковель	36	49	80	81	79	45	38	408	334
Київ	42	53	68	70	62	43	41	379	296
Нова Ушиця	41	60	78	79	65	46	36	405	328
Полтава	34	45	66	65	54	32	42	338	262
Велико-Анадоль	32	48	62	46	38	25	29	280	219
Болград	41	48	58	58	47	29	40	321	240
Асканія-Нова	24	39	44	50	31	24	30	242	218
Одеса	26	34	47	35	31	28	35	236	175

У табл. 1.4 наведені градації місячних сум опадів, які використовувалися як індекси вологозабезпеченості.



Таблиця 1.4 – Показники умов вологозабезпеченості

Оцінка зволоження	Індекс зволоження	Місячні суми опадів, мм						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Дуже волого	1	>60	>83	>107	>111	>98	>67	>64
Волого	2	50-60	63-83	81-107	84-111	74-98	51-67	49-64
Середньо-волого	3	34-49	42-62	54-80	56-83	49-73	38-66	32-48
Сухо	4	17-33	21-41	27-53	28-55	25-48	17-37	16-31
Дуже сухо	5	<17	<21	<27	<28	<25	<17	<16

У табл. 1.5 наведена повторюваність різних умов вологозабезпеченості на тих станціях за період актинометричних спостережень.

Таблиця 1.5 – Повторюваність (%) різних умов зволоження

Станція	Період	Індекс зволоження				
		1	2	3	4	5
Ковель	1965-1975 рр.	15	24	34	20	7
Київ	1953-1975 рр.	29	14	28	14	14
Нова Ушиця	1966-197 рр.	26	15	28	29	2
Полтава	1964-1975 рр.	6	12	25	37	20
Асканія-Нова	1963-1975 рр.	1	6	18	37	37
Одеса	1959-1975 рр.	4	8	18	26	44
Болград	1963-1975 рр.	11	14	28	28	19
Велико-Анадоль	1965-1975 рр.	12	13	22	32	21

З даних таблиць видно, що в зоні зрошування повторюваність посушливих умов складає 53-74 %, що підтверджує необхідність зрошування.

### 1.3 Теплові ресурси

Термічний режим і теплові ресурси України та її окремих зон нині досліджені досить детально. Вони висвітлені в численних дослідженнях українських кліматологів і узагальнені у ряді монографій, довідників й атласів.

Комплекс показників умов теплозабезпеченості рослин, які характеризують потребу, в цьому чиннику, може бути розділений на дві групи:

1) термічні, які включають такі показники, як середні й екстремальні рівні температурного режиму, а також тривалість сприятливого в тепловому відношенні періоду року;

2) енергетичні, які характеризують забезпеченість вегетаційного періоду тепловою енергією.

Оскільки для кукурудзи основне значення мають умови теплозабезпеченості в теплий період року (квітень – жовтень), ми обмежилися розглядом умов теплозабезпеченості тільки цього періоду.

У квітні за рахунок зростання надходження сонячної радіації в Україні повсюдно спостерігається підвищення температури повітря та інтенсивне прогрівання ґрунту. Особливо активно цей процес проходить в південній частині України. У Південному Степу середні добові температури повітря досягають 9-10 °С, в приморських районах позначається вплив моря: за рахунок бризової циркуляції з боку ще холодного моря підвищення температури повітря тут дещо сповільнюється і вона досягає 8-10 °С, Помітний вплив на формування температурного режиму чинить рельєф, що особливо добре простежується в районі Донецького Кряжа.

Для квітня характерними є повернення холодів, які супроводжуються заморозками, іноді з випаданням снігу. У Лісостепу і Степу середня дата останнього заморозку приходить на середину квітня (табл. 1.6). Проте нерідко заморозки бувають і в кінці квітня. Саме у зв'язку з цим оптимальні терміни сівби кукурудзи в південних областях зміщуються на кінець квітня – початок травня.

У травні температура повітря на 5-8 °С вище, ніж у квітні. Проте в першій декаді місяця ще існує вірогідність заморозків. У деяких районах (Херсон, Клепініно) останній заморозок приходить навіть на другу декаду місяця, а в Одесі і Кіровограді спостерігалися випадки заморозків в третій

декаді травня. Ці пізні заморозки, хоча і маловірогідні, наносять істотний збиток урожайності кукурудзи.

З травня встановлюється літній тип розподілу температури повітря, близький до широтного. Підвищення температури в часі наслідуює річний хід надходження сонячної радіації, але з деякою інерцією: найвищі температури повітря приходяться не на червень, а на липень, коли середня добова температура в південній частині лісостепової зони досягає 21 °С, а в Південному Степу і Криму 23 °С.

У літні місяці в окремі роки спостерігаються тривалі періоди із стійкими високими температурами (вище 28-30 °С), які, як правило, є бездошовими.

У вересні починається істотне пониження температури. З серпня до вересня середня температура повітря знижується на 4-6 °С, в приморських районах восени помітно проявляється сприятливий утеплюючий вплив Чорного і Азовського морів: тут у вересні температура ще залишається високою, вона досягає 17 °С, а в жовтні 14-15 °С, що достатньо для дозрівання пізньостиглих гібридів кукурудзи і вирощування їх в пожнивних посівах. Проте в ці місяці мають місце перші вторгнення холодних мас повітря із заморозками на ґрунті та в повітрі. Так, перші осінні заморозки в зоні зрошування спостерігаються в середині вересня, а середні їхні дати спостерігаються місяцем пізніше, в другій і третій декадах жовтня (табл. 1.6).

Для вирішення завдань, районування гібридів кукурудзи різних груп стиглості, істотне значення має тривалість беззаморозкового періоду (табл. 1.6). Найбільша тривалість цього періоду спостерігається в приморських районах і в Сімферополі (196 днів), мінімальна – в Луганську (157 днів).

Тривалість беззаморозкового періоду дуже мінлива з року в рік, про що свідчить різниця між її максимумом і мінімумом: для окремих пунктів вона досягає і навіть перевищує 3 місяці (Одеса – 100 днів, Синельниково – 94 дні, Луганськ – 92 дні). У окремі роки тривалість цього періоду зменшується до 110-114 днів (Луганськ, Синельниково). При таких умовах пізньостиглі гібриди не дозрівають. Тривалість періоду з температурою вище 10 °С, коли

відбувається активний ріст і розвиток кукурудзи, близька до тривалості беззаморозкового періоду.

Таблиця 1.6 – Дати настання останніх заморозків весною і перших восени, тривалість беззаморозкового періоду (ТБЗП) і тривалість періоду з температур вище 10°C (ТПТ)

Станція	Дата заморозка						ТБЗП, дні			ТПТ
	останнього весною			першого восени			максимальна	середня	мінімальна	
	сама рання	середня	сама пізня	сама рання	Середня	сама пізня				
Київ	22.III	17.IV	22.V	20.IX	16.X	12.XI	215	180	146	161
Кіровоград	23.III	22.IV	24.V	5.IX	7.X	10.XI	208	166	125	163
Луганськ	24.III	26.IV	2.VI	31.VIII	30.IX	31.X	202	157	110	168
Донецьк	24.III	17.IV	10.V	17.IX	10.X	8.XI	207	174	129	167
Сінельникове	24.III	22.IV	2.VI	14.IX	5.X	31.X	208	165	114	168
Запоріжжя	19.III	12.IV	11.V	30.IX	20.X	19.XI	230	190	154	175
Херсон	24.III	14.IV	15.V	17.IX	16.X	20.XI	230	183	148	181
Мелітополь	21.III	12.IV	5.V	17.IX	16.X	19.XI	225	186	156	180
Одеса	14.III	12.IV	22.V	22.IX	24.X	30.XI	238	195	138	180
Клепініно	24.III	22.IV	19.V	15.IX	12.X	19.XI	213	172	138	182
Сімферополь	22.III	11.IV	10.V	16.IX	25.X	2.XII	254	196	164	186

Таким чином, по даним термічного режиму і за тривалістю сприятливих періодів, південні області України задовольняють вимогам усіх районованих в країні гібридів кукурудзи для вирощування на зерно.

Теплові ресурси території характеризуються, як вказувалося вище, сумами температур. Для кукурудзи первинне значення мають суми активних температур повітря  $\sum T_n$  вище 10 °C (табл. 1.7).

Порівняння сум температур з потребою гібридів і сортів кукурудзи в теплі показує, що:

– ранньостиглі і середньостиглі гібриди і сорти кукурудзи мають повну забезпеченість теплом навіть в найхолодніші роки;

– середньо-і пізньостиглі гібриди (їх потреба в  $\sum T_n$  становить 2600 – 2700 °С) забезпечені теплом в 90 % років в усіх перерахованих пунктах, а в південній частині зони зрошування мають 100 %-ну забезпеченість теплом;

– пізньостиглі гібриди (їх потреба в  $\sum T_n$  становить 2900-3000 °С) забезпечені теплом дещо гірше; у вказаних в табл. 1.7 пунктах частота несприятливих по теплозабезпеченості років може мінятися від 5 до 25 %, а то і 50 % років (наприклад, Волноваха).

Таблиця 1.7 – Сума температур за період активної вегетації кукурудзи ( $T_{вп}>10^{\circ}\text{C}$ ) на півдні України

Станція	Найбільша	Середня	Обеспеченность, %					Найменша
			10	25	50	75	90	
Дніпро	3781	3220	3560	3410	3245	3045	2830	2579
Донецьк	3336	3015	3310	3210	3070	2845	2650	2320
Волноваха	3715	3005	3230	3175	3000	2780	2710	2522
Луганск	3892	3185	3440	3375	3200	2945	2810	2680
Одеса	3877	3355	3730	3540	3370	3180	3070	2803
Вознесенськ	3891	3375	3690	3540	3345	3200	3055	2996
Херсон	3824	3425	3750	3610	3445	3240	3080	2878
Запоріжжя	3837	3355	3700	3530	3380	3150	3010	2920
Мелітополь	3772	3430	3740	3620	3450	3240	3105	2975
Клепінине	4045	3440	3770	3625	3445	3275	3055	2911
Сімферополь	3879	3305	3625	3525	3280	3110	2955	2629

Ці обставини необхідно враховувати при підборі сортів і гібридів для районування.

#### 1.4 Ресурси вологозабезпечення

Умови вологозабезпеченості сільськогосподарських культур характеризуються рядом показників, одні з яких характеризують ґрунтову вологу, інші – атмосферну. Ці показники тісно пов'язані один з одним, що дозволяє обмежуватися розглядом найбільш важливих показників для вирішення цього завдання.

Для зрошуваного землеробства найважливішим показником умов вологозабезпеченості є продуктивні вологозапаси ґрунту на полях кукурудзи на момент її сівби в шарах ґрунту різної товщини. Подальший режим вологозапасів ґрунту на полях визначається в основному кількістю опадів і втратами вологи на випаровування.

*Опади і тривалість бездощових періодів.* У північних районах степу в середньому за рік випадає близько 450 мм опадів, в південних – близько 300 мм. За вегетаційний період їх середня багаторічна кількість становить 200 – 300 мм (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Кількість опадів (мм) за період активної вегетації на півдні України

Станція	Найбільша	Середня	Забезпеченість, %					Найменша
			10	25	50	75	90	
Дніпро	589	254	360	296	238	194	160	110
Донецьк	318	225	315	270	226	183	142	98
Волноваха	438	239	345	271	220	183	160	116
Луганськ	409	230	347	285	222	175	141	74
Одеса	360	219	318	268	212	165	128	112
Вознесенськ	477	255	363	308	240	182	150	123
Херсон	354	199	300	244	195	153	112	66
Запоріжжя	432	224	330	268	220	175	145	94
Мелітополь	380	449	320	267	217	176	152	139
Клепініно	504	241	333	285	237	188	147	76
Сімферополь	568	283	425	350	265	203	160	107

Майже щорічно (з вірогідністю 90 %) спостерігаються бездощові періоди тривалістю 21-30 днів. У північно-західній частині зони бездощові періоди тривалістю 25-30 днів бувають 2 рази в 10 років, а в причорноморському степу з такою частотою спостерігаються бездощів'я тривалістю до 40-45 днів. Максимальна тривалість бездощових періодів досягає 60 днів в північно-західній частині степової зони, 80-100 днів в південно-східній частині і більше 100 днів на крайньому півдні.

*Посухи і суховії.* У бездощові періоди, особливо при їх значній тривалості, спостерігається висока температура і низька відносна вологість

повітря, що створює сприятливі умови для виникнення атмосферних посух і суховіїв.

Найбільшої шкоди при вирощуванні кукурудзи завдають весняні і особливо літні посухи. Найчастіше (50-60 %) весняні посухи спостерігаються на півдні Херсонської області, в причорноморському степу і степовій частині АР Крим їх вірогідність зменшується на 40 %, а в північній частині (до лінії Ізмаїл – Сербка – Баштанка – Запоріжжя – Донецьк – Біловодськ) - до 30 %.

Весняні посухи в більшості випадків є локальними і захоплюють не більше 10 % посівних площ, проте в 3 % випадків вони охоплювали більше 50 % території і носять катастрофічний характер (1934, 1946, 1968, 1972 рр.).

Літні посухи повторюються частіше весняних. У причорноморських районах і в північній частині степового Криму відзначається найбільша їх вірогідність (80-90 %), на північ і північний захід вірогідність літніх посух зменшується до 10 %. Повторюваність літніх посух, що охоплюють більше 50 % території, збільшується в порівнянні з весняними до 16 %; за останні три десятиліття такі посухи спостерігалися в 1952, 1953, 1957, 1959, 1963, 1967, 1972, 1975 і 1979 рр.

Суховії поширені по усій зоні зрошування (табл. 1.9). Найбільша кількість днів з суховіями спостерігається в степовій частині Криму і в центральних районах Степу, а також на сході (район Луганська -Біловодська).

Таблиця 1.9 – Кількість днів з суховіями на півдні України

Показник	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Рік
Дніпро								
Найбільше	2	7	11	11	16	7	-	29
Найменше	0,2	1,9	2,5	2,4	2,5	1,0		10,9
Луганськ								
Найбільше	5	14	16	24	21	9	1	60
Найменше	0,4	4,2	4,3	5,5	5,7	2,2	0,1	22,6
Херсон								
Найбільше	3	9	12	11	11	9	-	31
Найменше	0,1	2,3	3,3	3,9	4,3	1,5	-	16,2
Асканія – Нова								
Найбільше	3	7	14	19	17	11	-	44
Найменше	0,2	2,0	4,1	7,1	6,7	2,3	-	22,6

Продовження табл. 1.9

Мелітополь								
Найбільше	3	9	14	13	15	5	-	34
Найменше	0,2	1,9	3,0	4,7	4,1	1,5	-	16,0
Клепініно								
Найбільше	3	7	14	19	13	8	1	50
Найменше	0,3	1,7	3,3	6,2	5,5	1,8	0,03	19,6

*Комплексні показники умов тепло- і вологозабезпеченості.* Для спільної характеристики умов тепло- і вологозабезпеченості зони зрошування можна використовувати гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). Значення гідротермічного коефіцієнта за період вегетації (табл. 1.10) свідчать про те, що зона зрошування відноситься до зони з недостатньою вологою і посушливою при достатній забезпеченості теплом.

Таблиця 1.10 – Величина ГТК за період активної вегетації кукурудзи на півдні України

Станція	Найбільша	Середня	Забезпеченість, %					Найменша
			10	25	50	75	90	
Дніпро	1,82	0,79	1,16	0,95	0,74	0,58	0,48	0,35
Донецьк	1,17	0,75	1,04	0,93	0,75	0,58	0,45	0,32
Волноваха	1,36	0,80	1,19	0,95	0,75	0,62	0,50	0,42
Луганськ	1,64	0,76	1,22	0,93	0,68	0,53	0,43	0,24
Одеса	1,14	0,66	0,93	0,81	0,65	0,49	0,38	0,31
Вознесенськ	1,39	0,76	1,14	0,93	0,72	0,55	0,44	0,37
Херсон	1,11	0,58	0,88	0,71	0,55	0,42	0,30	0,18
Запоріжжя	1,27	0,67	1,03	0,80	0,64	0,50	0,39	0,24
Мелітополь	1,10	0,66	0,91	0,75	0,61	0,51	0,46	0,40
Клепініно	1,52	0,70	0,93	0,82	0,69	0,56	0,43	0,23
Сімферополь	1,87	0,87	1,35	1,07	0,82	0,62	0,48	0,32

*Продуктивні вологозапаси ґрунту.* В період сівби кукурудзи середні багаторічні запаси продуктивної вологи  $W$  в зоні степу складають в орному шарі 25-35 мм, в метровому шарі 120-150 мм. При своєчасному проведенні весняних польових робіт і оптимальних термінах сівби ці вологозапаси забезпечують появу нормальних сходів. У наступні періоди вегетації



кукурудзи відзначається істотне зменшення  $W$ , викликане нестачею опадів та інтенсивною витратою вологи. На початок молочної стиглості  $W$  знижується до 35 % і менш від максимально можливих, тому отримання високих і стійких урожаїв можливе лише при зрошуванні.

Забезпеченість рослин ґрунтовою вологою значною мірою залежить від рівня залягання ґрунтових вод. При близькому рівні ґрунтових вод (менше 3 м) вони беруть участь в процесі водоспоживання, що дозволяє зменшувати, зрошувальні норми, тобто заощадити певну кількість води.

### 1.5 Характеристика ґрунтових умов зрошуваних територій

У ґрунтовому покриві степової зони України спостерігаються в основному зміни в широтному напрямі. Північні райони і найбільш піднесені ділянки центральної частини Степу зайняті чорноземами звичайними, які на південь змінюються чорноземами південними. Знижені площі Південного Степу, що примикають до Чорного і Азовського морям, зайняті червоно-коричневими і каштановими ґрунтами в комплексі з солонцями. У степовій частині Криму каштанові ґрунти поступово переходять в південні чорноземи; передгірна зона і територія Керченського півострова зайняті чорноземами звичайними.

Основні ґрунтоутворюючі породи в степовій зоні України – лесові, різні за механічним складом.

Чорноземи звичайні займають найбільшу площу близько 10,4 млн. га. По потужності гумусного горизонту вони підрозділяються на потужні, середньопотужні і малопотужні, а по кількості гумусу – на середньогумусні (5-6%) і малогумусні (4-5%). Залежно від вмісту гумусу і механічного складу об'ємна маса цих ґрунтів (у шарі 0-100 см) змінюється в межах 1,1-1,5 г/см<sup>3</sup>, а максимальна кількість продуктивної вологи становить 140-170 мм. Чорноземи звичайні мають хорошу структуру, високу пористість і водопроникність, що

створює сприятливі умови для обробітку сільськогосподарських культур і проведення іригаційних заходів.

Чорноземи південні, що утворилися в умовах нестачі природного зволоження, мають меншу потужність гумусового шару (50-65 см) і понижений вміст гумусу (3-4 %). Характерною особливістю цих ґрунтів є ознаки солонцюватості, які збільшуються на південь, а також ущільненість перехідного горизонту і наявність на глибині 2,5-3,0 м водорозчинних солей. Вказані особливості дещо знижують іригаційні якості цих ґрунтів в порівнянні з чорноземами звичайними. Об'ємна маса південних чорноземів змінюється в межах 1,2-1,5 г/см<sup>3</sup>, максимально можливий запас продуктивної вологи (у шарі 0-100 см) складає 130-160 мм.

Як вказувалося вище, найбільш знижену частину Причорноморської низовини займають червоно-коричневі та каштанові ґрунти. Червоно-коричневі ґрунти (частина в комплексі з південними чорноземами) відрізняються солонцюватістю і наявністю в порівнянні з південними чорноземами неглибоким заляганням шару водорозчинних солей (2,0-2,5 м). Гумусу в них знаходиться 3,0-3,5 % (у ґрунтах легкого механічного складу – близько 2 %). Об'ємна маса цих ґрунтів 1,3-1,5 г/см<sup>3</sup>, максимально можливий запас продуктивної вологи 145-155 мм.

У зоні каштанових ґрунтів відзначається посилення солонцюватості і підвищення рівня (до 1,0-1,5 м) водорозчинних солей. Вміст гумусу в каштанових солонцюватих ґрунтах складає близько 2 %, а потужність гумусового шару не перевищує 30 см. Об'ємна маса каштанових ґрунтів змінюється в межах 1,2-1,6 г/см<sup>3</sup>, шпаруватість складає 43-55 %, максимально можливий запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту складає 120-130 мм. Ці показники, а також низька водопроникність знижують іригаційні якості каштанових ґрунтів.

На подових пониженнях Південного Степу, в яких періодично спостерігається акумуляція поверхневих вод, поширені луговочорноземні і

солонцюватоглеєві ґрунти. Їх використання вимагає проведення дренажу і заходів, спрямованих на поліпшення водно-повітряного режиму.

В цілому ґрунтові умови зони зрошування на півдні України є сприятливими, оскільки достатня тут теплозабезпеченість дає можливість при раціональних поливних режимах, вирощувати високі урожаї сільськогосподарських культур.

## РОЗДІЛ 2

### БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ

Усі чинники, які впливають на ріст і розвиток рослин, можна розділити на три групи: кліматичні (сонячна радіація, тепло, волога, газовий склад повітря, вітер та ін.), фізичні (структура ґрунту і його хімічний склад) і біотичні (різні мікроорганізми, а також рослинні та тваринні організми як корисні, так і шкідливі).

Будь-якому виду рослин властива специфічна потреба в кожному з чинників життєдіяльності. Ця потреба – один з проявів генетичних особливостей цього виду рослин.

Кукурудза – теплолюбна рослина. Вона розвивається в умовах відносно високих температур, вимагає багато світла, споживає протягом вегетації велику кількість води і мінеральних речовин. Тільки оптимальне поєднання вказаних чинників забезпечує хороший розвиток рослин і високий урожай.

Органогенез рослин протікає на основі стадійних змін. Кожній стадії розвитку кукурудзи притаманний свій визначальний чинник навколишнього середовища. Для яровизації, що відповідає фазі росту нижнього міжвузля стебла найважливішим чинником, який обумовлює успішне проходження цієї стадії, являється температура; для стадій росту середнього і верхнього міжвузля стебла – світловий режим, тривалість світлового дня і спектральний склад світла, а для стадій викидання волоті, цвітіння і наливання зерна - інтенсивність світла і мінеральне живлення.

Зрозуміло, усі чинники життєдіяльності мають істотний вплив не лише на тих етапах онтогенезу, де вони є визначальними, але й на усіх інших стадіях розвитку кукурудзи. Тому питання про потребу рослин в чинниках життєдіяльності можна розглядати як для окремих періодів розвитку, так і в цілому для усього вегетаційного періоду. В зв'язку з викладеним вище, під потребою рослин в тому або іншому чиннику життєдіяльності мається на увазі

таке його кількість, яка потрібна рослині для здійснення повного вегетаційного циклу (від посіву до утворення і дозрівання репродуктивних органів) або окремих стадій розвитку.

Вивченню потреби кукурудзи в різних чинниках життєдіяльності присвячена велика кількість досліджень. Нині досить детально освітлено питання про потребу кукурудзи в теплі та вологі [20]. Значно слабкіше вивчена потреба кукурудзи у світловій енергії, або фотосинтетично активній радіації (ФАР). Як правило, дослідження потреби рослин у світловій енергії в сучасній літературі зводиться до вивчення явища фотоперіодизму, впливу спектрального складу радіації на розвиток рослин, радіаційного режиму рослинного покриву, що по суті не відповідає викладеному вище поняттю про потребу рослин в чинниках життєдіяльності. Енергетична потреба рослин освітлена головним чином за допомогою використання сум температур, хоча початковим чинником тут є надходження ФАР.

## 2.1 Потреба рослин в сонячній радіації

Під потребою рослин в сонячній радіації або енергетичній потребі  $P_f$  мається на увазі така кількість ФАР, яка потрібна цьому виду рослин для проходження повного вегетаційного циклу або окремої його стадії [7].

Енергетична потреба рослин  $P_f$  визначалася у вигляді суми ФАР, що надходить до земної поверхні за час активної вегетації цієї культури. За початок вегетації кукурудзи бралася дата сівби, а за закінчення - дата масового настання повної стиглості. Розглядалися гібриди й сорти кукурудзи основних груп стиглості. Значення  $P_f$  були визначені для трьох міжфазних періодів посів – викидання волоті, посів – молочна стиглість; посів – повна стиглість (табл. 2.1).

Відомо, що тривалість вегетаційного періоду кукурудзи різних груп стиглості знаходиться в прямій залежності від кількості листя  $N_L$ . Цей зв'язок тісний ( $r = 0,80-0,99$ ). Тому можна припустити, що й енергетична потреба

різних сортів кукурудзи також залежить від середньої кількості листя, яке розвивається цим сортом. Виявилось, що залежність  $P_{\phi}$  від  $N_{\text{л}}$  має прямолінійний характер і апроксимується рівнянням

$$P_{\phi} = 658 + 42,7N_{\text{л}}. \quad (2.1)$$

За допомогою цього рівняння можна розрахувати енергетичну потребу того або іншого сорту або гібриду кукурудзи, маючи лише дані про середню кількість листя.

Таблиця 2.1 – Потреба рослин кукурудзи в ФАР і в теплі в разні міжфазні періоди

Міжфазний період	Сума ФАР, МДж/м <sup>2</sup>		Сума температур вище 10 °С	
	Середнє	інтервал	середнє	Інтервал
Ранньостиглі				
Посів – викидання волоті	712	700-735	1345	1300-1400
Посів – молочна стиглість	1019	986-1025		
Посів – повна стиглість	1260	1215-1260	2300	2300-2400
Середньостиглі				
Посів – викидання волоті	790	770-820		
Посів – молочна стиглість	1090	1050-1100		
Посів – повна стиглість	1350	1320-1370		
Середньопізньостиглі				
Посів – викидання волоті	817	815-855	1500	1400-1500
Посів – молочна стиглість	1090	1070-1110		
Посів – повна стиглість	1400	1380-1430	2604	2450-2550
Пізньостиглі				
Посів – повна стиглість	1520	1520-1550		

Аналогічний підхід в оцінці потреби рослини в теплі раніше був розглянутий Ю.І. Чирковим [20]. Ним теж була отримана прямолінійна залежність між сумами ефективних температур за періоди: посів – воскова

стиглість, посів – молочна стиглість, посів – викидання волоті і кількістю листя для різних по швидкості сортів і гібридів кукурудзи.

Відношення сум ефективних температур за період листоутворення до кількості листя – число порівняно постійне і в середньому становить  $30 \pm 2$  °C (з поправкою на так звані, баластні температури). Таким чином, по кількості листя можна визначити також потребу кукурудзи в сумах ефективних температур. Можна вирішувати й іншу задачу: за швидкістю накопичення добових сум ФАР або ефективних температур можна визначити і прогнозувати швидкість розвитку рослин, а також оцінювати міру сприятливості агрометеорологічних умов для кукурудзи.

Ю.І. Чирковим встановлено, що при порівняно постійній температурі (18-19,9 °C і 20-22,0 °C) коефіцієнт кореляції між тривалістю періоду 3-й лист – викидання волоті і продуктивними вологозапасами в метровому шарі ґрунту дорівнює всього 0,21. Це свідчить про практичну відсутність зв'язку. Ю.І. Чирков вказує, що помітне гальмування розвитку кукурудзи спостерігається тільки при гострій нестачі вологи (менше 40 мм в шарі ґрунту 0-100 см). Викидання волоті при цьому настає пізніше, ніж на посівах, добре забезпечених вологою, але і в цих порівняно окремих випадках чіткої залежності між зниженням вологозапасів і темпами листоутворення не встановлено.

Мінливість  $P_{\phi}$  викликають в основному ті ж випадкові причини. Властивість постійності сум активних температур при правильному їхньому підрахунку ув'язується з теорією стадійного розвитку рослин. Постійність сум активних температур (так само як і сум ФАР) за окремий міжфазний період або за весь вегетаційний період пояснюється безповоротністю процесів стадійних змін та їх наростанням відповідно до зміни умов навколишнього середовища. Разом з розрахунком енергетичної потреби визначена потреба рослин кукурудзи в сумах активних температур вище 10 °C.

В табл. 2.1 наведені статистичні характеристики цього параметра, звідки видно, що сума активних температур є стійким показником теплопотреби кукурудзи.

Кукурудза також вимоглива і до умов радіаційного режиму в середині посіву. Дослідженнями М.І. Гойса та ін. [7] показано, що утворення і розвиток репродуктивних органів кукурудзи відбувається тільки при достатній інтенсивності сонячної радіації на рівні закладки качанів.

## 2.2 Вимоги до тепла

Вплив термічних чинників на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин має різноманітний характер: термічні чинники у вигляді сум температур служать показником енергетичних умов. Рівнем термічного режиму визначається швидкість протікання біохімічних процесів у рослинному організмі і, отже, швидкість росту та розвитку рослин.

Потреба рослин в теплі з цієї точки зору визначається біологічним мінімумом температури  $T_{\min}$ , нижче якої рослини припиняють вегетацію, температурним оптимумом  $T_{\text{opt}}$ , при якому спостерігається найбільша продуктивність фотосинтетичної діяльності рослин, і біологічним максимумом температури  $T_{\max}$ , вище якого рослину гинуть.

Встановлені [7] наступні значення кардинальних температур для кукурудзи:  $T_{\min} = 9,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{opt}} = 33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max} = 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вказані значення визначаються залежно від періоду розвитку і особливостей сорту рослин. Мабуть, цим пояснюється різнобій серед даних, що наводяться різними авторами. Так, по О.О. Шиголеву [21],  $T_{\min}$  для усього вегетаційного періоду кукурудзи складає  $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ймовірно цей висновок зроблений на підставі того, що при цій температурі в зерні кукурудзи пробуджується паросток. Проте оболонку він прориває при температурі  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сходи більшості сортів кукурудзи з'являються при температурі не нижче  $9\text{-}10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Згідно з іншими дослідженнями, температура ґрунту для проростання насіння має бути



близько 10-12 °С. І хоча сходи можуть переносити навіть заморозки (до –3 °С), температура ґрунту нижче  $T_{\min}$  гальмує розвиток рослин, має негативну дію на схожість насіння, сприяє зниженню урожайності. У зв'язку з цим дуже важливо висівати кукурудзу в оптимальні терміни, коли ґрунт досить прогріється і вірогідність ушкодження посівів весняними заморозками зводиться до мінімуму.

У табл. 2.2 наведені дані агрометеостанції Херсон про ймовірність пошкодження посівів весняними заморозками при загортання насіння в непрогрітий ґрунт залежно від термінів сівби кукурудзи. З даних таблиці видно, що оптимальні терміни сівби кукурудзи в цьому районі приходяться на кінець квітня – початок травня.

Таблиця 2.2 – Ймовірність пошкодження сходів кукурудзи весняними заморозками при різних строках посіву. Ст. Херсон

Строк посіву	Ймовірність загортання насіння в непрогрітий ґрунт	Ймовірність пошкодження, заморозками, %
11.IV	85	10
21.IV	30	0
1.V	0	0

Ю.І. Чирков вказує, що  $T_{\min}$  має вегетаційний хід: в початковій фазі розвитку рослини його значення складає близько 8 °С, а в період листоутворення перевищує 10 °С.

Біологічні мінімуми температури для різних етапів розвитку кукурудзи були встановлені В.М. Степановим [17]: 8 °С – для проростання насіння; 10 °С – для появи сходів і формування вегетативних органів; 12 °С – для формування генеративних органів і цвітіння і 10 °С – для дозрівання. Температурний оптимум  $T_{\text{opt}}$  також не є константою. О.І. Руденко [16] визначив наступні значення  $T_{\text{opt}}$ : 18-20 °С - для періоду сходи – викидання волоті, 22-30 °С - для періоду росту і розвитку генеративних органів.

Температурний оптимум ґрунту дещо вищий чим для повітря. Оптимальна температура ґрунту для росту коріння  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для росту надземних органів на ранніх етапах розвитку  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на пізніших етапах розвитку  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Квітки краще формуються при температурі ґрунту  $28\text{-}32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Детальне дослідження динаміки температурного оптимуму кукурудзи було виконано В.П. Дмитренком [8].

У багатьох випадках перехід до наступного періоду розвитку кукурудзи не настає до тих пір, поки не будуть створені термічні умови, що відповідають потребам рослин. Так, при температурі ґрунту нижче  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  середньостиглі і пізньостиглі сорти кукурудзи навіть не зацвітають. Підвищення швидкості росту при високих температурах ґрунту (прийнятних для рослини) супроводжується скороченням періодів розвитку. Встановлено, що чим вище температура ґрунту, тим менше тривалість періоду від появи сходів до викидання волоті і цвітіння.

Вплив температурних умов на тривалість міжфазних періодів кукурудзи детально досліджений Ю.І. Чирковим. Істотне значення для росту і розвитку кукурудзи мають нічні температури. Прохолодні ночі з  $T < T_{\min}$  істотно знижують рівень ростових процесів і уповільнюють розвиток рослин. Дуже велику шкоду рослинам наносять заморозки, особливо в кінці вегетації. Сходи можуть переносити короточасні заморозки до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а для дорослих рослин згубним є значно менше пониження температури: при  $T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ушкоджується листя, а при  $T < -3\text{ }^{\circ}\text{C}$  – качани молочно-воскової стиглості. Такі низькі температури негативно також впливають на стигле але вологе зерно, яке при цьому втрачає посівні якості.

Дуже високі температури теж можуть заподіяти шкоду розвитку кукурудзи. Висока температура (більше  $32\text{-}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в сполученні з низькою відносною вологістю повітря (нижче  $30\%$ ) може бути причиною гострого водного дефіциту в рослинній тканині кукурудзи, що при цвітінні рослин (критичний період) може різко погіршити запліднення і призвести до

виникнення череззерниці. Тому в цей період особливу важливість набувають освіжаючі поливи (50-80 м<sup>3</sup>/га) у вигляді мілкодисперсного дощування.

Відмічений вплив термічних умов на проходження етапів розвитку, позначається аналогічним чином і на тривалості вегетаційного періоду. Останнє повинне враховуватися при районуванні сортів і гібридів кукурудзи, оскільки завдяки цій обставині тривалість вегетаційного періоду одного і того ж сорту й гібриду по мірі просування на північ збільшується.

Разом з температурними показниками потреби рослин в теплоті в агрометеорології широко використовуються і такі показники як: біологічні суми температури  $\sum T_{\phi}$  (сума середніх добових температур повітря за вегетаційний період від початку росту до повної стиглості в межах поширення цієї культури); суми активних температур  $\sum T_{\phi}$  (сума середніх добових температур повітря після її переходу через біологічний нуль розвитку цієї рослини) і суми ефективних температур  $\sum T_{ef}$  (сума різниць між середньою добовою температурою і біологічним нулем цієї культури, тобто нижньою межею температури, при якій ще протікає розвиток культури).

У табл. 2.3, 2.4 і 2.5 наведені дані про потребу кукурудзи різних груп стиглості в сумах активних температур. Ці значення температур, як і енергетична потреба, досить стабільні для кожної з даних груп по стиглості кукурудзи.

Таблиця 2.3 – Потреба сортів кукурудзи в сумах активних температур для проходження повного вегетаційного циклу

Сорт кукурудзи	Широта, град.			
	40	45	50	55
Дуже ранньостиглі	1200	1750	1800	1850
Ранньостиглі	2050	2100	2150	2200
Середньостиглі	3250	2300	2350	2400
Середньопізнньостиглі	2540	2600	2660	2780
Пізнньостиглі	2940	3000	3060	3120

Таблиця 2.4 – Потреба в теплі (сума активних температур) різних груп стиглості сортів кукурудзи

Група сортів	Міжфазний період		
	посів – викидання волоті	посів – молочно-воскова стиглість	посів – повна стиглість
Дуже ранньостиглі	1100	1700	2100
Ранньостиглі	1200	1800	2200
Середньоранньостиглі	1300	2000	2400
Среднеспелые	1400	2100	2500

Таблиця 2.5 – Сума біологічно активних температур ( $\sum T_a > 10^\circ\text{C}$ ), необхідних для нормальної вегетації кукурудзи

Гібрид	Період розвитку				
	Посів – сходи	Сходи – викидання волоті	Викидання волоті – молочна стиглість	Молочна стиглість – повна стиглість	Весь вегетаційний період
Середньостиглий, ВІР 42	130	960	640	650	2380
Пізнньостиглий, ВІР 156	130	1120	680	680	2610

Метод підрахунку сум ефективних температур стосовно агрометеорології в основному розроблений О.О. Шиголєвим. Г.Т. Селянинов є прибічником способу сум активних температур та їх застосування як вираження енергетичної забезпеченості вегетаційного періоду. Суми ефективних температур в агрометеорології використовуються рідше, ніж суми активних температур, із-за необхідності знати значення нижнього температурного порогу розвитку.

### 2.3 Вимоги до вологозабезпечення

За вимогою до водного режиму кукурудзу відносять до мезофітів. Вона може переносити тимчасову нестачу води у ґрунті й знижену відносну вологість повітря. Проте тривалі посухові метеорологічні умови призводять до пригніблення ростових процесів, що в свою чергу призводить до зниження урожаю, як в кількісному, так і в якісному відношенні.

Водоспоживання кукурудзи, як і взагалі рослин, визначається внутрішніми і зовнішніми чинниками їхнього розвитку. До внутрішніх чинників відносяться біологічні властивості рослин, обумовлені видом, сортом, фазою розвитку, а до зовнішніх чинників – вологомісткість ґрунту.

Для характеристики потреби рослин у вологі використовуються наступні показники:

- сумарне випаровування, тобто сумарна витрата вологи посівом за добу та інші триваліші періоди (пентада, декада, міжфазні періоди) на випаровування з ґрунту і транспірацію;

- сумарне водоспоживання - це сумарне випаровування за весь період вегетації;

- коефіцієнти водоспоживання і транспірації - величини, чисельно рівні кількості вологи, яка витрачається рослинами шляхом сумарного випаровування або транспірації на утворення одиниці продукції посіву (однієї тони фітомаси або зерна).

Потреба кукурудзи у воді змінюється в онтогенезі. В першу добу після сівби кількість поглиненої насінням ґрунтової вологи складає близько 64 % маси сухої речовини. У наступну добу потреба у вологі сильно збільшується і досягає 230 % мас сухої речовини. Від появи сходів до викидання волоті, коли у кукурудзи йде наростання вегетативної маси, а також закладка і формування генеративних органів, споживання води дуже зростає. Особливо багато витрачається води кукурудзою після утворення 10-12-го листка.

Нестача вологи в період появи сходів і розвитку першого листка рослин (рання посуха) хоча і пригнічує ростові процеси, проте не робить безповоротної дії на весь процес формування урожаю.

Дуже важливим є забезпечення достатньою кількістю води рослин кукурудзи, особливо в критичний період, коли рослини дуже інтенсивно ростуть і найбільш чутливі до нестачі вологи. Цей період триває близько місяця: починається за 10 днів до викидання волоті і закінчується через 20 днів після цвітіння. Нестача вологи в цей період призводить до стерилізації значної частини пилку і до появи великого розриву в термінах цвітіння чоловічих і жіночих суцвіть, коли до масової появи ниткоподібних стовпчиків з обгорток качанів чоловічі суцвіття встигають майже повністю відквітнути і дуже мало продукують пилку. В результаті поганого запліднення утворюється сильна череззерниця, що і призводить до катастрофічного зниження урожайності.

В зв'язку з цим при одноразовому поливі максимальний урожай отримують при поливі перед викиданням волоті У фазу молочної стиглості рослин кукурудзи продовжують споживати велику кількість води. Потім в період дозрівання зерна потреба у воді різко скорочується.

Вплив біологічних властивостей рослин на їхнє водоспоживання оцінюється біологічною кривою водоспоживання, за допомогою якої можна визначати величини максимального водоспоживання кукурудзи упродовж усього періоду вегетації. Такі криві для різних культур будувалися А.М. Алпатьєвим [3], О.Р. Константиновим [9] та ін. Максимальне водоспоживання відповідає оптимальному діапазону вологозапасів ґрунту. Дані табл. 2.6 дають чітке уявлення про потребу кукурудзи у вологі на усіх етапах її розвитку в залежності від вологом'єсткості ґрунту.

Найважливішими показниками потреби рослин у вологі є коефіцієнти транспірації і водоспоживання. Дані про ці коефіцієнти представляють великий інтерес в завданнях по програмуванню урожаїв. Вони дозволяють визначити необхідну кількість води для отримання заданого урожаю, як різниця між розрахованим сумарним випаруванням на планований урожай (на

основі коефіцієнтів водоспоживання) і фактичними ресурсами води, які можуть бути використані полем на випаровування в природних умовах.

Кукурудза відрізняється економним витрачанням ґрунтової вологи на створення органічної маси: її транспіраційний коефіцієнт складає 250-400, тоді як у ярої пшениці 400-450, ячменю 280-400, вівса 340-500. Навіть у проса транспіраційний коефіцієнт вищий, ніж у кукурудзи.

Таблиця 2.6 – Сумарне випаровування кукурудзи  $E$  (мм/д), приведене до однакових погодних умов в залежності від вологозапасів ґрунту  $W$  (в % від  $W_{\max}$  можливих запасів) і міжфазного періоду

Запаси вологи, %	Міжфазний період					
	сходи– 7-й лист	7-й лист – 11-й лист	11-й лист – викидання волоті	викидання волоті – цвітіння	цвітіння – молочна стиглість	молочна стиглість – повна стиглість
30	1,1	1,3	2,3	3,1	2,6	1,8
40	1,2	1,5	2,6	3,6	3,1	2,3
50	1,3	1,6	2,7	3,9	3,5	2,5
60	1,4	1,7	2,8	4,1	3,7	2,6
70	1,4	1,8	2,8	4,2	3,8	2,7
80	1,4	1,8	2,8	4,2	3,8	2,7
90	1,4	1,8	2,8	4,2	3,8	2,7
100	1,4	1,8	2,8	4,2	3,8	2,7

При урожаї зерна 8-10 т/га і зеленої маси 60-70 т/га сумарне водоспоживання кукурудзи складає в середньосухі роки 4,5-5,0, а в дуже посушливі – 6,0-6,5 тис. м<sup>3</sup>/га.

Дослідженнями О.Р. Константинова та ін. [9] встановлено, що витрати води на створення одиниці урожаю зерна і силосної маси кукурудзи на богарі в 1,5-2,0 разу вище, ніж при зрошуванні. Отже, в богарних умовах при обмеженому водоспоживанні має місце різке зниження її продуктивності.

Значні коливання сумарного водоспоживання з року в рік визначаються поєднанням погодних умов (табл. 2.7). Так, при оптимальному режимі

зрошування в дослідях УкрНДІЗЗа [7] сумарне водоспоживання кукурудзи на зерно змінювалося від 4050 до 5812 м<sup>3</sup>/га; а в дослідях в Запорізькій області в межах від 4053 до 5897 м<sup>3</sup>/га. Потреба рослин кукурудзи в додатковій волозі, необхідній для створення оптимального рівня вологозабезпеченості в усі періоди вегетації, ряд авторів виражає через нестачу водоспоживання. Під ним мається на увазі та кількість води, яку необхідно додати в ґрунт для підтримки його вологості на оптимальному рівні.

Таблиця 2.7 – Сумарна водопотреба зрошуваної кукурудзи (м<sup>3</sup>/га) в сухі та волоі роки від 5 до 95 % водозабезпеченості

Область	Кукурудза на зерно	Поживна кукурудза
Кримська (зона Північно-Кримського каналу)	4300-5350	3050-4050
Херсонська і Миколаївська	4500-5700	2950-3750
Одеська (центральні райони)	4300-5650	2900-3400
Одеська (південно - західні райони)	3950-5350	2850-3650
Луганська (центральні райони)	3650-5600	2800-3400
Донецька (західні райони)	3700-5050	2700-3500
Запорізька (східні райони)	3700-5050	2700-3500
Запорізька(центральні райони)	4300-5500	2450-3450
Дніпропетровська (південні райони)	4500-6550	2600-3350
Дніпропетровська (центральні райони)	4050-5750	2100-3200
Кіровоградська (центральні райони)	3650-4850	–
Київська (Бортнічний зрошуваний масив)	3200-4250	–

Ще був розроблений метод розрахунку водоспоживання, заснований на рішенні рівнянь теплового і водного балансів. За цією методикою можуть бути визначені зрошувальні норми і поливний режим сільськогосподарських культур. Такі характеристики отримані для багаторічних середніх умов і для років різної вологозабезпеченості як по агрокліматичних районах, так і по адміністративних областях України. Нестача водоспоживання кукурудзи в зоні зрошування для середньосухих років в період сходи - викидання волоті



складає 1550 м<sup>3</sup>/га; для середньовологих - 850 м<sup>3</sup>/га, а в період викидання волоті - цвітіння 350-190 м<sup>3</sup>/га, цвітіння - молочна стиглість 800-450 м<sup>3</sup>/га, в період молочна стиглість - повна стиглість 790-440 м<sup>3</sup>/га. Оптимальне водоспоживання кукурудзи за вегетацію складає 5100-5500 м<sup>3</sup>/га. За середніх погодних умов нестача водоспоживання кукурудзи за весь вегетаційний період в зоні зрошування України складає 1500-3000 м<sup>3</sup>/га, в середньосухі роки 2500-3500 м<sup>3</sup>/га і в середньовологі роки 100-2000 м<sup>3</sup>/га.

#### 2.4 Вимоги до режиму мінерального живлення

Протягом вегетаційного періоду зрошувана кукурудза виносить з гектара посівної площі понад 200 кг азоту, 100 кг фосфору і 200 кг калію. Це значно більше, ніж багато інших зернових культур. Такі витрати поживних речовин не можуть бути компенсовані тільки за рахунок ґрунтових запасів.

Споживання елементів ґрунтового живлення рослиною кукурудзи починається в період утворення паростка і триває протягом усього вегетаційного періоду. В процесі росту та розвитку відзначаються критичні періоди відносно потреби в різних елементах мінерального живлення. При цьому абсолютні значення використаних добрив складають невелику частину від загальної кількості. Проте їхня доля в масі рослин у критичні періоди має найбільші значення.

У кукурудзи критичний період в живленні фосфором починається з моменту проростання насіння і триває до появи 5-го листа. Після цього починається критичний період в живленні азотом. У фази 10-12-й лист вміст азоту в загальній фітомасі знижується.

За даними УкрНДІЗЗа [7], для кукурудзи на червоно-коричневих ґрунтах і південних чорноземах найбільш сприятливим співвідношенням азоту і фосфору в річній нормі добрив є від 1,0:0,5 до 1,0:0,6, а на звичайних чорноземах - від 1,0:0,5 до 1:1 (азот прийнятий за одиницю).

Чутливість кукурудзи на рівень мінеральних добрив істотним чином залежить від міри зволоження ґрунту, співвідношення між окремими елементами мінерального ґрунтового живлення, мінеральними і органічними добривами, від низки агротехнічних заходів: глибини оранки, обробітку ґрунту, попередника і т. д.

Збільшення урожаю силосної маси кукурудзи під впливом однакової кількості добрив на зрошуваних і незрошуваних варіантах складає в середньому 40 і 10 % відповідно. При цьому ефективність добрив зростає у міру підвищення вологозабезпеченості ґрунту, аж до її оптимальних значень.

Оскільки створення оптимального поливного режиму є умовою зрошуваного землеробства, то для забезпечення високих урожаїв потрібне внесення відповідних цьому режиму норм мінеральних добрив.

Оптимальна річна доза азоту і фосфору для зернової кукурудзи на червоно-коричневих ґрунтах півдня України складає по 80 кг діючої речовини (д.р.) кожного елемента на гектар, іноді вона може підвищуватися для азоту до 120 кг/га, а фосфору - до 90 кг/га.

Оптимальні дози азоту і фосфору для силосної кукурудзи складають відповідно до 180 і 90 кг д.р./га. Приріст урожаю зерна на кожен кілограм азотних добрив (при цьому фосфорні складають в середньому 70 % азотних) зменшується від 25-26 кг при N60 до 13-14 кг при N300.

Чутливість кукурудзи урожаю силосної маси (на кожен кілограм азотних добрив) зростає від 114 кг при N90 до 122 кг при N180. Збільшення окупності урожаю при N180 свідчить про те, що така доза азотних добрив не є оптимальною для кукурудзи, яка вирощується на силос. Оптимум відповідає вищим дозам.

Чутливість урожаю зерна кукурудзи на фосфорні добрива значно менше і складає 2,3 кг на кілограм  $P_2O_5$  при збільшенні норм фосфору від 60 до 90 кг д.р./га і 1,9 кг при зростанні  $P_2O_5$  від 90 до 120 кг д.р./га. Для урожаю силосу відповідно до 20 і 18 кг. Високі норми фосфору можуть викликати негативну дію на процес формування урожаю. Це пов'язано із скороченням міжфазних

періодів під впливом фосфору і з деякими порушеннями фізіологічних процесів в рослинній клітині.

## 2.5 Характеристика особливостей гібридів зрошуваної кукурудзи

Використання високоурожайних гібридів кукурудзи є однією з основних умов підвищення зборів зерна і силосної маси. Нині в Україні в зоні зрошування основні площі, зайняті під зерною кукурудзою, засівають простими міжлінійними гібридами зернового типу. Особливо широкого поширення набув гібрид Краснодарський ПГ- 303 ТБ. Він дає значні надбавки урожаю зерна в порівнянні з багатьма іншими районованими гібридами.

Відмітною особливістю гібридів кукурудзи зернового типу є великий вихід зерна, тобто для них характерний вищий коефіцієнт господарсько-цінної частини урожаю  $k_{зосн}$ . Зрошувані середньопізньостиглі можна розділити приблизно на дві групи (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Залежність коефіцієнта  $k_{зосн}$  (%) від урожаю загальної сухої надземної маси  $M_c$  для двох груп гібридів кукурудзи

Група гібридів	Урожай загальної сухої надземної маси, т/га														
	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
Перша	42	48	50	48	46	45	44	43	41	40	38	37	35	34	32
Друга	32	36	37	38	38	37	36	35	34	33	32	–	–	–	–

До першої групи увійшли гібриди з великим виходом зерна: Краснодарський (303, 309, 332, 436 і 440), Орбіта, Таврія ТБ, ЗПСК-46А, ЗПСК- 4, ВИР (42 і 329), Одеський (27 і 50).

До другої групи, яка характеризується меншими значеннями  $k_{госп.}$ , були віднесені гібриди силосного типу: Одеський 10, Дніпровський 56, ВИР 156, Краснодарський 5, Імеретинський. Значення  $k_{госп.}$  обох груп гібридів кукурудзи залежать від урожаю загальної сухої надземної маси  $M_c$ . При

однакових значеннях  $M_c$  відмінності в  $k_{\text{госп.}}$  обох груп складають 6-13 %. Збільшення урожаю надземної маси гібридів зернового типу від 5 до 33 т/га викликають зміну  $k_{\text{госп.}}$  від 32 до 50 %. Для другої групи гібридів при  $5 < M_c \leq 25$  т/га значення  $k_{\text{госп.}}$  коливаються від 32 до 38 %.

## РОЗДІЛ 3

### МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ПРИ ЗРОШЕННІ

#### 3.1 Сучасний стан моделювання формування урожаю кукурудзи

Сучасна кількісна теорія фотосинтетичної продуктивності посівів, розвиток якої визначили роботи О.І. Ничипоровича, А.І. Будаговського, Ю.К. Роса, Х.Г. Тоомінга, М.І. Будико, О.Д. Сиротенко, А.М. Польового, М. Монсі, Т. Саєкі та ін. дозволяє розглянути процес формування урожаю як складну сукупність цілого ряду фізіологічних процесів.

Першими дослідженнями в агрометеорології такого напрямку були роботи Ю.І. Чиркова, пов'язані з розробкою методу оцінки умов формування урожаю кукурудзи і методу прогнозу урожаю цієї культури.

Відомо багато динамічних моделей продуктивності різних сільськогосподарських культур, які дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результат основних фізіологічних процесів. При побудові таких динамічних моделей використовується методологія, розроблена Ю.К. Росом [14, 15], Х.Г. Тоомінгом [18, 19], а також принципи моделювання ряду фізіологічних процесів, сформульовані цими авторами.

У роботі [4] надано опис динамічної моделі, призначеної для дослідження процесів транспірації і випаровування у світлий час доби. Ґрунтовий блок моделі складає рівняння тепло- і вологопровідності ґрунту. Надземний блок – рівняння теплового балансу рослинного покриву і рівняння водного балансу агроценозу.

У [11] запропонована модель фенологічного розвитку кукурудзи. Параметри моделі ідентифіковані на підставі польових вимірювань. У моделі врахований вплив зовнішніх чинників (максимальна і мінімальна температура

повітря, вологість ґрунту і тривалість світлового дня) на швидкість фенологічного розвитку.

У роботі [6] запропонована динамічна модель продукційного процесу кукурудзи для завдань оптимізації водного режиму. Ця модель будується на основі середньодобових даних усіх чинників, з яких враховуються водний режим ґрунту, радіаційний і тепловий режими. У цій моделі рівень мінерального живлення в розрахунках приймається біологічно оптимальним. На основі моделі можна розрахувати динаміку формування урожаю, вплив на цей процес основних чинників навколишнього середовища.

Виконаний вище розгляд моделювання впливу чинників навколишнього середовища на продукційний процес кукурудзи показує, що моделі, розроблені для цієї культури, орієнтовані на застосування для регулювання агротехнікою і водним режимом посівів. Відсутні моделі, призначені для оцінки агрокліматичних умов формування урожаю і, зокрема, при обробітку кукурудзи на зрошуваних територіях.

### 3.2 Модель формування урожаю зрошуваної кукурудзи на території Півдня України

Продуктивність сільськогосподарських культур обумовлюється цілою сукупністю агрокліматичних чинників – агрокліматичними ресурсами. Показники агрокліматичних ресурсів повинні всебічно відображувати забезпеченість сільськогосподарських культур цими ресурсами, співвідношення ресурсів потребам рослин, а також міру використання ресурсів. Найбільш адекватне відображення агрокліматичних ресурсів може бути реалізоване в агроекологічних категоріях урожайності, які ґрунтуються на принципах максимальної продуктивності і відповідності умов зовнішнього місця існування потребам рослин [14, 15].

Згідно першого принципу - максимальної продуктивності - рослини і фітоценози в природних умовах мають максимальну в існуючих умовах

продуктивність, а також максимальний коефіцієнт корисної дії (ККД) використання фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Згідно другого принципу - відповідності умов - максимальна продуктивність і висока урожайність забезпечуються шляхом створення умов, які задовольняють всім потребам рослин. Принцип відповідності умов реалізується антропогенним впливом:

- зміна умов довкілля відповідно до потреб сільськогосподарських культур реалізується шляхом використання різноманітної агротехніки і меліорації;
- досягнення кращої відповідності біологічних властивостей рослин умовам довкілля за допомогою селекції;
- розміщення сільськогосподарських культур, їх окремих сортів відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і з врахуванням мікрокліматичних особливостей території;
- цілеспрямований і обґрунтований захист рослин від хвороб і шкідників.

Логічним наслідком принципу максимальної продуктивності та відповідності умов є метод еталонних урожаїв [14, 15], який розглядає і порівнює різноманітні категорії урожаїв:

- потенційна урожайність (ПУ) - урожайність сорту в ідеальних умовах, вона обумовлюється приходом ФАР і біологічними особливостями сільськогосподарських культур;
- метеорологічна можлива урожайність (ММУ) - максимально можливий урожай сільськогосподарських культур за існуючих агрометеорологічних і оптимальних ґрунтових умов;
- дійсно можлива урожайність (ДМУ) - максимально можливий урожай сільськогосподарських культур в існуючих метеорологічних і ґрунтових умовах;
- урожайність у виробництві (УВ) - урожайність, яка отримується в господарстві, при існуючій агротехніці.

Застосування для завдань приватного агрокліматичного районування викладеної вище концепції Х.Г. Тоомінга максимальній продуктивності посівів виявилось дуже плідним і знайшло широке застосування. Запропонована Тоомінгом система еталонних урожаїв дозволяє поглиблено вирішувати питання оцінки відповідності кліматичних ресурсів біологічним вимогам різних сільськогосподарських культур.

Перед нами стояло завдання застосування на основі концепції максимальної продуктивності Х.Г. Тоомінга [14, 15] і результатів моделювання формування урожаю, одержаних в роботах А.М. Польового [12, 13], розробленій моделі формування урожаю кукурудзи, призначеної для оцінки продуктивності клімату України. Для детальнішої оцінки агрокліматичних умов як крок моделі розглядався декадний період.

Модель формування урожаю зрошуваної кукурудзи в умовах України має блокову структуру і містить шість блоків (рис. 3.1):

- 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.

### 3.2.1 Блок вхідної інформації

Цей блок містить дані стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і включає усі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони діляться на дві групи:





Рисунок 3.1 Блок - схема базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів

Перша група: середньодекадна температура повітря; сума опадів за декаду; середня за декаду загальна хмарність; середня за декаду відносна вологість повітря; кількість днів у розрахунковій декаді;

Друга група: зведення про внесення доз азотних, фосфорних і калійних добрив в кг/га; дані про оптимальні дози цих добрив; дані про внесення органічних добрив і їх оптимальну дозу в т/га; року внесення органічних добрив; балу ґрунтового бонітету.

### 3.2.2 Блок показників сонячної радіації та волого-температурного режиму

Для розрахунку інтенсивної сумарної сонячної радіації використовується формула М.Є. Берлянд

$$Q_0^j = Q_{\max}^j \cdot (1 - 0.38 \cdot (1 + N) \cdot N), \quad (3.1)$$

де  $Q_0^j$  – сумарна сонячна радіація, яка надходить на горизонтальну поверхню, кал/см<sup>2</sup>·д.;

$Q_{\max}$  – максимально можлива сумарна сонячна радіація;

$N$  – середня за декаду загальна хмарність;

$j$  – номер розрахункової декади.

Для розрахунку випаровуваності використано метод А.М Алпатьєва

$$E_0^j = 0.65 \cdot ДВВ^j \cdot dv^j \cdot 0.75, \quad (3.2)$$

де  $ДВВ$  – середній за декаду дефіцит вологості повітря;

$dv$  – кількість днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко

$$E^j = \frac{2W^j + O_s^j + P_{\text{нор}}^j}{1 + \frac{1W_{\text{НВ}}}{E_0^j}}, \quad (3.3)$$

де  $E$  – сумарне випаровування;

$P_{\text{нор}}$  – норма вегетаційних поливів;

$W_{\text{НВ}}$  – найменша вологомісткість у шарі ґрунту 0-100 см;

$O_s$  – сума опадів за декаду, мм;

$W$  – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація в нижні шари ґрунту

$$F_{ilt}^j = W^j + O_s^j + P_{nor}^j - E^j - W_{HB}, \quad (3.4)$$

де  $F_{ilt}$  - інфільтрація в нижні шари ґрунту за декаду, мм.

Розрахунок запасів продуктивної вологи визначається по рівнянню водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + O_s^j + P_{nor}^j - E^j - F_{ilt}^j. \quad (3.5)$$

### 3.2.3 Блок функцій впливу фази розвитку та агрометеорологічних факторів на продукційний процес рослин

В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами довкілля.

Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу скористаємося формулою виду

$$\alpha_\phi^j = \exp \left[ -a_\phi \cdot \left( \frac{TS_2 - \sum t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (3.6)$$

у якій величину  $a_\phi$  визначаємо за таким виразом

$$\alpha_\phi = \frac{-100(1n)\alpha_\phi^0}{(\sum t_1)^2}, \quad (3.7)$$

де  $\alpha_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

$\alpha_\phi^0$  – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

$\sum t_1$  – сума ефективних температур від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

$TS_2$  – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес визначається за допомогою наступної процедури. Температурна крива фотосинтезу визначається за формулою:

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 1.37 \cdot \sin(0.077 \cdot x_1^j), npu(t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, nput_{opt1} \leq (t^j - t_0) \leq t_{opt2}^j \\ 1.13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_2^j), npu(t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases}, \quad (3.8)$$

де  $\Psi_{\phi}$  – температурна крива фотосинтезу;

$t$  – середньодекадна температура повітря;

$t_0$  – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез;

$t_{opt1}$  – нижня межа температурного оптимуму фотосинтезу;

$t_{opt2}$  – верхня межа температурного оптимуму фотосинтезу.

$$x_1^j = (t_x^j - t_0) / (t_{opt1}^j - t_0), \quad (3.9)$$

$$x_2^j = (t_x^j - t_{opt2}^j) / (t_{max} - t_{opt2}^j), \quad (3.10)$$

де  $t$  – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез;

$t_x$  – температура повітря.

Значення нижньої і верхньої меж температурного оптимуму фотосинтезу визначається за формулами:

$$t_{opt1}^j = 15.40 + 20.93x_3^j - 20.09(x_3^j)^2; \quad (3.11)$$

$$t_{opt2}^j = 18.49 + 18.53x_3^j - 17.52(x_3^j); \quad (3.12)$$

$$x_3^j = \frac{t^j}{\sum t_{req}}, \quad (3.13)$$

де  $\sum t_{req}$  – сума температур, необхідна для дозрівання рослин.

Функція впливу температури повітря на фотосинтез змінюється від 0 до 1.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез ( $\gamma_\phi$ ) визначається за формулою:

$$\gamma_\phi = \begin{cases} -1.163 \cdot (x_3^j)^2 + 2.187 \cdot x_3^j, \\ \text{при } W^j < W_{opt1}^j, 1, \text{ при } W_{opt1}^j \leq W^j \leq W_{opt2}^j, \\ -0.654 + 3.824 \cdot x_4^j - 2.633 \cdot (x_4^j)^2 + 0.467 \cdot (x_4^j)^3, \\ \text{при } W^j > W_{opt2}^j \end{cases} \quad (3.14)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм;

$W_{opt1}$  – нижня межа оптимальних вологозапасів;

$W_{opt2}$  – верхня межа оптимальних вологозапасів.

$$x_3^j = W^j / W_{opt1}^j \quad (3.15)$$

$$x_4^j = W^j / W_{opt2}^j. \quad (3.16)$$

Функція впливу вологозабезпеченості посівів розглядалася як поєднання двох функцій. Враховувалася функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин і відношення сумарного випарування посівів до випаровуваності:

$$FM = \left( \gamma_\phi^j \cdot \frac{E^j}{E_0} \right)^{0.5}, \quad (3.17)$$

де  $FM$  – відносна вологозабезпеченість посівів.

### 3.2.4 Блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням

Родючість ґрунту характеризується наявністю в ньому гумусу, що залежить від міри впливу ерозії ґрунту:

$$G_{um} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (3.18)$$

$$F_{G_{um}} = \frac{G_{um}}{G_{um_{opt}}}, \quad (3.19)$$

де  $G_{um}$  – наявність гумусу в ґрунті, %;

$G_{um,er}$  – наявність гумусу в ґрунті на схилах, з урахуванням ерозії, %;

$k_{er}^G$  – функція впливу ерозії ґрунту на наявність гумусу, відн. од.;

$G_{um_{opt}}$  – оптимальна для культури наявність гумусу у ґрунті, %.

Функція впливу наявності гумусу у ґрунті визначається за формулою

$$FM_{G_{um}} = (F_{G_{um}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{G_{um}})], \quad (3.20)$$

де  $FW_{G_{um}}$  – функція впливу наявності гумусу в ґрунті на формування урожаю, яка змінюється від 0 до 1.

Значення функцій оптимального азотного, фосфорного та калійного живлення визначаємо з деякими модифікаціями за методом О.С. Образцова:

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (3.21)$$

$$FM_N^j = \left\{ (F_N)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.22)$$

$$F_p = \frac{P_m}{P_{opt}}, \quad (3.23)$$

$$FM_p^j = \left\{ (F_p)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_p)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.24)$$

$$F_K = \frac{K_m}{K_{opt}}, \quad (3.25)$$

$$FM_K^j = \left\{ (F_K)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_K)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.26)$$

де  $N_m, P_m, K_m$  – доза мінеральних (азотних, фосфорних і калійних) добрив, що вноситься, кг/га;

$N_{opt}, P_{opt}, K_{opt}$  – оптимальна доза азотних, фосфорних і калійних добрив, необхідна для отримання максимального урожаю, кг/га;

$FM_N, FM_P, FM_K$  – функція впливу забезпеченості азотом, фосфором і калієм, відн. од.

$FM_N, FM_P, FM_K$  змінюються від 0 до 1.

Далі враховується вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність внесених добрив:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1, & \text{при } \frac{W^j}{W_{opt}^j} \geq 0,85 \\ 0,8, & \text{при } 0,70 < \frac{W^j}{W_{opt}^j} < 0,85 \\ 0,6, & \text{при } \frac{W^j}{W_{opt}^j} \leq 0,70 \end{cases}, \quad (3.27)$$

де  $k_{ef}^j$  – коефіцієнт ефективності добрив в залежності від вологості ґрунту, відн. од.

Визначаємо співвідношення дози органічних добрив до їхньої оптимальної величини і розраховується функція впливу внесення органічних добрив з урахуванням року внесення добрив:

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg_{opt}}}, \quad (3.28)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = \left\{ (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{O_{rg}})] \right\} \cdot k_{ef}^j \cdot k_{O_{rg}}^g, \quad (3.29)$$

де  $FW_{O_{rg}}$  – функція впливу внесення органічних добрив на урожай, відн. од., яка змінюється від 0 до 1;

$O_{rg}$  – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg}$  – оптимальна для культури доза внесення органічних добрив, т/га;

$k_{O_{rg}}^g$  – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн. од.

Узагальнену функцію впливу родючості ґрунту і внесення мінеральних і органічних добрив розрахуємо за принципом Лібіха :

$$FW_{ef}^j = \min \left\{ FW_{O_{rg}}^j, FN_N^j, FW_P^j, FW_K^j \right\}, \quad (3.30)$$

де  $FW_{ef}^j$  – функція впливу ефективної родючості на урожай, відн. од., яка змінюється від 0 до 1.

### 3.2.5 Блок агроекологічних категорій урожайності

Визначимо величини різних агроекологічних категорій урожайності з урахуванням внесених нами модифікацій, із залученням повнішої інформації і наповнення цих категорій новим змістом.

Приріст потенційної урожайності за декаду визначається залежно від інтенсивності ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації



$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (3.31)$$

де  $\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t}$  - приріст потенційної урожайності за декаду;

$\alpha_{\phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\eta$  – ККД посівів;

$Q_{\text{фар}}$  – інтенсивність ФАР;

$d\nu$  – кількість днів у розрахунковій декаді;

$q$  – калорійність;

$j$  – номер розрахункової декади.

Середня калорійність сухої біомаси у різних видів культури варіює в межах від 16,7 до 20,5 кДж/г. Калорійність міняється в онтогенезі і для окремих органів рослин вона різна.

По О.О. Ничипоровичу, посіви за їхніми середніми значеннями ККД підрозділяються на наступні групи:

звичайні спостереження	0,5 – 1,5 %
хороші	1,5 – 3,0 %
рекордні	3,5 – 5,0 %
теоретично можливі	6,0 – 8,0%

Приріст метеорологічно можливої урожайності є приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW2, \quad (3.32)$$

де  $\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t}$  – приріст метеорологічно можливої урожайності;

$FTW2$  – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на поєднання різних екстремальних умов.

Ця функція визначається за принципом Лібіха з урахуванням впливу температури повітря і умов зволоження на продукційний процес.

Формування дійсно можливої урожайності обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} \cdot B_{ПЛ} \cdot F_{G_{um}}, \quad (3.33)$$

де  $\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t}$  – приріст дійсно можливої урожайності;

$B_{ПЛ}$  – бал ґрунтового бонітету.

Отримання рівня господарської урожайності обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства та ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (3.34)$$

де  $\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t}$  – приріст урожайності у виробництві;

$k_{земл}$  – коефіцієнт, який характеризує рівень культури землеробства та господарської діяльності;

$FW_{ef}$  – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив залежно від умов вологозабезпеченості декад вегетації.

Ця функція визначається як здобуток функції впливу вологості ґрунту на ефективність внесення добрив і функції забезпеченості посівів органічними і мінеральними добривами.

Важливим показником продуктивності посівів сільськогосподарських культур є коефіцієнт господарської ефективності урожаю, який виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини урожаю (зерно,

бульби, качани, плоди і т. д.) до маси загальної сухої фітомаси. Коефіцієнт господарської ефективності  $K_{госп.}$  залежить від сорту сільськогосподарських культур і агрометеорологічних умов.

З урахуванням цього показника розраховуються різні агроекологічні категорії урожаю плодів при їхній стандартній вологості

$$ПУ_{зерна} = ПУ \cdot K_{госп.} \cdot 1,14 \cdot 0,1, \quad (3.35)$$

$$ММУ_{зерна} = ММУ \cdot K_{госп.} \cdot 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.36)$$

$$ДМУ_{зерна} = ДМУ \cdot K_{госп.} \cdot 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.37)$$

$$УВ_{зерна} = УВ \cdot K_{госп.} \cdot 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.38)$$

де  $ПУ_{зерна}$ ,  $ММУ_{зерна}$ ,  $ДМУ_{зерна}$ ,  $УВ_{зерна}$  відповідно до кожної культури.

Таким чином, високий рівень накопичення загальної фітомаси є, з одного боку, базою для створення високого урожаю зерна, з іншого - часто веде до зниження коефіцієнта господарської ефективності посівів  $K_{госп.}$ .

Величина, яка показує долю зерна в загальній масі  $M_{заг.}$  урожаю, визначається нами залежно від розмірів загальної біомаси рослин, з урахуванням впливу температури повітря періоду вегетації на рівень цієї величини:

$$K_{госп.} = \left[ \begin{array}{l} -0,43 + 6,702 \cdot 10^{-4} \cdot M_{заг.} - 4,171 \cdot 10^{-7} (M_{заг.})^2 + \\ + 8,889 \cdot 10^{-11} \cdot (M_{заг.})^3 \end{array} \right] \cdot t_{K_{госп.}}, \quad (3.39)$$

$$t_{K_{госп.}} = -4,648 + 0,536 \cdot \overline{t_{В.П.}} - 0,13(\overline{t_{В.П.}})^2, \quad (3.40)$$

де  $t_{K_{госп.}}$  – функція впливу температури повітря на рівень ;

$\overline{t_{В.П.}}$  – середня за період вегетації температура повітря.

Формули (3.1 – 3.40) дозволяють визначити різні агроекологічні категорії урожайності зрошуваної кукурудзи різних сортів. Включення в модель параметрів, які характеризують відмінності у вимогах груп сортів до

умов навколишнього середовища, дозволило оцінити реакцію різних сортів на агрокліматичні умови їх вирощування, і виконати в сортовому розрізі оцінку продуктивності цієї культури для зрошуваних умов України.

### 3.2.6 Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроєкологічних категорій урожайності (ПУ, ММУ, ДМУ, УВ), а також їх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів.

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

1. Міра сприятливості метеорологічних умов обробітку культури характеризує співвідношення  $МВУ$  і  $ПУ$

$$K_m = ММУ/ПУ, \quad (3.41)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, отн. ед.

2. Сприятливість ґрунтових умов відображає відношення ДМУ і ММУ

$$K_z = ДМУ/ММУ, \quad (3.42)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, отн. ед.

3. Співвідношення  $УВ$  і  $ММУ$  встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховується за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів

$$K_{a.p.} = УВ/ММУ, \quad (3.43)$$

де  $K_{a.p.}$  – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.

4. За реальних ґрунтових умов співвідношення УВ і ДМУ можна розглядати як показник досконалої агротехнології

$$K_{земл} = UB/ДМУ \quad (3.44)$$

де  $K_{земл}$  – коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов, характеризує рівень культури землеробства з точки зору ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов, відн. од.

5. Величина УВ віднесена до ПУ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу

$$K_{ек.пот.} = UB/ПУ \quad (3.45)$$

де  $K_{ек.пот.}$  – коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.

Підвищення рівня УВ і доведення його до ДМУ вимагає ретельного дотримання усіх способів агротехніки, виконання їх в повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговим завданням програмування урожаїв, спрямованим на усунення лімітуючої дії різноманітних господарських чинників.

Наближення ДМУ до ММУ вимагатиме виконання робіт по підвищенню родючості ґрунту. Різниця між ММУ і ПУ компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів і культур, які краще пристосовані до особливостей конкретного клімату. Підвищення рівня ПУ забезпечується, головним чином, шляхом селекції нових сортів, які матимуть вищий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

## РОЗДІЛ 4

### АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Продуктивність сільськогосподарських культур визначається мірою відповідності кліматичних умов, біологічних особливостей цих культур та агротехнікою їхнього обробітку. Найвища продуктивність досягається за умов максимально повнішого використання рослиною агрокліматичних ресурсів.

Для оцінки агроекологічних умов формування продуктивності урожаю кукурудзи в Херсонській області для прикладу ми розглядали два адміністративних райони, характерних для агрокліматичних районів: перший агрокліматичний район Нижньосірогозький і другий – Білозерський.

Зупинимось детальніше на оцінці агроекологічних умов вирощування та формування продуктивності кукурудзи в цих районах.

#### 4.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності у Нижньосірогозький районі

Як видно на рис. 4.1 на фазу сходів сума ФАР за декаду складає 5,8-6,7 кДж/см<sup>2</sup>, а величина приростів ПУ складає 91-97 г/м<sup>2</sup>·д. Від фази сходів до викидання волоті сума ФАР за декаду постійно збільшується від 6,7 до 10,44 кДж/см<sup>2</sup>·д. Це призвело до того, що прирости ПУ за цей міжфазний період постійно зростають від 97 до 219 г/м<sup>2</sup>·д. У фазу цвітіння прирости ПУ досягають свого максимуму. В подальшому по мірі настання фази молочна та воскова стиглість відбувалось старіння рослин, що обумовило зниження приростів ПУ на фоні досить високих сум ФАР за декаду (10,85-11,20 кДж/см<sup>2</sup>). У фазу молочної стиглості прирости зменшились до 190-202 г/м<sup>2</sup>·д. і до фази повної стиглості прирости ПУ зменшились до 101 г/м<sup>2</sup>·д.

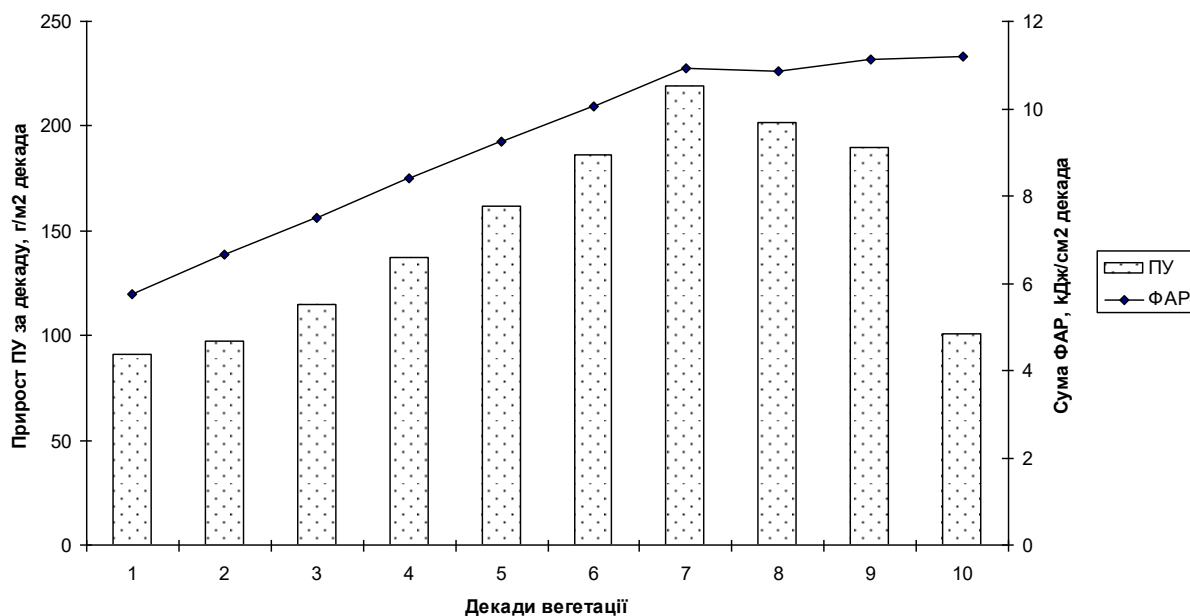


Рисунок 4.1 – Динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи та сум ФАР у І агрокліматичному районі.

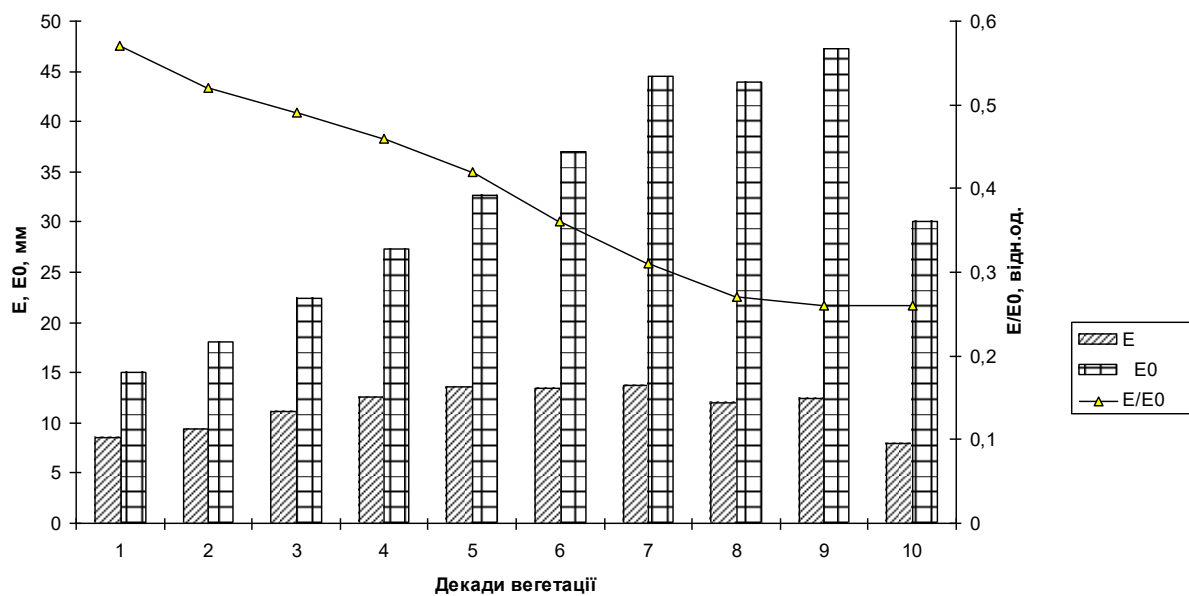


Рисунок 4.2 – Динаміка характеристик водного режиму посівів кукурудзи в І агрокліматичному районі:  $E$  – випаровування;  $E_0$  – випаровуваність;  $E/E_0$  – відносна вологозабезпеченість.

Приріст ПУ обмежується впливом волого-температурного режиму посівів. В перші декади вегетації (сходи – викидання волоті) сумарне випаровування посівів кукурудзи (рис. 4.2) складає 8,5-9,4 мм, випаровуваність знаходиться в межах 15-18 мм.

Найбільше значення випаровування було в період наростання рослинної маси в міжфазний період сходи – цвітіння, коли воно збільшилось від 11 до 13,7 мм за декаду. Випаровуваність в цей період значно зростає від 22,4 до 44,5 мм. Період сходи – викидання волоті являється критичним по відношенню до вологи и для підтримання оптимальної вологозабезпеченості необхідно високі запаси вологи у ґрунті. Найбільш значні величини випаровуваності спостерігаються в період цвітіння – молочно-воскової стиглості, вони досягли 43,9-47,3 мм. До фази воскової стиглості сумарне випаровування кукурудзи зменшилось до 8 мм., значення випаровуваності знизилось до 30,1 мм. Відносна вологозабезпеченість посівів на початкових фазах була достатньо висока, хоча і від декади до декади знижувалась. В період сходи – викидання волоті вона була найбільша і складала 0,52-0,51 відн.од. В період максимального наростання відносної маси від сходів – цвітіння вона знижувалась від 0,49-0,31 відн.од. В наступний період відбувалось незначне погіршення вологозабезпеченості (до 0,26-0,27 відн.од.).

Температурний режим в період вегетації (рис. 4.3) був близький до верхньої межі оптимальних температур для фотосинтезу. В період сходи – викидання волоті середня температура повітря складала 4,9-7,4 °С і знаходилась в між нижньою та верхньою межами оптимальних температур. В період сходи – викидання волоті температура незначно вийшла за верхню межу оптимальних температур і змінилась від 10 до 16 °С. В період цвітіння і молочної стиглості температура повітря дорівнювала верхній межі оптимальних температур і складала 17,3-18,6 °С. В період після настання молочної стиглості до воскової і повної стиглості вона перевищила оптимальну на 0,7-1,3 °С.



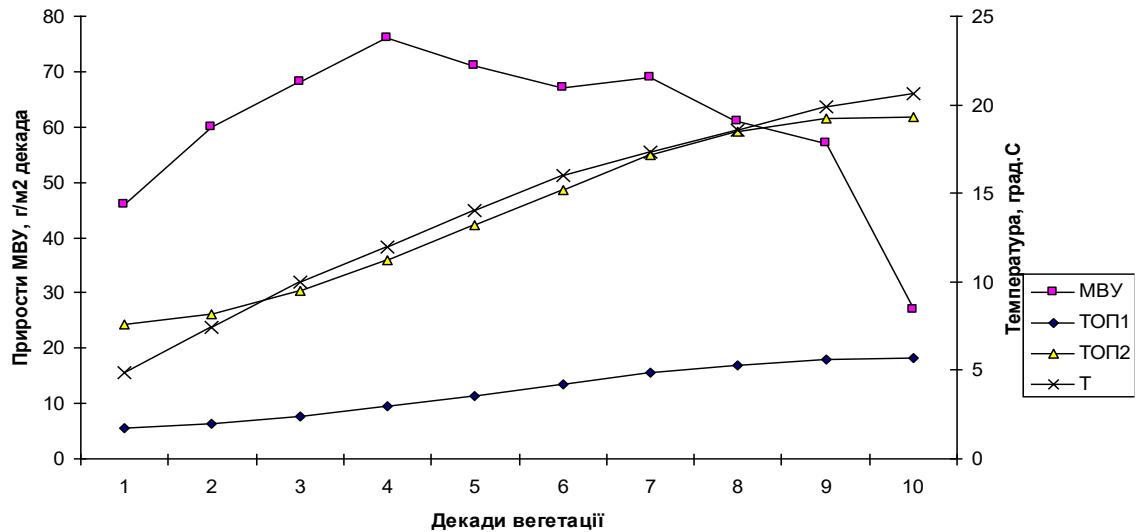


Рисунок 4.3 – Динаміка характеристик термічного режиму та приростів ММУ кукурудзи в I агрокліматичному районі:  $T_{on1}$  і  $T_{on2}$  – нижня та верхня оптимальна межа температури для фотосинтезу;  $T$  – температура повітря.

Таких хід волого температурного режиму визначив прирости ММУ кукурудзи. Як видно з даних рис. 4.3, в період сходи – викидання волоті прирости ММУ складають 45,5-59,8 г/м<sup>2</sup>·д.

В наступний період прирости ММУ збільшились, максимальними вони були близько до викидання волоті. В IV-V декадах вони склали 71,3-76,2 г/м<sup>2</sup>·д. В період після цвітіння прирости ММУ знизились. Від фази цвітіння до молочно-воскової стиглості прирости змінились від 68,8 до 56,9 г/м<sup>2</sup>·д. В фазу воскової і повної стиглості прирости ММУ були мінімальними.

Прирости ДМУ лімітуються балом родючості ґрунтів. За рахунок цього рівень приростів ДМУ загальної та сухої біомаси буде суттєво нижчим в порівнянні з ММУ (рис. 4.4). В період сходів прирости ДМУ склали 22,2 г/м<sup>2</sup>·д. На фазу 5-й лист цей приріст збільшився на 7г/м<sup>2</sup>·д. і в подальшому до IV декади (середина міжфазного періоду сходи – викидання волоті) прирости ДМУ постійно зменшуються.

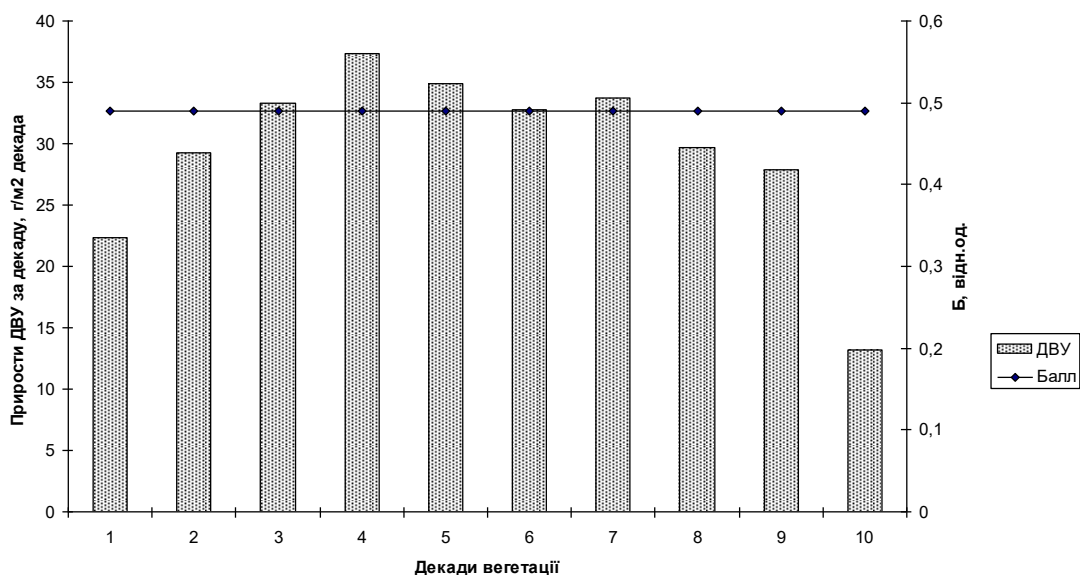


Рисунок 4.4 – Динаміка приростів ДМУ кукурудзи у першому агрокліматичному районі: Б – бал родючості

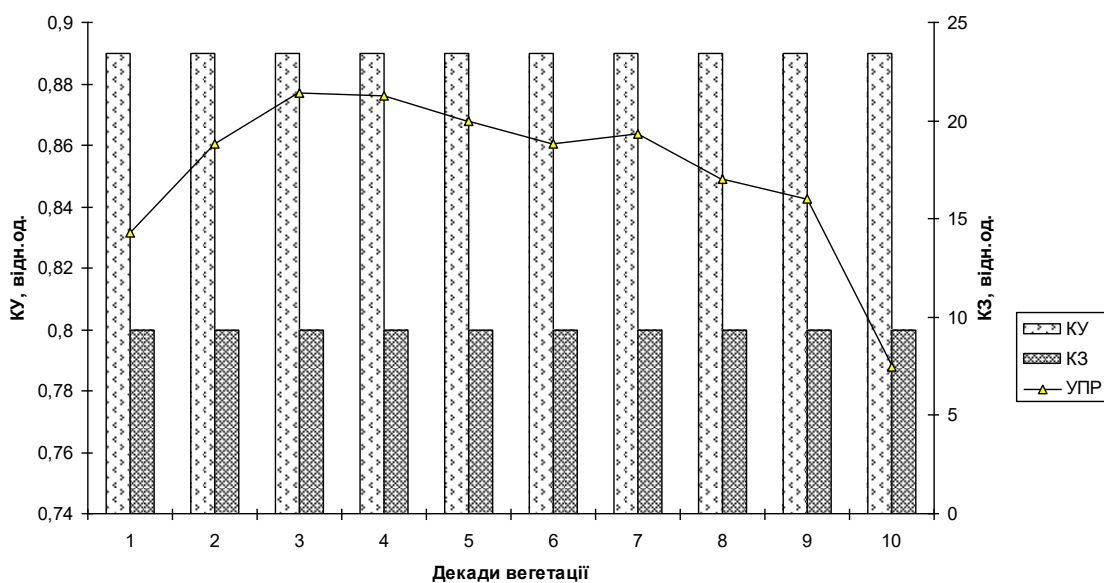


Рисунок 4.5 – Динаміка приростів УВ кукурудзи у I агрокліматичному районі: КУ – ефективність внесення мінеральних та органічних добрив; КЗ – рівень культури землеробства.

В фазу колосіння – цвітіння вони склали 32,8-33,7 г/м<sup>2</sup>·д. В подальшому з настанням фази молочної та воскової стиглості прирости ДМУ знизились до 27,9 г/м<sup>2</sup>·д. і на фазу повної стиглості він склав 13,2 г/м<sup>2</sup>·д.

Урожай у виробництві визначається загальним рівнем культури землеробства, який прийнятий в даному регіоні і дозами ефективності внесення мінеральних і органічних добрив. При заданому рівні культури землеробства (0,8 відн.од.) і розрахованої ефективності внесення органічних і мінеральних добрив, яка дорівнює 0,89 відн.од. динаміка приростів УВ приведена на рис. 4.5. В період сходів вона змінюється від 14,3 до 18,8 г/м<sup>2</sup>·д. Максимальне значення приростів УВ спостерігається в середині періоду сходи – викидання волоті. Значення приростів УВ в цей період досягає 21,4 г/м<sup>2</sup>·д. В період цвітіння відбувається деяке зниження приростів УВ до 18,7-19,2 г/м<sup>2</sup>·д. В подальшому при настанні фази воскової і повної стиглості прирости УВ знизились до 7,5 г/м<sup>2</sup>·д.

#### 4.2 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності у Білозерському районі

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом та мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси кукурудзи визначається приходом ФАР за період розвитку та коефіцієнтом її використання. Динаміка приростів потенційної урожайності кукурудзи та хід декадних сум ФАР за період сходи – повна стиглість наведені на рис. 4.6.

Як видно з даних рис. 4.6 на фазу сходів рівень суми ФАР за декаду складає 5,81–6,72 кДж/см<sup>2</sup>. Від фази сходи – викидання волоті сума ФАР за декаду постійно зростає від 6,72 до 9,97 кДж/см<sup>2</sup>. Зростання суми ФАР за декаду спостерігається, також, у наступних періодах вегетації кукурудзи і перед настанням повної стиглості ці величини досягають значення 11,35 кДж/см<sup>2</sup>.

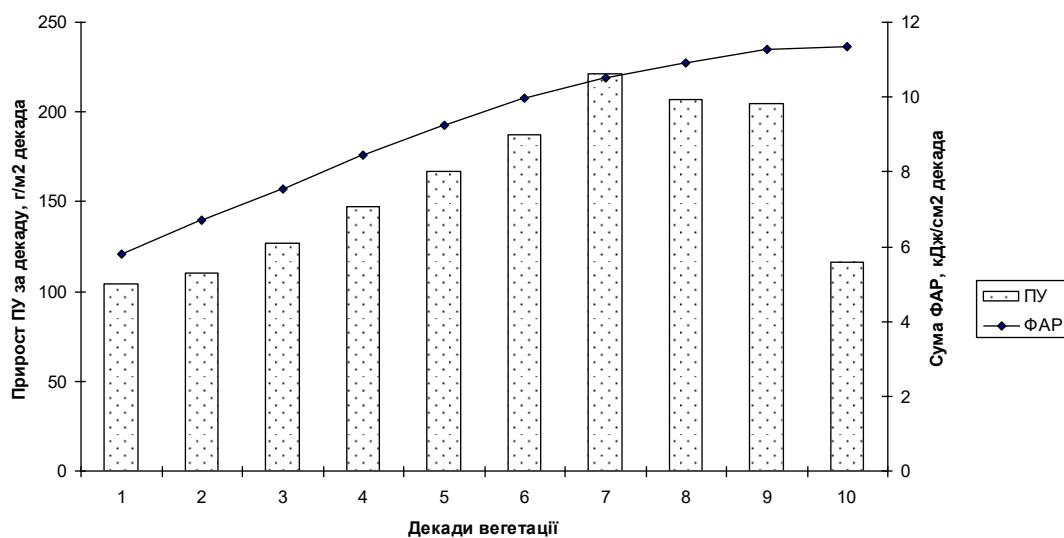


Рисунок 4.6 – Динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи та сум ФАР у другому агрокліматичному районі.

Приріст ПУ в період сходів складає 104–110 г/м<sup>2</sup> д. Після фази сходів – викидання волоті спостерігається постійне зростання приростів ПУ від декади до декади від 110 до 187 г/м<sup>2</sup> д. У фазу цвітіння приріст ПУ досягає свого максимуму (221 г/м<sup>2</sup> д). В подальшому з настанням фаз молочної та воскової стиглості спостерігається старіння рослин, що обумовлює зниження приростів ПУ на фоні достатньо високих сум ФАР за декаду. У фазу молочної стиглості прирости ПУ зменшились до 207–205 г/м<sup>2</sup> д і до кінця вегетації склали 116 г/м<sup>2</sup> д. Рівень приростів ПУ лімітується фактором тепла та вологи. Ці два фактори визначають наступну агроекологічну категорію урожайності – ММУ.

Сумарне випаровування посівів кукурудзи (рис. 4.7) у перші декади вегетації (період сходів – 5-й лист) складає 11,5–12,4 мм., випаровуваність знаходиться у межах 14,5–17,5 мм. Найбільш значне випаровування спостерігалось у період наростання рослинної маси в міжфазний період 5-й лист – молочна стиглість – цвітіння, коли його значення збільшувалось від 14,4 до 18,2 мм. за декаду. Випаровуваність в цей період зростає дуже значно від 21,9 до 45 мм. Період 5-й лист – викидання волоті являється критичним по

відношенню до вологи та для підтримання оптимальної вологозабезпеченості необхідні великі запаси вологи у ґрунті. Найбільш значні величини випаровуваності спостерігалось в період цвітіння – молочна стиглість – воскова стиглість, вони досягали 44,8 – 48,8 мм. На фазу воскової стиглості сумарне випаровування кукурудзи знизилось до 11,5 мм, а значення випаровуваності знизилось до 31,3 мм.

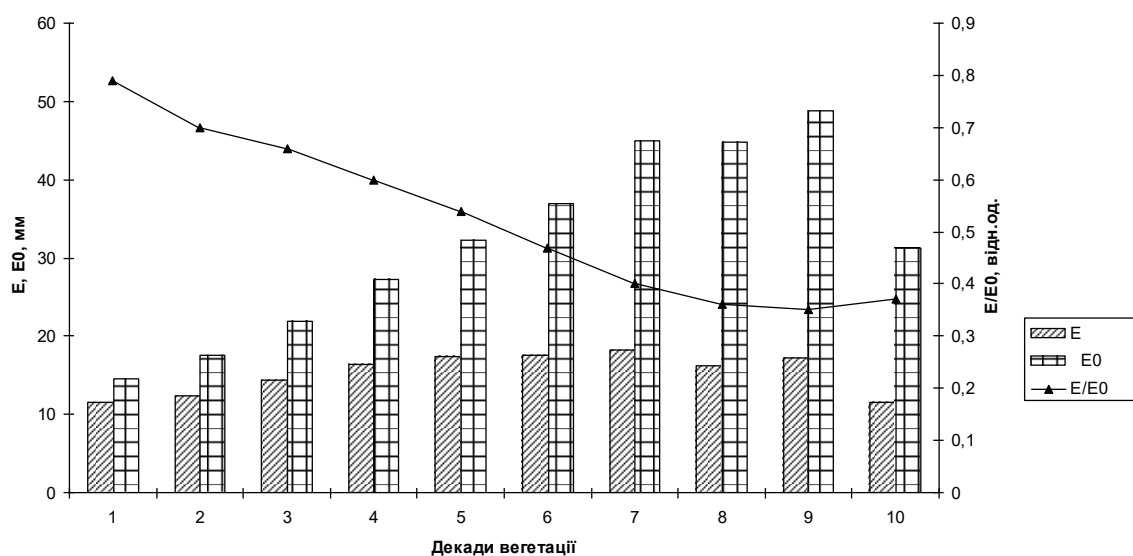


Рисунок 4.7 – Динаміка характеристик водного режиму посівів кукурудзи у другому агрокліматичному районі: E – випаровування; E0 – випаровуваність; E/E0 – відносна вологозабезпеченість.

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності ( $E/E_0$ ) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Відносна вологозабезпеченість посівів на початку вегетації була достатньо висока, хоча і від декади до декади знижувалась. В період сходи – 5-й лист вона була найбільш високою і складала 0,79-0,7 відн.од. В період максимального наростання відносної маси від 5-го листа – цвітіння

вологозабезпеченості знизилась від 0,66 до 0,4 відн.од. В наступні періоди відбувалось незначне зменшення її від 0,36 до 0,37 відн.од.

Температурний режим в період вегетації (рис. 4.8) був близький до верхньої межі оптимальних температур для фотосинтезу. В період сходи – 5-й лист середнє значення температури повітря складало 4,5-7,1°C і знаходилось в межах між нижньою та верхньою межею оптимальних температур.

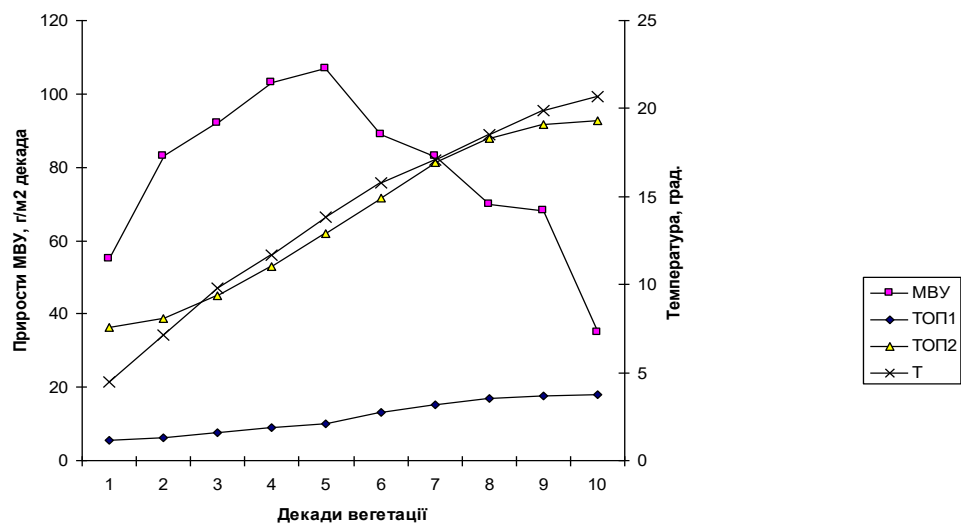


Рисунок 4.8 – Динаміка характеристик термічного режиму та приростів ММУ кукурудзи в II агрокліматичному районі:  $T_{оп1}$  і  $T_{оп2}$  – нижня та верхня оптимальна межа температури для фотосинтезу;  $T$  – температура повітря.

В період 5-й лист – цвітіння температура незначно вийшла за верхню межу оптимальних температур та змінилась від 9,8 до 15,8 °C. В період цвітіння – молочної - воскової стиглості та до настання повної стиглості температура продовжувала знаходитись за верхньою межею оптимальних температур, перевищуючи оптимальну температуру на 0,25-1,38 °C.

Таких хід волого-температурного режиму визначає приріст ММУ кукурудзи. Як видно з рис. 4.8, в період сходи – 5-й лист прирости ММУ складала 55-82,8 г/м<sup>2</sup>·д. В подальшому в період 5-й лист - цвітіння прирости

ММУ зростають та досягають максимального значення в середині періоду 5-й лист – цвітіння. В період IV-V декад вони складають 102,6-106,7 г/м<sup>2</sup>·д. В період цвітіння прирости ММУ знизились. Від фази цвітіння до молочно-воскової стиглості прирости ММУ змінилися від 88,5 до 68,1 г/м<sup>2</sup>·д. У фазу повної стиглості прирости ММУ досягли мінімального значення 34,6 г/м<sup>2</sup>·д.

Прирости ДМУ лімітуються балом родючості ґрунту. За рахунок цього рівень приростів в ДМУ загальної та сухої маси буде значно нижчим в порівнянні з ММУ. В період сходи – 3-й лист прирости ДМУ складала 34,3 г/м<sup>2</sup>·д (рис. 4.9).

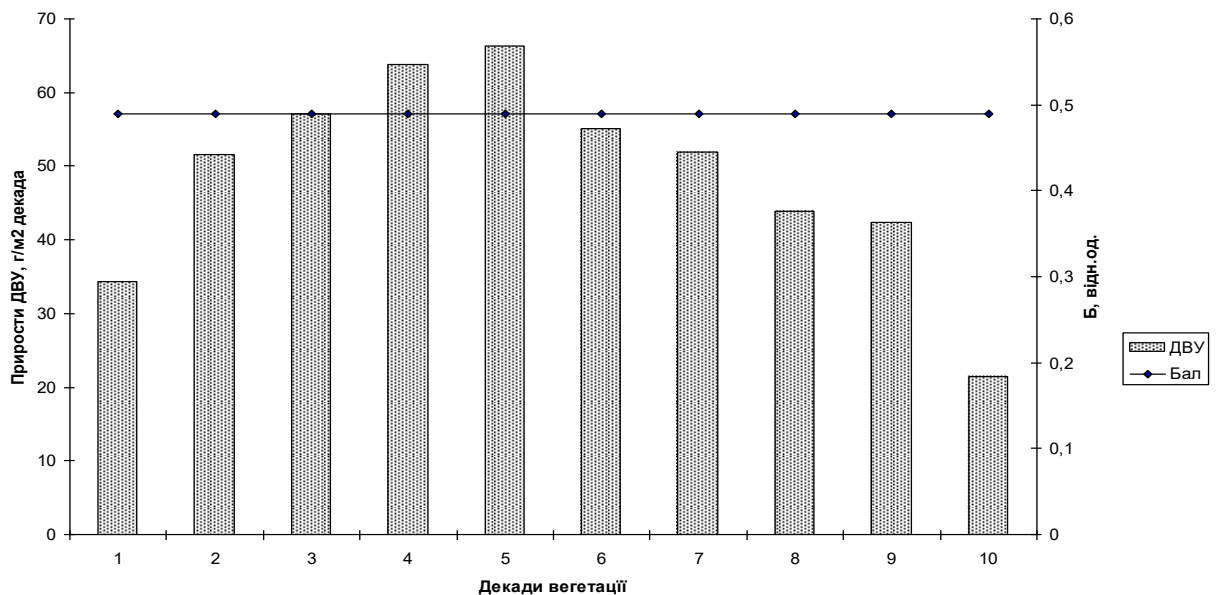


Рисунок 4.9 – Динаміка приростів ДМУ кукурудзи у другому агрокліматичному районі: Б – бал родючості

На фазу 5-й лист цей приріст збільшився на 17 г/м<sup>2</sup>·д. та в подальшому до V декади (початок фази колосіння) прирости ДМУ зростали від 51,6 до 66,3 г/м<sup>2</sup>·д. Починаючи з VI декади прирости ДМУ поступово зменшуються. В фазу цвітіння він склав 55,1-51,9 г/м<sup>2</sup>·д. В наступні фази молочної та

воскової зрілості приріст ДМУ знизився до  $42,4 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$ . І на фазу повної стиглості він склав  $21,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$ .

Урожай у виробництві визначається загальним рівнем культури землеробства, який прийнятий в даному регіоні та дозами і ефективністю внесення мінеральних та органічних добрив. При заданому рівні культури землеробства (0,75) та розрахунковою ефективністю внесення органічних і мінеральних добрив – 0,89 відн.од. динаміка приростів УВ наведена на рис. 4.10.

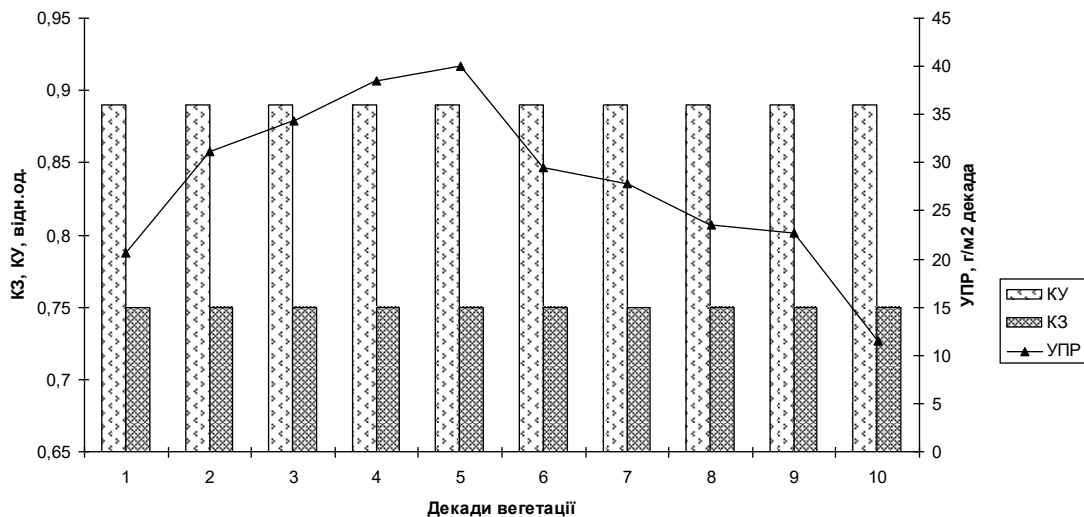


Рисунок 4.10 – Динаміка приростів УВ кукурудзи у другому агрокліматичному районі: КУ – ефективність внесення мінеральних та органічних добрив; КЗ – рівень культури землеробства.

В період сходи – 5-й лист вона змінилась від  $20,7$  до  $31,1 \text{ г/м}^2$  за декаду. Максимальне значення приросту УВ спостерігалось в кінці між фазного періоду 5-й лист – цвітіння. Значення приросту УВ в цей період досягло значення  $40 \text{ г/м}^2$  за декаду. В період цвітіння відбувалось деяке зниження приросту УВ до  $29,5-27,7 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$ . В подальшому при настанні фаз молочної та воскової стиглості прирости УВ знизились до  $11,5 \text{ г/м}^2$  за декаду.



### 4.3 Комплексна оцінка агрокліматичних умов вегетації кукурудзи

У числі багатьох компонентів, що становлять єдину природу, найважливішим для сільського господарства є ґрунт і клімат, включаючи погоду і водні ресурси, як похідні від клімату. Світло, тепло, волога та їхні співвідношення впливають на рослини не лише безпосередньо, але і через обумовлених ними ґрунтоутворювальні та мікробіологічні процеси.

У табл.4.1 наведені узагальнені показники агрокліматичних умов вирощування різних по стиглості сортів кукурудзи. Активна вегетація кукурудзи відбувається при середній добовій температурі вище 10 °С.

Таблиця 4.1 – Узагальнені показники агрокліматичних умов вирощування різних по стиглості сортів кукурудзи

№ пп	Узагальнені показники за період вегетації	Сорт			
		ранньо-стиглий	середньо-ранній	середньо-стиглий	середньо-пізній
1	Сума активних температур вище 10 °С	2000	2200	2450	2485
2	Сума ФАР, мДж/м <sup>2</sup>	1089	1194	1298	1340
3	Тривалість вегетаційного періоду, д	111	124	144	147
4	Сума опадів, мм	272	288	317	317
5	Потреба рослин у вологі, мм	501	539	577	580
6	Сумарне випаровування, мм	297	317	338	342
7	Дефіцит вологи, мм	179	204	226	230
8	ГТК, відн.од.	1,3	1,3	1,2	1,2

Знаючи суму активних температур, яка спостерігається по цій території, потреба культури в теплі за період її вегетації, тобто біологічну суму температур, можна визначити теплозабезпеченість цієї культури та її сорту на досліджуваній території. В даному випадку сума активних температур вище 10 °С для ранньостиглих сортів складає 2000 °С, для середньоранніх –

2200 °С, для середньостиглих – 2450 °С і для дозрівання середньопізніх сортів – 2750 °С.

З даних табл. 4.1 видно, що суми активних температур, які накопичуються за період вегетації, відповідають потрібній кількості тепла, за винятком середньопізніх сортів.

Описуючи ресурси ФАР можна помітити, що суми ФАР складають 1089 мДж/м<sup>2</sup> для ранньостиглих сортів, 1194 мДж/м<sup>2</sup> для середньоранніх і 1298 мДж/м<sup>2</sup> для середньостиглих. Середньопізні сорту характеризуються сумою ФАР, рівною 1340 мДж/м<sup>2</sup>. В цілому можна відмітити, що є достатня кількість ФАР для вирощування цих сортів кукурудзи.

Окрім тепла важливим чинником в житті рослин є волога. Режим зволоження визначається головним чином кількістю опадів. Сума опадів за період сходи – повна стиглість для умов Херсонської області коливається від 272 мм для ранньостиглих і до 317 мм для середньопізніх сортів. Причому для середньоранніх ця сума опадів складає 288 мм і для середньостиглих – 317 мм.

Зволоження території залежить не лише від кількості опадів, які випали але і від того, скільки їх витрачається на випаровування і стік. Тому за величину, яка характеризує міру зволоження території використовують умовний показник зволоження – гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). Прихід вологи у вигляді опадів, що враховується одночасно, і сумарна її витрата на випаровування. ГТК змінюється таким чином: для ранньостиглих і середньостиглих сортів він складає 1,3 відн.од., а для середньостиглих і середньопізніх – 1,2 відн.од.

Оптимальна потреба кукурудзи у воді в період вегетації в середньому складає 500-600 мм. Для умов Херсонської області потреба рослин у вологі для ранньостиглих сортів складає 501 мм, підвищуючись до 539 мм для середньоранніх. Середньостиглі сорти потребують 577 мм, а середньопізні – 580 мм.

Переходячи до опису сумарного випаровування, з даних табл. 4.1 видно, що воно складає для ранньостиглих сортів 297 мм, для середньоранніх – 317 мм, для середньостиглих – 338 мм і для середньопізніх досягає 342 мм.

Дефіцит вологи, тобто різниця між оптимальним водоспоживанням і сумарним випаровуванням на досліджуваній території змінюється таким чином: дефіцит вологи складає 179 мм для ранньостиглих сортів, 204 мм для середньоранніх, потім це значення зростає до 226 мм для середньостиглих сортів і для середньопізніх – до 230 мм.

Ґрунти Херсонської області – один з важливих видів природних ресурсів. 75% земельних угідь займають родючі ґрунти - чорноземи, які відрізняються високою продуктивністю.

Обов'язковим елементом земельного кадастру є бонітет ґрунтів. Рівень природної родючості цих ґрунтів досить диференційований. Бал ґрунтової родючості ґрунтів Херсонської області складає 74 відн.од.

Формування урожаю сільськогосподарських культур є складним, нестационарним процесом, протікання і результат якого визначаються взаємодією рослин з умовами навколишнього середовища. Серед них провідне місце займає забезпечення рослин променистою енергією, водою, теплотою, вуглекислотою та елементами мінерального живлення.

У табл. 4.2 наведені узагальнені показники продуктивності різних по стиглості сортів кукурудзи. Оцінюючи міру сприятливості кліматичних умов, з табл. 4.2 видно, що ця оцінка складає 0,935 відн.од. для ранньостиглого і середньораннього сортів кукурудзи, для середньостиглого сорту цей показник злегка понижений до 0,902 відн.од., для середньопізнього сорту це значення складає 0,713 відн.од.

Переходячи до оцінки рівня використання агрокліматичних ресурсів, з табл. 4.2 видно, що цей рівень змінюється в діапазоні від 0,580 відн.од. для ранньостиглого сорту і до 0,626 відн.од. для середньопізнього. Причому середньоранній сорт характеризується відміткою 0,594 відн.од., а середньостиглий - 0,617 відн.од.

Описуючи оцінку рівня реалізації агроекологічного потенціалу можна зробити висновок, що цей потенціал реалізується досить повно. Його рівень для ранньостиглих сортів складає 0,889 відн.од., для середньоранніх - 0,881 відн.од. Потім він трохи знижується, складаючи 0,821 відн.од для середньостиглого сорту і 0,548 відн.од. для середньопізнього.

Дані табл. 4.2, які характеризують оцінку рівня господарського використання агрометеорологічних і ґрунтових умов показують, що для цієї території характерні високі його значення.

Таблиця 4.2 – Узагальнені показники продуктивності різних по стиглості сортів кукурудзи

№ п/п	Узагальнюючі показники за період вегетації	Сорт			
		ранньо-стиглий	середньо-ранній	середньостиглий	середньопізній
1	Бал ґрунтової родючості, відн. од.	74	74	74	74
2	Оцінка ступеню сприятливості кліматичних умов, відн. од.	0,935	0,935	0,902	0,713
3	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.	0,580	0,594	0,617	0,626
4	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн.од.	0,889	0,881	0,821	0,548
5	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн .од.	0,725	0,736	0,764	0,791
6	ПУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	1606	1689	2061	2698
7	ММУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	1458	1535	1818	2317
8	ДМУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	1078	1136	1345	1714
9	УВ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	780	821	962	1227
10	К <sub>госп</sub> для ПУ, відн. од	0,393	0,377	0,332	0,308
11	К <sub>госп</sub> для МВУ, відн. од	0,405	0,388	0,339	0,316
12	К <sub>госп</sub> для ДВУ, відн. од	0,438	0,422	0,370	0,338
13	К <sub>госп</sub> для УП, відн. од	0,439	0,430	0,395	0,373
14	ПУ зерна, ц/га	72	73	78	117
15	ММУ зерна, ц/га	67	68	70	83
16	ДМУ зерна, ц/га	54	55	57	66
17	УВ зерна, ц/га	39	40	43	52

Цей рівень плавно міняється в діапазоні від 0,725 відн.од. для ранньостиглих і до 0,791 відн.од для середньопізніх сортів, причому цей рівень для середньоранніх і середньостиглих сортів складає 0,736 і 0,764 відн.од відповідно.

#### 4.4 Мінливість величин агроекологічних категорій урожайності

Описуючи ПУ усієї сухої біомаси, з даних табл. 4.2 видно, що територія Херсонської області характеризується наступними значеннями, а саме: для ранньостиглого сорту цей рівень складає 1606 г/м<sup>2</sup>, для середньораннього - 1689 г/м<sup>2</sup>, для середньостиглого - 2061 г/м<sup>2</sup> і для середньопізнього - 2698 г/м<sup>2</sup>.

Переходячи до опису ММУ усієї сухої біомаси можна відмітити, що для ранньостиглого сорту рівень ММВУ усієї сухої біомаси складає 1458 г/м<sup>2</sup>, зростаючи до 1535 г/м<sup>2</sup> для середньораннього сорту. Середньостиглі і середньопізні сорти характеризуються рівнем ММУ усієї сухої біомаси, рівним 1535 і 1818 г/м<sup>2</sup> відповідно.

Аналізуючи ДМУ усієї сухої біомаси, з даних табл. 4.2 видно, що вона складає для ранньостиглого сорту 1078 г/м<sup>2</sup>, для середньопізнього-1136 г/м<sup>2</sup>, підвищуючись до 1345 г/м<sup>2</sup> характеризує середньостиглий сорт і досягає рівня 1714 г/м<sup>2</sup> для середньопізнього сорту.

Описуючи урожайність у виробництві (УВ) усієї сухої біомаси, можна відмітити, що УВ усієї сухої біомаси для ранньостиглих сортів складають 780 г/м<sup>2</sup>, для середньоранніх – 821 г/м<sup>2</sup>, підвищуючись до 962 г/м<sup>2</sup> характеризують середньостиглий сорт і середньопізній сорт має рівень УВ усієї сухої біомаси, рівним 1227 г/м<sup>2</sup>.

Важливим показником продуктивності фітоценозів, зокрема посівів сільськогосподарських культур, являється коефіцієнт господарської ефективності урожаю  $K_{\text{госп}}$ , що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини урожаю до ваги загальної сухої фітомаси.

Аналізуючи  $K_{зосп}$  для ПУ, з даних табл. 4.2 видно, що значення  $K_{зосп}$  коливається від 0,393 відн.од. для ранньостиглих сортів до 0,377 відн.од. для середньоранніх. Середньостиглі сорти характеризуються відміткою  $K_{зосп}$  для ПУ рівною 0,332 відн.од., помітно знижуючись до 0,308 відн.од. для середньопізніх сортів.

Переходячи до опису  $K_{зосп}$  для ММУ, з даних табл. 4.2 видно, що значення  $K_{зосп}$  змінюється від 0,405 відн.од для ранньостиглих сортів до 0,308 відн.од. для середньопізніх. Причому  $K_{зосп}$  для ММУ знижується до 0,388 відн.од для середньоранніх і до 0,339 відн.од. для середньостиглих сортів.

Переходячи до опису  $K_{зосп}$  для ДМУ можна відмітити,  $K_{зосп}$  для ДМУ міняється в діапазоні від 0,438 відн.од. для ранньостиглих сортів і до 0,338 відн.од. для середньопізніх. Причому для середньоранніх і середньостиглих сортів цей рівень складає 0,422 і 0,370 відн.од. відповідно.

Переходячи до опису  $K_{зосп}$  для УВ з даних табл. 4.2 видно, що ці значення змінюються від 0,439 відн.од. для ранньостиглих сортів, потім знижуючись до 0,430 відн.од. характеризують середньоранній сорт. Середньостиглі сорти характеризуються рівнем  $K_{зосп}$  рівним 0,395 відн.од. і для середньопізніх цей рівень складає 0,373 відн.од.

Переходячи до опису ПУ зерна, можна відмітити, що ці значення для ранньостиглого і середньораннього сортів складають 72 – 73 ц/га. До 78 ц/га підвищується потенційна урожайність для середньостиглого сорту, а середньопізні сорти характеризуються рівнем ПУ 117 ц/га.

Переходячи до опису ММУ зерна, з даних табл. 4.2 видно, що ММУ для ранньостиглого сорту складає 67 ц/га, трохи збільшуючись до 68 ц/га характеризує середньопізні сорти. Для середньостиглого сорту рівень ММУ складає 70 ц/га, зростаючи потім до 83 ц/га для середньопізніх сортів.

Дійсно можлива урожайність змінюється мало в межах 53-55 ц/га для ранньостиглих і середньоранніх сортів. Середньостиглі сорти

характеризуються рівнем ДМУ, який дорівнює 57 ц/га, зростаючи на 9 ц/га досягає 66 ц/га для середньопізнього сорту.

Переходячи до опису УВ, дані табл. 4.2 показують, що рівень УВ для ранньостиглих і середньоранніх сортів складає 39-40 ц/га. Середньостиглі сорти характеризуються рівнем УВ 43 ц/га, а середньопізні – 52 ц/га.

## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної кваліфікаційної роботи було зроблено таке:

1. Детально розглянуті агрокліматичні ресурси зони зрошення України: радіаційні ресурси; радіаційний режим і вологозабезпеченість території; теплові ресурси території; ресурси вологозабезпеченості території; характеристика ґрунтових умов зрошуваних територій.

2. Вивчено біологічні особливості різних за стиглості сортів та гібридів кукурудзи: потреба в сонячній радіації; вимоги до тепла; вимоги до вологозабезпечення; вимоги до режиму мінерального живлення; характеристика особливостей гібридів кукурудзи, вирощуваних при зрошенні

3. Виконано ознайомлення з сучасним станом моделювання формування урожаю кукурудзи.

4. Вивчена базова модель формування урожаю зрошуваної кукурудзи в умовах України: алгоритм моделі; способи підготовки вхідної інформації; способи виконання розрахунків по моделі.

5. Підготовлено необхідні для виконання розрахунків по моделі дані багаторічних спостережень гідрометеорологічних станцій за агрометеорологічними умовами росту і розвитку кукурудзи в умовах Херсонської області.

6. Виконано чисельні експерименти з моделлю формування урожаю зрошуваної кукурудзи стосовно різних за скоростиглістю сортів.

7. За допомогою запропонованої моделі виконана в сортовому розрізі оцінка агрокліматичних ресурсів Херсонської області, що включає:

- оцінку рівня ПУ, ММУ, ДМУ, УВ різних по стиглості сортів кукурудзи;

- комплексну оцінку ступеня сприятливості кліматичних умов, рівня використання агрокліматичних ресурсів, рівня реалізації агроекологічного



потенціалу та рівня господарського використання метеорологічних та ґрунтових умов.

8. Оцінено щодакна динаміка всередині вегетаційного періоду показників приростів агроєкологічних категорій урожайності під впливом радіаційного, теплового та водного режимів. Встановлено, що для ранньостиглих сортів максимальні прирости ПУ (190 г/м<sup>2</sup>), ММУ (170 г/м<sup>2</sup>), ДМУ (134 г/м<sup>2</sup>) і УВ (94 г/м<sup>2</sup>), які спостерігаються при надходженні сум ФАР 2700-2800 мДж/м<sup>2</sup>.

Встановлено відмінності в оптимальних значеннях  $\sum$ ФАР, температури повітря і характеристик зволоження для різних сортів кукурудзи (ранньостиглих, середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх).

9. Дана в сортовому розрізі комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів Херсонської області. Встановлено, що оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів змінюється від 0,580 відн.од. для ранньостиглих до 0,626 відн.од. для середньопізніх, рівень господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов становить 0,725-0,791 відн.од. відповідно

10. Виконано оцінку агроєкологічних категорій урожайності всієї сухої маси і урожаю зерна. Встановлено, що у ранньостиглих сортів кукурудзи формується ПУ всієї сухої маси 1606 г/м<sup>2</sup>, ММУ – 1458 г/м<sup>2</sup>, ДМУ – 1708 г/м<sup>2</sup>, УВ – 780 г/м<sup>2</sup>. Частка зерна в загальній масі урожаю коливається від 0,393 для ПУ і до 0,439 відн.од. для УВ. Відповідно урожай зерна становить для: ПУ – 72 ц/га; ММУ – 67 ц/га; ДМУ – 54 ц/га; УВ – 39 ц/га.

Аналогічні оцінки отримані також для середньоранніх, середньостиглих і середньопізніх сортів.

11. Дана оцінка агрокліматичних ресурсів Херсонської області у вигляді всіх агроєкологічних категорій врожайності (ПУ, ММУ, ДМУ, УВ) стосовно до різних по стиглості сортів кукурудзи.

12. Отримано комплексні оцінки ступеня сприятливості кліматичних умов вирощування різних сортів кукурудзи при зрошенні та оцінки ефективності використання кліматичних ресурсів Херсонської області.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник агронома. Київ: Урожай, 1964. 160 с.
2. Агрокліматичний довідник по Херсонській області (1986-2005) за ред. С.І. Мельничука, Т.І. Адаменко. Херсон, 2008. 220 с.
3. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
4. Бойко А.П., Сафаров С.Г., Сиротенко О.Д. Математическое моделирование суточного хода суммарного испарения с посевов сельскохозяйственных культур // Труды ВНИИСХМ. 1990. № 26. С. 23-23.
5. Важов В.И. Засухи на территории Центрально-Черноземных областей. Воронеж: 1954. 127 с.
6. Галямин Е.П., Сиптиц С.О. Об использовании методов математического моделирования для расчета продуктивности сельскохозяйственных культур при различных режимах орошения //Биологические основы орошаемого земледелия. М.: Наука, 1974. С. 145-149.
7. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 230 с.
8. Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур: методическое пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 49 с.
9. Константинов А.Р., Сокали Л.И., Гойса Н.И., Олейник Р.Н. Тепловой и водный режим Украины. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 591 с.
10. Краткий агроклиматический справочник Украины. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 256 с.
11. Малкина И.Г. Модель фенологического развития агроценоза кукурузы //Сб. Тр. ВНИИ системн. исслед. 1990. № 2. С. 57-62.
12. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса. ТЕС. 2012 629 с.
13. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та

продуктивності агроєкосистем. Одеса. Екологія. 2013. 430 с.

14. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений. //ДАН АН СССР. 1966. № 2. С.481-483.

15. Росс Ю.К. Система уравнений для количественного роста растений. //Фитоактинометрические исследования растительного покрова. Таллин: Валгус, 1968. С.64-89.

16. Руденко А.И. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. – М: Изд-во Московского общества испытателей природы, 1950. 151 с.

17. Степанов В.Н. Минимальные температуры для прорастания семян и появления всходов полевых культур. //Селекция и семеноводство, 1948, №1.

18. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.

19. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264с.

20. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 251 с.

21. ШигOLEV А.А. Температура как количественной агрометеорологический показатель скорости развития растений и некоторых элементов их продуктивности. //Труды ЦИП. 1957. Вып. 53. С.75-83.