

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Оцінка зміни агрокліматичних умов зростання**
кукурудзи в умовах зміни клімату в Південному Степу

Виконала студентка 2 курсу групи МЗА-19
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,
(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)

Щелікова Владислава Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.
Данілова Наталія Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут гідрометеорологічний
Кафедра агromетеорології та агроекології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Агromетеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агromетеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 26 » жовтня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Щеліковій Владиславі Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка зміни агрокліматичних умов зростання кукурудзи в умовах зміни клімату в Південному Степу

керівник роботи Данілова Наталія Василівна, к.геогр.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 16 » жовтня 2019 року № 194 «С»

2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: Середньо обласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агromетеорологічних станцій Української Гідрометслужби. Дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RASMO2.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Описати фізико-географічне районування та агрокліматичні умови Південного Степу та біологічні особливості культури кукурудзи. Провести чисельні експерименти з моделлю та провести аналіз отриманих результатів, дати оцінку впливу агрокліматичних умов формування продуктивності кукурудзи в умовах зміни клімату в Південному Степу України.

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

Декадний хід ФАР кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу. Декадний хід сумарної радіації за добу в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу. Динаміка площі листя кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу. Динаміка

фотосинтетичного потенціалу кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу. Динаміки декадних приростів ПУ, ММУ, ДМУ кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу. Динаміка врожайності кукурудзи у Херсонській області і відхилень урожайності від тренду в окремі роки.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської 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 магістерської кваліфікаційної роботи.	26.10.2020 р. - 04.11.2020 р.	90	5(відмінно)
2	Складання фізико-географічного огляду району (область, зона, край). Збір матеріалів спостережень та їх обробка.	05.11.2020 р. - 15.11.2020 р.	90	5(відмінно)
	<i>Рубіжна атестація</i>	16.11.2020 р. - 21.11.2020 р.	90	5(відмінно)
3	Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць. Аналіз отриманих результатів, написання основного тексту роботи.	22.11.2020 р. - 27.11.2020 р.	90	5(відмінно)
4	Узагальнення отриманих результатів. Написання висновків.	28.11.2020 р. - 30.11.2020 р.	90	5(відмінно)
5	Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	01.12.2020 р. - 07.12.2020 р.	90	5(відмінно)
7	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.	-	-	-
8	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

Студентка _____ Щелікова В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Данілова Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Зміна клімату є однією з основних викликів для фермерів, особливо в разі сільськогосподарських культур, які можуть бути використані в найповнішій мірі, в нашому повсякденному житті. Кукурудза є такою культурою, адже використовується для задоволення найширших сфер потреби користувачів (продукти харчування, корма для тварин, промислова сировина і т.д.). Одним з наслідків потепління є просування вирощування кукурудзи на більш північні регіони Землі. Однак, фермери повинні бути готові вирішувати проблеми, викликані зміною обставин і які в основному визначають успішне вирощування. Це не означає досягнення максимального врожаю на гектар, а певна модель вирощування, яка повністю враховує екологічні питання і високу рентабельність. Це комплексна технологія виробництва, яка в повній мірі адаптується до місцевих умов, викликає найменший вплив на навколишнє середовище і не порушує біологічний, фізичний і хімічний баланс ґрунту.

В ході даної роботи розглядається можливий вплив на ріст та розвиток кукурудзи, враховуючи сценарій майбутніх кліматичних змін RCP4.5, а також наукові дані середньо багаторічних агрокліматичних показників в Південному Степу України. Дослідження включає оцінку температурного, радіаційного режиму та вологозабезпечення посівів кукурудзи. Планується, що урожайність кукурудзи знизиться у сценарних періодах, в порівнянні з середньо багаторічним.

Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг складає 78 сторінок, містить 8 рисунків, 7 таблиць, список використаної літератури складається з 76 найменувань.

Ключові слова: кукурудза; зміна клімату; кліматичні сценарії; урожайність; температурний режим, агрокліматичні показники.

ANNOTATION

Climate change is one of the main challenges for farmers, especially in the case of crops, which can be used to the fullest in our daily lives. Maize is such a crop, because it is used to meet the widest range of needs of users (food, animal feed, industrial raw materials, etc.). One of the consequences of warming is the promotion of corn cultivation to more northern regions of the Earth. However, farmers must be prepared to address the challenges posed by changing circumstances and which largely determine successful cultivation. This does not mean achieving the maximum yield per hectare, but a certain model of cultivation, which fully takes into account environmental issues and high profitability. This is a complex production technology that fully adapts to local conditions, causes the least impact on the environment and does not disturb the biological, physical and chemical balance of the soil.

In the course of this work, the possible impact on the growth and development of maize is considered, taking into account the scenario of future climate change RCP4.5, as well as scientific data on long-term agro-climatic indicators in the Southern Steppe of Ukraine. The study includes assessment of temperature, radiation regime and moisture supply of corn crops. It is planned that the yield of corn will decrease in the scenario periods, compared to the long-term average.

The master's work consists of introduction, four chapters, conclusion, list of used literature. The total volume is 78 pages, contains 8 figures, 7 tables, the list of used literature consists of 76 titles.

Key words: maize; climate change; climate scenarios; productivity; temperature regime, agroclimatic indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТА	
АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ	10
1.1 Характеристика природних умов території.....	10
1.2 Агрокліматичні особливості клімату території.....	12
РОЗДІЛ 2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ КУКУРУДЗИ ..	
2.1 Коротка ботанічна характеристика кукурудзи	14
2.2 Вимоги кукурудзи до тепла.....	17
2.3 Вимоги кукурудзи до світла.....	19
2.4 Вимоги кукурудзи до вологи.....	20
2.5 Вимоги проса до ґрунтів та до поживних речовин	21
2.6 Насіння кукурудзи української селекції. Переваги українських гібридів кукурудзи.....	23
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ	
ЗРОСТАННЯ КУКУРУДЗИ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В	
ПІВДЕННОМУ СТЕПУ	30
3.1 Історія походження та освоєння кукурудзи.....	30
3.2 Сучасний стан моделювання формування продуктивності кукурудзи.....	37
3.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов росту кукурудзи.....	46
3.4 Комплексні оцінки агрокліматичних ресурсів.....	55

РОЗДІЛ 4 ПРОСТОРОВО-ТИМЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЮ КУКУРУДЗИ.....	58
4.1. Методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур	58
4.2 Динаміка врожайності кукурудзи.....	64
 ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	72

ВСТУП

Актуальність теми. Кукурудза - найважливіша зернова та силосна культура. У світі та Україні накопичено багатий досвід вирощування високих і стійких врожаїв кукурудзи. Однак потенціал сучасних сортів і гібридів, як правило, використовується лише на 30 - 40% [1]. Це результат не тільки несприятливих погодних умов, що складаються в період вегетації, а й недосконалості технології її обробітку.

Отримання високих врожаїв кукурудзи вимагає інтенсифікації агротехнічних прийомів, які передбачають високоякісну основну і допосівного обробку ґрунту; розміщення культури по найкращим попередникам; внесення добрив з урахуванням планованого врожаю і природного фону родючості [2].

Кукурудза використовується на корм у тваринництві, як сировина для харчової промисловості і широко вживається населенням в якості продукту харчування. У 1900 р в світі було вироблено 100 млн. т кукурудзи, а в 2010 році 688 млн. т, в той час як пшениці вироблено 606 млн. т, тобто за 110 років виробництво кукурудзи збільшилася майже в 7 раз. У 2014 світове виробництво зерна кукурудзи досягло 969 млн. т [3]. Нині вона обробляється на площі близько 160 млн. га при середній врожайності зерна 4,6 т/га. У деяких країнах, наприклад, США, щорічне споживання кукурудзи на душу населення досягає понад 200.

Мета та задачі дослідження. Робота присвячена оцінці впливу агрокліматичних показників на формування урожайності кукурудзи в умовах зміни клімату.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних задач:

- охарактеризувати фізико-географічне районування і агрокліматичні умови Південного Степу;

- вивчити біологічні особливості культури та її вимоги до чинників довкілля, дати характеристику засухостійким гібридам кукурудзи;
- на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів дати характеристику агрометеорологічних умов формування продуктивності кукурудзи в Південному Степу в умовах зміни клімату.
- дати характеристику методам оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур;
- оцінити динаміку врожайності кукурудзи в Південному Степу.

Об'єкт дослідження. Посіви кукурудзи в Південному Степу.

Предмет дослідження. Закономірності впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування продуктивності кукурудзи, оцінка агрокліматичних ресурсів Південного Степу стосовно до вирощування кукурудзи в умовах зміни клімату.

Методи дослідження. Аналіз тенденції виконувався шляхом порівняння різних періодів: базового періоду (1986-2005) та трьох сценарних періодів (2021-2030, 2031-2040 та 2041-2050) за сценарієм RCP4.5, який передбачає стабілізацію викидів парникових газів в атмосферу та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників.

В якості вихідної інформації використовувалися середньо обласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Української Гідрометслужби, дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RACMO2, яка поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), і динамічну основу від моделі HIRLAM.

В якості теоретичної основи використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що для умов Південного Степу:

- ідентифіковано параметри моделі формування продуктивності кукурудзи стосовно ґрунтово-кліматологічних умов Південного Степу;
- дано комплексну оцінку агрокліматичних ресурсів стосовно до вирощування кукурудзи в умовах зміни клімату;
- встановлено закономірності впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність кукурудзи в умовах зміни клімату.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ І АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ

1.1 Характеристика природних умов території

На південь від Південного Степу розташована територія Південного Степу, яка повільно зменшується в бік Сиваша, а також до Чорного та Азовського морів. Підзона Південного Степу включає в себе територію Криму та південну частину Причорноморської.

Підзона Південного Степу включає в себе південні та південно-західні райони Одеської області, південні райони Херсонської області та Автономну Республіку Крим. На цій території середня температура повітря у січні коливається в межах від мінус 1,5 до мінус 5 °С, а у липні від 23 до 24 °С. Середня кількість опадів за рік складає 300-450 мм. За теплий період середня кількість опадів становить 200-250 мм, Оподи часто випадають у вигляді злив, які супроводжуються градом, грозою чи бурею та завдають значної шкоди сільському господарству. Протягом року можуть тривати понад 40 днів також і бездошові періоди різної тривалості [4, 5].

Показники радіаційного балансу найвищі в Україні на території Південного Степу. Але, наприклад у Присивашші, дуже обмежені водні ресурси, тому що опадів буває дуже мало. До великого дефіциту вологи як в ґрунті, так і в атмосферному повітрі, призводять високі показники сонячної радіації.

На південному заході від Присивашся частина території зайнята пустельною полиново-типчаково-ковиловою рослинністю. На території Присивашся поширена галофітна рослинність, яка пристосувалась до життя на засолених ґрунтах та лучно-галофітна рослинність — це типова пустельна рослинність солончаків. Значну територію Південного Степу займають біосферні заповідники та парки:

1. Біосферний заповідник Асканія-Нова – найстаріший заповідник в Україні площею 33,3 тис.га, з них третина – степова цілина, який розміщений в посушливому типчаково-ковиловому степу Херсонщини. За кількістю видів рослин (1860) вона посідає перше місце в Україні. Тут росте 33 види рідкісних рослин. Багата фауна. У заповіднику триває робота з акліматизації близько 50 видів звірів, завезених сюди з різних частин світу: бізони, лами, страуси, зебри, коні Пржевальського, муфлони, фламінго, антилопи гну, лебеді, фазани та ін.

2. Чорноморський біосферний заповідник площею 89,1 тис.га, який розміщений на південно-західній частині Херсонщини та на південному сході Миколаївщини і складається з більшої морської і меншої материкової частин. Основним призначенням заповідника є охорона птахів, яких налічується 300 видів.

3. Дунайський біосферний заповідник площею 46,4 тис.га, який розміщений на південному заході Одеської області. Основну площу заповідника займають водно-болотні угіддя плавнів і дельти Дунаю. Невелика територія вкрита лісом. Для частини птахів, яких тут налічується багато, заповідник є місцем гніздування. Чисельність птахів зростає тут під час осінніх і весняних перельотів. На території заповідника проводяться дослідження впливу забруднених вод Дунаю на функціонування біоценозів нижньої течії Дунаю, а також прибережних акваторій Чорного моря та прилеглих лучно-болотних рослинних угруповань.

4. Азово-Сиваський національний природний парк площею 3 тис.га, який розташований на крайньому південному сході Херсонської області і охоплює острови і півострови північної частини затоки Сиваш. Більшу частину поверхні парку займають водойми. Основним завданням національного парку є охорона та дослідження прибережних природних біоценозів [7, 8].

1.2 Агрокліматичні особливості клімату території

Характерними рисами клімату зони Південного Степу в цілому є жарке, сухе літо, коротка малосніжна зима з частими відлигами, недостатнє зволоження, інтенсивно протікає весна, часті посухи і суховії влітку. Спостерігається значний прихід сонячної радіації. Річна сума сумарної радіації складає в середньому 4800 МДж/м², радіаційного балансу – 1700 МДж/м².

Абсолютні максимуми температури досягають 39-41 °С. Високі температури приносяться влітку південно-східними вітрами, низькі - північно-східними вітрами взимку. При стійкій антициклональній погоді влітку настає посуха. Середня місячна температура повітря в липні дорівнює 23 °С.

Сухість повітря викликається переважанням антициклонної погоди і суховіями. Відкрита, в загальному рівна місцевість Південного Степу не ставить вітрам серйозних перешкод.

Осінь на території Південного Степу тривала. Температура вище 0 °С утримується до кінця листопада, часті штилі. З листопада настає зимовий режим: середні температури нижче 0 °С, вітри слабкі, встановлюється сніговий покрив. Добовий хід вітру виражений ясно.

Зимові морози нетривалі, але забезпечують наявність на річках крижаного покриву. Вітри взимку і навесні досягають найбільших швидкостей. Середня температура повітря в січні коливається від мінус 8 °С до мінус 2 °С. Мінімальна температури змінюється від мінус 42 °С до мінус 20 °С. Взимку часто спостерігаються тривалі та інтенсивні відлиги з підвищенням температури до 15-18 °С. Морозонебезпечний період не перевищує 10 днів [6, 7].

Весна настає рано і швидко. Вона насувається з півдня і південного заходу. Перехід середньої добової через 0 ° відбувається протягом другої половини березня.

Територія Південного Степу відрізняється більшою м'якістю клімату завдяки частим вітрам з південної складової. Ці вітри приносять вологу, зменшують зимовий холод і літню спеку. Зими тут теплі з нестійким сніговим покривом, частими циклонами; циклони супроводжуються дощами навіть в середині зими; літо помірно-жарке; хмарність та опади значні (до 500 мм); навесні і влітку нерідко випадає град [6].

У першому розділі розглянуто характеристику природних умов та агрокліматичні особливості клімату в Південному Степу .

РОЗДІЛ 2

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ

Кукурудза є однією з найбільш вимогливих до умов проростання зернових культур. У зв'язку з цим для отримання стабільних врожаїв зерна необхідні сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, дотримання агротехніки, застосування оптимальної системи добрив і ефективних прийомів захисту рослин, тобто необхідна інтенсифікація сільськогосподарського виробництва.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, особливо при вирощуванні такої культури, як кукурудза, вимагає не тільки правильного науково-обґрунтованого підбору високопродуктивних гібридів, а й вдосконалення або розробки нової, найбільш ефективної технології обробітку, спрямованої на отримання високих і сталих врожаїв при максимальному скороченні витрат по застосуванню сільськогосподарських машин, мінеральних добрив, хімічних засобів захисту і т.д. [8].

2.1 Коротка ботанічна характеристика

Кукурудза (*Zea mays* L) - однорічна рослина відноситься до сімейства злакових (Gramineae). Стебло пряме, гладке, висотою від 0,6 м до 6,0 м, складається з окремих міжвузлів, розділених стебловими вузлами. Від кожного вузла відходить один лист. Кількість вузлів, а, отже, і листя - стійка ознака, мало що змінюється від умов вирощування та агротехніки. Тому найбільш надійним показником, що характеризує довжину вегетаційного періоду різних сортів, є число листя на головному стеблі. На підставі досліджень А.Н. Сілантьєва і В.С. Ільїна, для оцінки скоростиглості різних сортів введена класифікація, яка включає 7 груп скоростиглості, по числу листя в т.ч.: ультраскоростиглий - не більше 8 листів; ранньостиглі - 8-10 листків; середньоранні - 10-12 листків; середньостиглі - 12-14 листків;

середньопізні - 14-16 листків; пізньостиглі - 16-18 листів; дуже пізні - понад 18 листків [9, 10, 11].

Коренева система кукурудзи мичкувата, сильнорозгалужена і підрозділяється на 4 типи коренів: головний зародковий корінь, бічні зародкові коріння, підземні стеблевузлові коріння, повітряні (опорні) стеблевузлові коріння. Основна маса коренів зосереджена у верхньому орному шарі ґрунту (0 - 20 см), що необхідно враховувати при обробітку міжрядь. Однак, багато дрібних стеблевузлових коренів проникають на глибину 150 - 250 см і поширюються в сторони від стебла на 100 - 120 см. Гарний їх розвиток, глибоке проникнення, велика фізіологічна активність - все це є неодмінною умовою високого врожаю кукурудзи.

Крім підземних коренів у добре розвинених рослин утворюються повітряні стеблевузлові коріння. Ці корені виконують головним чином механічні (опорні) функції, але при сприятливих умовах можуть вкорінюватися і давати додаткову мичкувату кореневу систему.

Кукурудза, на відміну від інших злакових культур, є однодомною роздільностатевою рослиною, тобто на одній рослині знаходиться і чоловіче суцвіття - зонтик і жіноче - качан.

Дослідженнями встановлено, що на ріст і розвиток кукурудзи значно впливає температура повітря, нижче якої не проходять ті чи інші фази розвитку, але на різних етапах розвитку вона неоднаково реагує на зниження температури. Так, сходи у фазі 3-4-го листка витримують заморозки до - 3 °С, а в більш пізні фази розвитку холодостійкість кукурудзи значно знижується. Дуже погано вона переносить осінні заморозки. Навіть короткочасне зниження температури до - 3 °С припиняє вегетацію рослин незалежно від сортових особливостей.

Більшість авторів вважають, що оптимальний термін посіву кукурудзи визначається стійким прогріванням ґрунту на глибині загортання насіння до 10 - 12 °С, однак проростання насіння і поява дружних сходів у ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи добре протікає і при більш низькій

температурі - 6 - 8 °C, що дуже важливо при агрометеорологічному обґрунтуванні строків посіву в районах з обмеженою кількістю тепла в період вегетації [12]. Залежно від середньодобової температури повітря і наявності вологи в ґрунті тривалість періоду «посів - сходи» варіюється в широких межах. Так, при середньодобовій температурі повітря 8 - 10 °C сходи з'являються через 14 діб, при підвищенні її до 15,9 °C - через 10, а при середньодобовій температурі 23 °C - через 6. Надмірно ранні посіви в холодний ґрунт подовжують період появи сходів до 25 діб, а перезволоження ґрунту значно знижує їх польову схожість і врожайність.

У фазу сходів і перших листків абсолютні прирости врожаю незначні, але перед викиданням і під час викидання волоті приріст йде значно швидше.

Цвітіння волоті при відповідних умовах починається через 5 – 7 днів після виходу її з трубки верхнього листа, тобто на 2 - 3 дні раніше качана. Найбільш сприятлива для запилення тепла, волога з легким вітром погода. Тривалість цвітіння окремої волоті залежить від температурного режиму, розмірів волоті, сортових особливостей і коливається від 3-х до 15 днів.

Жіноче суцвіття - качан утворюється в пазухах стеблових листків. В основному на стеблі формуються 1 - 2 качана. На качані, як правило, парне число поздовжніх рядів зерен (від 8 до 16, частіше 12 - 14). Цвітіння жіночого суцвіття починається з появи маточкових ниток з обгортки качана.

Кукурудза - перехреснозапилююча рослина. Жіночі квітки, як правило, запліднюються пилом іншої рослини. Пилок дозріває і висипається з пиляків звичайно на 2 - 3 дні раніше, ніж виходять назовні нитки качана на тій же рослині.

У посушливих умовах розрив між цвітінням волоті і качана збільшується до 6 - 7 днів і більше. Це порушує запліднення і призводить до зниження врожайності. У природних умовах самозапилення відбувається не більше ніж у 5% рослин.

Плід кукурудзи - зернівка, різної консистенції, величини, форми і забарвлення. Маса 1000 зерен у дрібнонасінних гібридів - 100 - 150 г, у крупнонасінних - 300 - 400 м.

У сухій надземній масі рослини кукурудзи частка зерна становить 40 - 45%, стебла, листя, волоті, стрижня і обгортки качана - 55 - 60%.

Знання особливостей формування репродуктивних органів рослин (волоть, початок) і вегетативних (листя, стебло, корінь) необхідно при розробці оптимальних енерго-ресурсозберігаючих технологічних прийомів обробітку кукурудзи.

2.2 Вимоги кукурудзи до тепла

Найбільшим лімітуючим фактором зовнішнього середовища для кукурудзи є тепло, особливо в першій половині вегетації. Важливе значення має тривалість безморозного періоду.

Кукурудза - теплолюбна рослина. Потреба її в теплі визначається нижньою межею температури, при якій починається зростання, і сумарною кількістю тепла, необхідного для завершення кожного етапу розвитку. Для гібридів різних груп стиглості потрібен певний число днів з сумою ефективних температур в межах 900 - 1300 °С.

Ріст і розвиток кукурудзи істотно залежать від середньодобової температури повітря. Встановлено біологічний мінімум температури, нижче якого розвиток рослин в ті чи інші фази припиняється. Наприклад, сходи з'являються при температурі не нижче 10 - 12 °С, зростання і розвиток вегетативної маси - + 12 - 15 °С, при оптимальній температурі + 20 -24 °С.

Для повного дозрівання зерна гібридам кукурудзи необхідна сума активних температур в межах 1900 - 2500 °С.

Середньостиглі гібриди забезпечують зерно молочно-воскової стиглості, пізньостиглі - молочної.

Північна межа вирощування кукурудзи на зерно, для існуючих гібридів, визначається ізотермою в 1900 °С. За природними умовами включає в себе, головним чином, південний лісостеп і степову зону, де сума температур вище 10 °С становить 1900 - 2100 °С, а ГТК (гідротермічний коефіцієнт) знаходиться на рівні - 1,0 ÷ 1,1.

У зв'язку з цим одним з головних питань при вирощуванні кукурудзи є визначення оптимального строку сівби. Наприклад, при посіві кукурудзи в ранні терміни схожість знижується: при температурі 5 °С і нижче схожість становить в середньому 78%, а при температурі 10 - 11 °С - 92% [13, 14, 15, 16].

Встановлено, що насіння більшості гібридів кукурудзи проростають в при температурі ґрунту + 8 - 10 °С, при температурі нижче + 8 °С насіння хоча і набухають, але розвиваються повільно. Однак відзначено, що у ранніх і середньоранніх гібридів кукурудзи проростання насіння і поява дружніх сходів відбувається при більш низькій температурі + 6, + 8 °С, що дуже важливо для обґрунтування термінів посіву в районах з обмеженою кількістю тепла в період вегетації [17, 18, 19].

З кліматичних факторів найбільш сильний вплив на врожайність кукурудзи робить температурний режим в період вегетації, тобто в тепліші роки урожай підвищується, в холодні - знижується. У зв'язку з цим необхідно використовувати всі прийоми агротехніки для поліпшення умов росту кукурудзи. Водночас спостереження показують, що вимоги кукурудзи до теплового фактору в деякій мірі переоцінювались. Наприклад, рівень початкових температур при проростанні може бути прийнятий в 6 - 8 °С, а стійкість сходів до весняних заморозків багато вище, ніж вважали раніше. Заморозки в - 2, - 3 °С, а в ряді випадків і в - 5, - 6 °С істотного впливу на ріст і розвиток кукурудзи не роблять.

Кукурудза - дуже поліморфний вид, що дозволяє виділити сорти і гібриди, що задовольняють умовам широкого ареалу розповсюдження

культури від 58 ° північної широти (Швеція) до 42 ° південної широти (Нова Зеландія) [20].

За прогнозами ФАО в найближчі 10 - 15 років, завдяки високій врожайності і обробітку ранньостиглих гібридів в більш північних районах, кукурудза повинна стати найважливішою зерновою культурою світу.

2.3 Вимоги кукурудзи до світла

Кукурудза - світлолюбна культура, тому її слід обробляти тільки ширококорядно з певною густотою стояння. Вона вимагає менш тривалого, ніж інші зернові, але більш інтенсивного освітлення і відноситься до культур «короткого дня». Скорочення часу освітлення рослин до 10 – 12 годин на добу значно прискорює розвиток кукурудзи.

Розмір площі листової поверхні є важливим показником продуктивності рослин і визначає ступінь використання сонячної енергії, тому зменшення площі листової поверхні в посушливі роки є основною причиною зниження врожаю. При загущенні посівів листя бліднуть, сповільнюється процес закладки точок зростання бічних пагонів, що згодом призводить до відставання розвитку качанів. Сонячна енергія найбільш повно використовується рослинами при формуванні ними листової поверхні, перевищує площу посіву в 3 - 4 рази. Зі збільшенням густоти посівів кукурудзи з 31 до 75 тис. рослин на гектар індекс листової поверхні підвищується з 1,3 - 1,8 до 3,0 - 4,7.

Встановлено, що при посіві кукурудзи з густотою стояння 60 - 80 тис. рослин на гектарі формується площа листової поверхні, яка відображає порівняно високу здатність використання фотосинтетичної активної радіації (ФАР) - 50 - 55%, а в сприятливі роки до 70 - 80% поглинання ФАР. Середня продуктивність одного квадратного метра площі листової поверхні становить до 6 - 7 г сухої речовини на добу.

Сучасне землеробство базується не на одному окремому агроприйомі, а на проведенні цілого ряду агротехнічних заходів, які в сукупності складають технологію. У 80-ті роки найбільш ефективною технологією була інтенсивна, яка включала, окрім правильно обраного основного обробітку, підготовку ґрунту до посіву, внесення добрив, підбір оптимальних термінів посіву, норми висіву, роботи по догляду за посівами, збирання та багато іншого. Всі ці елементи технології надають істотний вплив на кількість і якість врожаю.

2.4 Вимоги кукурудзи до вологи

Кукурудза належить до порівняно посухостійких культур. Вона економно витрачає ґрунтову вологу: на створення 1 кг сухої речовини споживає 250 ... 300 кг води, тобто менше, ніж ячмінь або овес.

Рослини кукурудзи протягом вегетації використовують вологу нерівномірно. Як показують дослідження, витрата води в фазі від сходів до п'ятнадцятого листа складає від загальної витрати близько 8%, від п'ятнадцятого листа до молочної стиглості - 70% і від молочної до повної стиглості - 22%.

Найбільшу потребу у волозі кукурудза відчуває в період за 10 днів до викидання волоті і в наступні 20 днів. Цей період називають критичним. Недолік вологи в ґрунті в період максимального водоспоживання, особливо в поєднанні з повітряною посухою, призводить до в'янення рослин, зниження активності фотосинтезу, передчасного підсихання листя, порушення запліднення і формування зерна. При в'яненні рослин протягом одного-двох днів під час цвітіння урожай знижується на 20%, шести - восьми днів - на 50%. Недолік вологи в фазі молочної стиглості часто є причиною передчасного припинення наливу зерна, формування дрібного зерна у верхній частині качана і, отже, зниження врожайності.

При обмежених запасах вологи в ґрунті листя кукурудзи світло-зелені, жорсткі і вузькі. В умовах хорошого водопостачання вони набувають

глянцевито-зелене забарвлення, стають широкими. Рослини кукурудзи, споживаючи велику кількість води, здатні протистояти перегріву, зневоднення і давати високу продуктивність. Разом з тим кукурудза негативно реагує на перезволоження ґрунту, різко знижуючи урожай зерна і зеленої маси.

2.5 Вимоги кукурудзи до ґрунтів та поживних речовин

Кукурудза - це культура, чутлива на внесення добрив. Рациональна система добрив в більшості випадків надає більш сильний вплив на її урожай, ніж обробіток ґрунту. Залежно від агрохімічних властивостей ґрунту, рівня запланованого врожаю, вологозабезпечення та інших факторів доза добрив може перебувати в межах від $N_0P_0K_0$ до $N_{500}P_{400}K_{600}$ [21].

Збільшення врожайності зерна кукурудзи при внесенні добрив пояснюється прямим впливом елементів живлення на біометричні показники: в першу чергу на висоту рослин і площу листя, а зрештою і на накопичення сухої речовини [22]. При збільшенні доз добрив коефіцієнт водоспоживання знижується, при цьому більш повно використовується волога навіть з глибоких шарів ґрунту 120 - 180 см [23].

Встановлено, що для формування однієї тони зерна кукурудзи в середньому потрібно 25 - 30 кг азоту, 10 - 15 кг фосфору, 30 - 40 кг калію, 6 - 10 кг кальцію, 6 - 10 кг магнію [24].

Вченими різних країн постійно проводяться дослідження по вивченню впливу системи добрив і їх доз на урожай сільськогосподарських культур. У більшості випадків, при дотриманні основних правил внесення органічних і мінеральних добрив їх використання завжди економічно виправдано. Однак з підвищенням окультуреності ґрунту і внесенням добрив під попередні культури, ефективність добрив, внесених під кукурудзу, знижується [25].

Багато дослідників відзначають, що норми внесення добрив повинні встановлюватися за вмістом поживних речовин в ґрунті з урахуванням планованої врожайності, яка в свою чергу залежить від точного і своєчасного

дотримання всіх елементів технології, типу і стану ґрунту, а також погодних умов протягом вегетації. Оскільки метеоумови є непередбачуваним чинником, то і планований урожай зерна в богарних умовах не завжди вдається отримати, хоча при цьому встановлено, що внесення добрив здатне давати збільшення врожаю до 30% і більше [26].

Застосування збалансованих доз добрив посилює ріст, прискорює розвиток рослин кукурудзи і збільшує частку дозрілих качанів.

Одним з найважливіших шляхів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є його раціональна хімізація при збалансованому використанні мінеральних, органічних добрив, засобів захисту рослин. Тому ведення сучасного сільського господарства неможливо уявити без використання пестицидів, і зокрема гербіцидів. За даними ФАО, потенційні втрати врожаю від бур'янів, шкідників, хвороб складають 25 - 30%, але можуть досягати 60% і більше [27].

Бур'яни не тільки істотно знижують врожайність зерна кукурудзи, а й порушують метаболізм в культурних рослинах. З підвищенням засміченості знижується вміст хлорофілу і каротину в листках, страждають якісні показники зерна. За науковими даними зерно кукурудзи, отримане на ділянках, зарослих бур'янами, містило на 2,9 - 5,0% менше крохмалю, на 0,43 - 1,67% протеїну і на 0,4 - 0,7% масла в порівнянні з контролем, де засміченість була нижче [26].

Ефективність механічних прийомів боротьби з бур'янами зазвичай не перевищує 60 - 80%. При рівні засміченості до 25 - 50 бур'янів на 1 м² технологія, заснована на механічному обробітку ґрунту при наявності традиційного шлейфу техніки, забезпечує зниження чисельності бур'янів до порогу шкодочинності (10 шт./м²). А при більш високих показниках засміченості і наявності багаторічних бур'янів ця технологія мало ефективна. Хімічні прийоми боротьби з бур'янами передбачають використання різних гербіцидів, коли механічні прийоми виявилися недостатньо ефективними, особливо на тлі високої засміченості.

Вибір гербіцидів залежить від видового складу бур'янів на кожному конкретному полі, ступеня засміченості, наявності спеціальної техніки для їх внесення. У більш рідкісних випадках необхідно брати до уваги і індивідуальну сприйнятливість конкретними бур'янами тої чи іншої діючої речовини гербіцидів.

При сильній засміченості полів багаторічними коренепаростковими бур'янами можна використовувати гліфосатсозмістовні гербіциди (наприклад, «Раундап» 2 - 3 л/га, «Торнадо 500» - 2 - 3 л/га) навесні [26].

Для боротьби з однорічними злаковими (куряче просо, мишій, сорго і т.д.) і дводольними бур'янами застосовують, як правило, ґрунтові передпосівні або досходові гербіциди, найбільш поширеними з яких є: «Трефлан», «Харнес», «Дуал Голд», «Фронт'єр Оптима», «Трофі - 90», «Стомп», «Мерлін» та ін. Якщо з якоїсь причини ефективно знищити бур'яни цими гербіцидами не вдалося, а також проти наступних хвиль росту бур'янів, використовуються післясходові (страхові) гербіциди, такі, як «Базис», «Тітус», «Мілагро», «Банвел», «Діален Супер», «Лентагран - Комбі», «Гармонія» та ін.

2.6 Насіння кукурудзи української селекції. Переваги українських гібридів кукурудзи

Історія кукурудзи давня, якщо дивитися в цілому. У Мексиці цю культуру вирощували більше десяти тисяч років тому. В Україні кукурудза прийшла в першій половині двадцятого століття, і найбільшу популярність придбала в дев'яностих, коли економіка зазнала краху. З того моменту починається багата історія кукурудзяної селекції. Кукурудза невибаглива в догляді, стійко переносить спеку, добре протистоїть шкідникам і хворобам.

Сьогодні на українському ринку є безліч гібридів кукурудзи різного секціонування. Основною перевагою вітчизняних гібридів є в те, що вони створені конкретно під наші ґрунтово-кліматичні умови, а це в свою чергу позитивно відбивається на врожайності, на стійкості рослин до різних

негативних чинників, на якість продукції. Більшість українських виробників насіння кукурудзи орієнтуються на європейські норми і використовують найсучасніші технології як під час створення гібрида, так і при очищенні та обробки вже самого насіння. Так само як перевага варто враховувати невисоку ціну, яка часто в рази нижче зарубіжних аналогів.

На даний момент більшість фермерів при виборі кукурудзи враховують два основні чинники-посухостійкість і врожайність, але необхідно так само не забувати і про стійкості до хвороб, заморозків та інших факторів.

Історія селекції триває і на ринку з'являються все більш значні зразки рослин.

Гібриди української кукурудзи мають ряд переваг, що здатні скласти конкуренцію іншим подібним культурам:

1. Догляд за таким гібридом досить копіткий і трудомісткий. Але при цьому, обіцяє хороший врожай, який перевершить очікування.
2. Гарний зовнішній вигляд, тому що кущі виходять високі, міцні, листя здорові на вигляд, яскравого кольору.
3. Не потрібно залежати від закупівлі імпортного насіння та культур, оскільки в наявності будуть місцеві зразки.

Займаються вирощуванням кукурудзи спеціальні селекціонери, готові показувати кращі результати праці.

Інститут сільського господарства степової зони НААН - розташовується установа в місті Дніпропетровськ, володіє цілою мережею професійних станцій і господарств, де проводиться селекційна діяльність, з подібними культурами: кукурудза, зернові і бобові, олійні, кормові культури, пшеничні культури. Щороку на території проводиться вирощування і реалізація насіння найвищої якості, різних репродукцій як класичних сортів, так і гібридів. Основними характеристиками тут виступають виключно високі показники в плані якості. І це визнається більшістю установ сільського господарства і не тільки в Україні, а й за кордоном, включаючи Грецію, Китай, Чилі, Аргентину.

ВНІС - функція інституту спрямовується на те, щоб створити нові сорти гібридів, важливих для сільського господарства. Отримують високі результати, які покладаються на уважному аналізі процесу насінництва. Чи не припиняючись, ведуться роботи для того, щоб створювати нові сорти і гібриди соняшнику, кукурудзи, буряків, пшениці, інших культур. Розташований інститут в Києві, і головна політика роботи спрямована на те, щоб споживач отримав вітчизняну сільськогосподарську культуру найкращого рівня.

Інститут Юр'єва - на постійній основі проводять випробування наукових культур, доводять ці культури до досконалості і підвищення результатів. Розводять і розмножують оригінальне насіння селекції, мають ліцензії на цю справу. Продають отримані насіння різним компаніям певної категорії. Тут можна знайти найрізноманітніші гібриди кукурудзи та інших культур. Розташовується інститут в місті Харків, щороку проводяться різні наради і семінари з питань постійного вдосконалення отриманих результатів.

Гран - дослідження величезного асортименту різних насіння культур: силосна кукурудза, насіння кондитерського соняшнику, кормового і цукрового буряка. Консультують за цими культурами, допомагають визначитися підприємствам, на якому гібриді найкраще зупиниться. Насіння, відрізняються кращою якістю і високими показниками в плані врожайності. Займається ще тим, що надає кожному підприємству потрібні культури, насіння, які отримують позитивні відгуки від споживача.

ТОВ "Степова" - являє собою одну з найбільших і провідних компаній, яка виробляє насіння. Головна мета корпорації полягає в тому, щоб надати замовнику насіння, найвищої якості, не гірше європейського стандарту. Установа займається обробітком понад тринадцять тисяч гектарів землі, які знаходяться в Дніпропетровській області. Використовується технологічне обладнання найвищої якості за насіннєве доопрацювання, що і забезпечує відмінну якість готового насіння. Серед профільних культур можна знайти кукурудзу, бобові культури, культури технічного виду.

Селекція кукурудзи добре розвивається в Україні. Тому, залишається сподіватися, що далі все буде також і навіть краще.

У чому переваги українських гібридів кукурудзи?

Гібриди української селекції районовані і безпосередньо пристосовані до наших умов вирощування. Є можливість підібрати собі гібрид за невисокою ціною як для максимального врожаю, так і для більш економної технології вирощування.

На який урожай можна розраховувати з української кукурудзи?

Українські гібриди часто нічим не поступаються за врожайністю імпортованим і реально здатні формувати врожайність 120-130 ц/га, так само є гібриди, які не б'ють рекордів, але дають врожайність на дуже рентабельному рівні з мінімальним вкладенням [28].

Гібриди кукурудзи української селекції:

Насіння Кукурудзи Хотин - це простий модифікований гібрид кукурудзи відноситься до середньоранньої групи. Відрізняється хорошою посухостійкістю, рекомендований для висіву в степовій, лісостеповій зоні та Поліссі. Напрямок використання - зерно.

Насіння Кукурудзи Оржиця - це простий модифікований гібрид кукурудзи Високотехнологічний гібрид. Оригігінатор - Інститут зернового господарства НААНУ. Призначення - зерно.

Насіння кукурудзи ВН 6763 - це високоврожайний гібрид на зерно та силос. Придатний для вирощування в усіх зонах з використанням різних технологій. Має потужний стебло, який обумовлює високу стійкість до вилягання. Потенціал врожайності - 165 ц / га.

Насіння Кукурудзи Дніпровський 257 СВ - це високоврожайний модифікований гібрид кукурудзи. Гібрид з міцними рослинами і потужною кореневою системою Оригігінатор Інститут зернового господарства НААНУ. Призначення - зерно, силос.

Насіння кукурудзи Гран 6 - це простий гібрид на зерно та силос. Має хороші показники врожайності. Характеризується дуже швидкої

вологовіддачею після настання зрілості. Показав відмінну стабільність в різних умовах вирощування. Потенціал врожайності - 159 ц / га.

Насіння Кукурудзи ДН Пивиха - це простий модифікований гібрид кукурудзи. Характеризується високим рівнем стабільності і якості врожаю. Оригінатор - Інститут зернового господарства НААНУ. Призначення - зерно, силос, крупа.

Насіння Кукурудзи ДН Аджанка - це гібрид кукурудзи інтенсивного типу. Простий модифікований гібрид для вирощування на зерно. Оригінатор - Інститут зернового господарства НААНУ. Призначення - зерно.

Насіння Кукурудзи Артуа - це гібрид кукурудзи з відмінними показниками стабільності урожаю. Характеризується відмінною засухоустойчивістю і холодостійкістю. Демонструє хороші показники врожайності силосної маси. Призначення - зерно, силос.

Насіння Кукурудзи Мартініка - це простий гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності і влагоотдачі. Має високі показники стійкості до посухи. Гібрид зернового напрямку.

Насіння Кукурудзи ДН Хортиця - це простий модифікований середньоранній гібрид. Гібрид стійкий до вилягання і ураження головними хворобами і шкідниками, але погано витримує тривалий перестій і тому не придатний для зимового прибирання.

Насіння Кукурудзи ДН Фієста - це Простий модифікований середньоранній гібрид. Гібрид характеризується інтенсивної вологовіддачею зерном і добре реагує на поліпшення умов вирощування, має хорошу стійкість до вилягання та ураження головними хворобами і шкідниками.

Насіння кукурудзи ДМ конфесії - простий міжлінійний гібрид кукурудзи української селекції для використання на зерно і силос. Має високі показники стійкості до посухи, тому рекомендується для вирощування в Степу України. Характеризується високими показниками врожайності.

Насіння кукурудзи ДМС 4011 - простий міжлінійний гібрид кукурудзи української селекції для використання на зерно, силос і фураж. Має високі

показники врожайності. Хороші показники стійкості до різних стресових умов при вирощуванні.

Насіння кукурудзи Афіна-Н - це високоврожайний гібрид кукурудзи з відмінними показниками стійкості до вилягання. Рослини характеризуються високою Ремонтантні. Гібрид стійкий до ураження основними хворобами кукурудзи і шкідниками.

Насіння кукурудзи Маніфік - високотехнологічний і урожайний гібрид зернового напрямку. Селекція велася на основі кращих гібридів іноземного походження.

Насіння кукурудзи Марсель - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи. Ремонтантний гібрид, демонструє швидку влагоотдачу при дозріванні, Має потужну розгалужену кореневу систему. Придатний для вирощування на всій території України.

Насіння кукурудзи Монблан - це дуже пластичний гібрид гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності. Характеризується потужну кореневу систему. Посів можливо проводити при температурі ґрунту + 10.

Насіння кукурудзи Муасон - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності. Характеризується потужну кореневу систему і міцним стеблом. Придатний для вирощування на всій території України.

Насіння кукурудзи Тіадор - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності. Селекція цього гібрида проводилася на основі кращого досвіду гібридів іноземної селекції. Гібрид має високі показники стійкістю до холоду.

Насіння кукурудзи АР 18102 К - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності. Селекція цього гібрида проводилася на основі кращого досвіду гібридів іноземної селекції. Характеризується високою стійкістю до холоду.

Насіння кукурудзи АР 1 801 К - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи з високими показниками врожайності. Характеризується дуже

потужну кореневу систему і міцними рослинами. Прекрасно адаптується до зовнішніх ґрунтово-кліматичних умов.

Насіння кукурудзи Візир - це простий гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Має кращі показники вологостійкості в своїй групі стиглості.

Насіння кукурудзи ДМС 3510 - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Прекрасно адаптується до зовнішніх ґрунтово-кліматичних умов.

Насіння кукурудзи ДМ конфесії - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Має високі показники посухостійкості. Добре адаптований для вирощування при ресурсозберігаючих технологіях.

Насіння кукурудзи Красилів 327 МВ - це простий модифікований гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Характеризується дуже високими показниками посухостійкості. Може вирощуватися на зерно і силос.

Насіння кукурудзи ДМС Гроно - це новий простий гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Прекрасно адаптується до зовнішніх ґрунтово-кліматичних умов.

Насіння кукурудзи ДМС Грант - це новий простий гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньостиглої групи стиглості. Характеризується високою стійкістю до посухи. Це дає можливість вирощувати гібрид на Півдні України.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ КУКУРУДЗИ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ

3.1 Історія походження та освоєння кукурудзи

Походження кукурудзи залишається загадкою, чи не розшифрованою філогенетичною систематикою, близькі родичі кукурудза не встановлені, а її дикі предки вимерли. Відомо, однак, що населення Перу, Болівії і Мексики культивували кукурудзу ще за 2500 років до н.е. [29]. Деякі дослідники вважають, що кукурудза виникла від свого «далекого родича» теосінте, рослини, мало схожої на кукурудзу, але належить до тієї ж, що і кукурудза, трибе (Maydeae) і має однакове число хромосом ($2n = 20$). Припускають також, що в створенні кукурудзи брав участь інший рід з цієї ж триби - тріпсакум. Є і інші гіпотези, які не отримали достатнього підтвердження, але і не були остаточно спростовані. Тому суперечки про походження кукурудзи тривають.

Внаслідок цього, академік П.М. Жуковській сказав, що кукурудза створена багато тисячоліть тому «невідомим народом, невідомим шляхом» [30].

У Мексиці під час розкопок фундаменту давньої споруди виявили кукурудзяний пилок, вік якої 60 - 80 тис. років. У той час в Америці не було не тільки землеробства, а й людини. Отже, викопний пилок кукурудзи належить її дикого предка. Таким чином, сучасна гіпотеза про походження кукурудзи зводиться до того, що культурна кукурудза мала безпосередньо свого дикого предка. Однак це не виключає того, що в формуванні образу *Zea mays* могли брати участь тео - синте і тріпсакум [31].

Загальноприйнята латинська назва кукурудзи *Zea mays* L. виникла, з одного боку, від грецького *zea*, що означає хлібний злак, з іншого від *mahis* -

назва кукурудзи на мові жителів острова Гаїті, засвоєне Христофором Колумбом і згодом латинізоване [32].

Українська назва кукурудзи, швидше за все, походить від турецького слова «кукуру», як там називали маїс, і під різними варіантами «кукуріца», «кукуруз» міцно осіло у нас і в інших країнах. Крім цього, кукурудза має і інші назви: маїс, папуша, качана, кітка, буярово, повенка, пшоно турецьке.

Кукурудза належить до класу однодольних (Monocotyledoneae), порядку Мятлікоkwіткові, або тонконогkwіткові (Poales, Graminales), сімейства Тонконогих (Poaceae), що включає вісім груп і підвидів [33].

У багатьох країнах світу кукурудза є основним продуктом харчування [34]. У процесі тривалого обробітку кукурудза перетворилася в яскраво виражену висококультурну рослину, не здатну до існування без участі людини. Якщо у інших культурних злаків досі збереглися пристосування, що забезпечують осипання насіння на землю, то у кукурудзи їх взагалі немає. Внаслідок міцного прикріплення качана до стебла і наявності щільної обгортки, зерно кукурудзи практично не обсипається, качани обламуються рідко, а стебло досить міцне. У ґрунт насіння кукурудзи потрапляють тільки за допомогою людини, і це єдиний шлях її відтворення [35]. Перша згадка про кукурудзу в Європі - це замітки в судновому журналі Колумба від 6 листопада 1492 року [36].

Потенційне економічне значення культури було встановлено швидко, і протягом життя лише одного покоління її стали вирощувати в країнах Центральної та Південної Європи і на узбережжі Африки. Ще до кінця XVI століття кукурудза досягла Китаю.

Американські індіанці не містили велику рогату худобу, і тому не потребували у кормових культурах. Однак європейці швидко з'ясували цінність кукурудзи як корм для худоби в період завоювання і освоєння Америки [37].

Найбільш широке поширення в сільськогосподарському виробництві має зубовидна група. Райони вирощування південної зубовидної і північної

кременистої кукурудзи почали перекриватися в міру економічного розвитку західних штатів США і гібриди між цими двома типами привели до створення продуктивних сортів «кукурудзяного поясу» США [38].

У 1860 роках в Європі почалося вивчення можливості консервації кукурудзи шляхом силосування. Ця робота розпочата Рейленом в Штуттгарті в Німеччині, Гоффартом у Франції. У головних публікаціях Гоффарта і Лекуте підкреслюється придатність кукурудзи для консервації, її високі врожаї і високе відношення в ній вуглеводів до азоту [39].

Практика вирощування кукурудзи на силос швидко поширилася в США. Перше силососховище було побудовано в 1875 році, а до 1880 року тільки в штаті Вісконсін їх було вже 2500. З цього часу кукурудзяний силос став основним зимовим кормом для жуйних тварин. У «молочних» штатах північно-сходу США, де кукурудзяний силос був особливо важливий, самі ранньостиглі крем'янисті сорти давали менші врожаї, ніж зубовидний, і тому зубовидний охочіше вирощували для силосування. Але навіть і тут дуже пізньостиглі південні зубовидні сорти типу «Уайт хорсетус» були витіснені більш ранньостиглими зубовидними сортами, що досягали стадії воскової стиглості зерна до перших осінніх заморозків. Так, при обстеженні проведеному понад 100 років тому в 1890-х роках, середній вміст сухої речовини в кукурудзяному силосі дорівнював 19,7%, тоді як аналіз силосів з 17 сортів, вирощених в Нью-Гемпширі в 1923 році, показав, що вміст сухої речовини у всіх цих сортах при збиранні було вище 20%, а у п'яти сортів досягало від 30 до 37%. Англійці Макензі, Вудмен, Амвос довели, що можна отримувати кукурудзяний силос чудової якості і зі значеннями перетворюваності, порівнянними з тими, що повідомлялися з США при збиранні культури з вмістом сухої речовини понад 20% [39-41].

Культура кукурудзи в даний час міцно влаштувалася в багатьох частинах Західної Європи, де вона до недавнього часу не мала великого виробничого значення. На територію Росії кукурудза проникла через Бессарабію з Балканського півострова і Туреччини ще в XVII столітті. Перші

відомості про кукурудзу в російській періодичній пресі з'явилися 30 листопада 1786 року. Короткий опис кукурудзи і її обробітку в Росії було дано в 1790 році в «Магазині натуральної історії, фізики та хімії ...» в статті під назвою «Турецький або Індійський хліб ...», відомої під ім'ям Сорочинського пшона [29]. Активно пропагувалася кукурудза в журналі «Господар і господиня» в кінці XIX ст. на книжковому ринку з'явилася маса статей і проектів за новою культурою. Починаючи з 1880 р, книги про кукурудзу в Росії стали виходити мало не щороку. Це переконливо свідчило про зростаючий інтерес до цієї культури і в нашій країні. І цей інтерес до кукурудзи посилювався після надзвичайно сильного неврожаю в посушливому 1891 році. Вона тоді менше всіх інших хлібів постраждала від посухи. До 1896 року Росія зібрала 1,4 млн. т кукурудзяного зерна і вийшла на п'яте місце в світі (після США, Австро-Угорщини, Румунії та Італії). А в 1908 - 1911 рр. середньорічний обсяг тільки вивозиться на експорт кукурудзи становив уже 5 - 6 млн. т.

Л.І. Шинкарьов повідомляє, що декабрист Олексій Петрович Юшневский, першим в Сибіру на Іркутській землі почав вирощувати кукурудзу. Автор не вказує роки посіву, але орієнтовно, можна вважати, що ця подія відноситься до періоду 1828 – 1843 рр. [42].

В кінці XIX століття в Мінусинському краї і під Барнаулом кукурудза стала не таким вже рідкісним явищем [43]. Причому сіяли тут її крем'янисті скоростиглі різновиди. Саме за цю кукурудзу і взялися ґрунтовно місцеві селекціонери. Попов, наприклад, вивів близько Барнаула кремнистий сорт «Первісток» [44].

А.В. Рад, узагальнюючи досвід вирощування кукурудзи на корм в Росії, повідомляє, що кормова кукурудза почала входити в польову культуру в п'ятдесяті роки XIX століття. Це викликано було необхідністю мати протягом літа зелений корм в такий час, коли інші трави або вже прибрані на сіно, або стають занадто грубими, що звичайно настає в господарстві після сінокошу [45].

Н.Л. Сколозубов в 1913 році знайшов у одного з селян Курганського повіту кукурудзу, розведена під назвою «Білояр пшоно». Виявилося, що її вирощують на місцевих городах ще з XVIII ст. «Білояр пшоно» у свій час вважався найбільш скоростиглим сортом. Пізніше лаври першості йому довелося поділити з «сибірячкою». Так назвали сорт, виявлений на селянських городах в районі Мінусинська [29].

В.І. Герасенков в основу створення сорту Омська 2 поклав місцеві зразки кукурудзи селян Полтавського району Омської області [46].

Н.С. Возика повідомляє про оброблення кукурудзи селянами на полях Кустанайської області, а на Львівському дослідному полі роботи з кукурудзою проводилися ще до революції 1917 року. При цьому встановлена її роль як хорошого попередника зернових культур. Так, за даними Львівського дослідного поля, в середньому за три роки (1914-1916) врожайність ярої пшениці (у пудах з десятини) по кукурудзі склала 72,4; по чорному пару - 69,1, після картоплі, проса, соняшнику - 62,5 - 67,1 і після пшениці - 50,8 [47].

У 1930-х роках почалася активна селекційна робота. Так, в США були передані в виробництво гібридні сорти кукурудзи, які були створені для виробництва зерна, але була швидко встановлена їх цінність і для силосування.

У 1942 році Невенс і Дангал встановили в штаті Іллінойс, що деякі гібриди забезпечували набагато більші збори сухої речовини, ніж перехрестнозапилюючі сорти на порівнянній стадії стиглості.

У 1947 році продовольча і сільськогосподарська організація (ФАО) ООН організувала симпозіум по кукурудзі для ознайомлення європейських селекціонерів з методами, успішно застосовуються в США.

Американські гібриди, ввезені в Європу на наступний рік, розподілялися ФАО між зацікавленими країнами для порівняльних випробувань з місцевими сортами, а інбредні лінії державних дослідних станцій США і Канади стали доступні для селекціонерів в Європі.

Інтродукція американських гібридів і селекційного матеріалу послужила стимулом для досліджень кукурудзи в Європі. У Голландії і Франції були

створені перші кремнистозубовидні гібриди, які викликали різке збільшення площ під зерною кукурудзою. Створення кремнистозубовидних гібридів стало головною метою селекціонерів в північній Європі і Україні [48].

Поява і продаж нових гібридів кукурудзи в Європі в 1957 році співпали з випуском триазинових гербіцидів, симазина і атразина, до яких кукурудза дивно стійка.

У 1960 році були зроблені значні удосконалення в механізації вирощування і збирання кукурудзи на зерно і корм. З'явилися нові сівалки і комбайни для висіву та збирання, доповнюють успіхи, досягнуті в селекції і агротехніки.

Л.С. Мацюк, узагальнюючи досвід роботи з кукурудзою в СРСР, зазначав, що всі елементи агротехніки кукурудзи потребують наукового обґрунтування котрі тільки в нових районах її вирощування, а й у всіх старих районах Молдавії, України, РРФСР. Говорячи про рівень знань і розвитку науки по обробітку кукурудзи в країні, він вказував, що з питань приватної фізіології, генетики та селекції кукурудзи зроблено значно більше, ніж за питань агротехніки стосовно до місцевих ґрунтово-кліматичних і погодних умов [49].

Аналогічне становище склалося і в Сибіру. Н.Н. Кулешов вперше сформулював принципові позиції по екологічному обґрунтуванню вибору сортів і прийомів агротехніки кукурудзи для отримання високих стійких і високоякісних урожаїв в Західному Сибіру. Для успішного вирощування кукурудзи автор радив взяти до уваги кліматичні і біотичні чинники, вміле пристосування до яких і можливе подолання їх несприятливих впливів можуть забезпечити правильну підставу для вибору сортів і побудови прогресивної агротехніки культури [50].

За свідченням Б.І. Герасенкова, на городах селянських господарств, сформувався сибірський екотип кукурудзи. Рослини відрізнялися швидким зростанням, накопиченням сухої речовини, холодостійкістю і засухостійкістю. Форми в основному крем'янисті, рідше жаби. Рослини гранично скоростиглі,

кущисті, порівняно низькорослі, багато і порівняно мілкопочаткові. Закладення качанів низьке [46].

Кукурудза грає вирішальну роль в раціонах високопродуктивної худоби.

Для підвищення ефективності віддачі кормів у тваринництві назріла гостра необхідність у великих структурних змінах посівів кукурудзи на зерно і силос, переорієнтації спеціалізації зон її вирощування, освоєнні нових технологій виробництва заготівлі та зберігання. Потрібні нові підходи в агроекологічному районуванні її виробництва і використання кукурудзяних кормів [51].

У всіх країнах світу вирощують кукурудзу в основному на зерно. У нас же багато років використовують її переважно на силос і зелений корм. У країні за останні 50 років посіви кукурудзи спочатку розширили майже безмежно, обробляючи її в нетипових і часто непридатних умовах, а потім стали скорочувати, особливо посіви на зерно. Не можна не помітити, що в цей період більшість країн світу поступово розширювали і нарощували виробництво зерна кукурудзи (Франція, Англія, ФРН, Канада, Швеція та ін.).

Використання цієї культури в різних країнах різне: в США, наприклад, під кукурудзу на зерно відводять близько 30 млн. га (91%), на силос 3 млн. га (9%), а на зелений корм взагалі не використовують. В СРСР на зерно кукурудзу висували на площі 4,6 млн. га (21%), на силос і зелений корм - 17,7 млн. га (79%). У Росії на силос збирають 88% кукурудзи, на зерно - 12%. Навіть в Україні зі сприятливими умовами для кукурудзи посіви її займають 6,7 млн. га, в тому числі на зерно - 2,4 млн. га (36%), на силос і зелений корм - 4,3 млн. га (64%). В СРСР в валовому виробництві зерна кукурудза (вперше, в 1988 році сягне валовий збір в 16,4 млн. т) займала 8%, зараз в Україні 18%, в Молдові 44% і в Росії 3,7% [52, 53].

3.2 Сучасний стан моделювання формування продуктивності кукурудзи

Клімат змінюється і вплине на майбутнє вирощування всіх продовольчих та кормових культур. Кукурудза не є винятком, і для забезпечення майбутнього постачання ми повинні почати розуміти, як клімат впливає як на фенологічний розвиток кукурудзи, так і на продуктивність. Температура та опади - два кліматичні фактори, які матимуть найбільшу користь для фенології та продуктивності кукурудзи. Потепління клімату прискорить фенологічний розвиток, оскільки кількість теплових одиниць, необхідних для появи листя, є відносно постійною у вегетативній стадії. Продуктивність кукурудзи знижується, коли під час запилення трапляються екстремальні температурні явища, і ще більше перебільшується, коли при запиленні спостерігається дефіцит води. Протягом періоду заповнення зерна тепла температура вище верхнього порогу призводить до зниження врожайності. За оцінками моделей, на кожне підвищення температури на 1 °C відбувається майже на 10% зниження врожаю. Щоб задовольнити світовий попит, необхідні нові методи адаптації, щоб забезпечити водою зростаючий урожай та уникнути екстремальних температурних явищ протягом вегетаційного сезону. Зміна клімату продовжуватиме впливати на виробництво кукурудзи, і розуміння цих наслідків допоможе визначити, де існують майбутні виробничі площі, та можна використовувати інноваційні методи адаптації для підвищення стабільності врожайності [54].

Для території Малаві для оцінки майбутніх змін клімату було використано п'ятнадцять GCM у середині та кінці століття за сценаріями викидів SRA1B та SRB1. Дані про погоду з 1971 по 2000 рік використовувались як базовий період. Результати від GCM були зменшені за допомогою LARS-WG, широко використовуваної стохастичної РГ. Оцінка ймовірнісного аналізу з використанням обмеженого діапазону з відомим розподілом ймовірностей, який був використаний для обробки невизначеності результатів GCM. Дані кліматичних змін були представлені за

трьома ймовірностями (25-й, 50-й та 75-й), що представляють різні рівні ризику зміни клімату. Модель врожаю ФАО, AquaCrop, була успішно перевірена та може використовуватись для імітації врожаю кукурудзи в майбутньому. Вчені прогнозують, що середньорічна кількість опадів у районі Лілонгве зменшиться з 0% до 26% та 3% до 29% у середині та кінці століття відповідно, порівняно з базовим періодом 1971–2000 рр. Однак середньомісячна схема опадів зображує і те, і інше збільшення і зменшення в різні місяці та періоди часу. Очікується щомісячна температура в обох часових горизонтах з максимальними перепадами температур в діапазоні від 1,26 °C до 2,20 °C і 1,78 °C до 3,58 °C в середині та кінці століття, відповідно. Моделювання врожаю вказує на те, що виробництво кукурудзи зменшиться в майбутньому від -0,73% до -14,33% до середини століття та від -13,19% до -31,86% наприкінці століття [55].

Враховуючи накопичувані дані про зміну клімату в Африці на південь від Сахари, існує нагальна потреба у розробці більш стійких до клімату систем кукурудзи. Стратегії адаптації до зміни клімату в системах кукурудзи в Африці на південь від Сахари, швидше за все, включатимуть поліпшену зародкову плазму з толерантністю до посухи та спекотного стресу та вдосконалену практику управління. Адаптація систем кукурудзи до майбутнього клімату вимагає здатності точно прогнозувати майбутні кліматичні сценарії, щоб визначити реакції сільського господарства на кліматичні зміни та встановити пріоритети стратегій адаптації. Тут розглядаються прогнозовані сценарії зміни клімату для регіонів вирощування кукурудзи в Африці, використовуючи результати 19 глобальних кліматичних моделей. Очікується, що до 2050 року температура повітря у кукурудзяних мегасередовищах в межах Африки, що знаходиться на південь від Сахари, зросте в середньому на 2,1 °C. Зміни опадів протягом вегетації кукурудзи змінювались залежно від місця розташування. Враховуючи проміжок часу між розробкою вдосконалених сортів, поки насіння не перебуває в руках фермерів, та прийняттям нових методів управління, існує нагальна потреба визначити

пріоритетні стратегії досліджень щодо розвитку стійкої зародкової плазми, що стосується зміни клімату, щоб компенсувати прогнозований спад врожаю [56].

Регіональні біогеографічні моделі вважаються важливими інструментами для підтримки рішень, що стосуються сталого сільськогосподарського планування в зв'язку зі зміною клімату. Ці моделі корисні для кращого розуміння впливу зміни клімату на окремі види сільськогосподарських культур через їх чутливість до регіональних екологічних умов. У даній статті розглядається застосування регіональної біогеографічної моделі для прогнозування впливу зміни клімату на умови вирощування кукурудзи на зерно в Центральній Європі. Модель заснована на детальному знанні взаємозв'язків кліматичних характеристик зон рослинності в ландшафтах з екологічними умовами вирощування кукурудзи на зерно в досліджуваному регіоні. Результати, отримані при використанні моделі, вказують на істотне збільшення загальної площі, придатної для вирощування кукурудзи на зерно в досліджуваному регіоні. Очікується, що до 2070 року ця площа втричі більше, ніж сьогодні. Спеціальні карти використовуються для візуалізації сценаріїв прогнозування з метою підтримки прийняття рішень при регіональному плануванні в досліджуваному регіоні, де кукурудза на зерно є важливою сільськогосподарською культурою. Ця біогеографічна модель може використовуватися в інших регіонах Європи, де доступні основні дані, що відносяться до зон рослинності. В якості вхідних кліматологічних даних для моделі використовувалася перевірена база даних Чеського гідрометеорологічного інституту (річні опади, середньорічна відносна вологість повітря, середньодобова радіація, середньорічна температура повітря і середньорічна швидкість вітру). Ця база даних розрахована для обраного сценарію регіональних викидів RCP8.5. Цей сценарій передбачав найбільш значні зміни клімату і відповідав природній мінливості клімату. Він показав високу точність стандартизованих сценаріїв зміни клімату для підвищення глобальної температури на 1 °C. На основі стандартизованого сценарію в біогеографічній моделі були виведені кліматологічні значення для

майбутніх тимчасових горизонтів. Кліматологічні дані тісно пов'язані з регулярною мережею трапецій з 131 точки, рівномірно розподіленим в Чеській Республіці [57].

Поєднання підвищення температури повітря і змін загального та річного циклу опадів, прогнозованих на наступні десятиліття, викликає значне зрушення в розмірі і розташуванні окремих агрокліматичних зон [58]. У всіх випадках розміри посівів зернових і картоплі, а також кормових і пасовищних зон будуть значно скорочені до 2050 року і будуть замінені зонами вирощування цукрових буряків і кукурудзи на зерно. Аналогічні твердження були зроблені в дослідженні [59], в якій проаналізовано розширення площ, придатних для вирощування кукурудзи на зерно, в Центральній і Північній Європі з урахуванням прогнозів зміни клімату.

Вплив зміни клімату на сільське господарство можна оцінити, оцінивши зміни врожаю за допомогою імітаційних моделей. Кукурудза була досліджена, оскільки вона донедавна була напівмаргінальною культурою, яку сьогодні вважають хорошим джерелом високоенергетичного корму в Ірландії. Метою роботи [60] було оцінити вплив зміни клімату на врожай кукурудзи та сої в Ірландії за допомогою моделей моделювання сільськогосподарських культур та даних кліматичного сценарію для оцінки потенційних змін між базовим та майбутніми сценаріями, а також оцінити деякі наслідки цих змін. Моделі, використані для цієї роботи, є частиною Системи підтримки прийняття рішень щодо передачі агротехнологій (DSSAT). Результати моделювання базового клімату порівнювали з наявними даними і вказували, що моделі прийнятні для використання в ірландських умовах.

У дослідженні [61] використовуються моделі глобальної циркуляції (GCM) та модель динамічного зростання врожаю CERES-кукурудза для оцінки потенційних наслідків зміни клімату на кукурудзу (*Zea mays* L.) в Зімбабве. Кукурудза є найбільш широко вирощуваною культурою в Зімбабве, і вона часто зазнає екологічного стресу через високу температуру навколишнього середовища та низькі опади. Сценарії змін клімату припускають, що продуктивність кукурудзи в Зімбаб

ве різко зменшиться в умовах неполиву чи зрошення в деяких регіонах сільськогосподарського виробництва. Зменшення врожаю кукурудзи в першу чергу пояснюється підвищенням температури навколишнього середовища, що скорочує період росту врожаю, особливо період наливу зерна. У разі виникнення кліматичних наслідків фермери можуть вважати виробництво кукурудзи неприпустимо ризикованою діяльністю. Доступні варіанти адаптації, але фінансові витрати можуть бути непомітними для фермерів комунальних територій.

Південні і центральні рівнини Сполучених Штатів [62], включаючи західний Канзас, відчувають скорочення запасів ґрунтових вод з річки Огаллала в результаті перевищення річного підживлення водозаборів для зрошення, ця ситуація буде ускладнюватися змінами клімату в майбутньому. Метою цього дослідження, заснованого на моделюванні, було: 1) оцінити вплив майбутньої зміни клімату на урожайність кукурудзи західному Канзасі; і 2) оцінити і зрозуміти можливі впливи зміни клімату на продуктивність зрошування для кукурудзи, транспірацію, евапотранспірацію і кількість днів до дозрівання. Модель врожаю «Оцінка урожаю за допомогою синтезу ресурсів і навколишнього середовища» (CERES-кукурудза) в рамках системи підтримки прийняття рішень для моделі систем агротехнології передачі сільськогосподарських культур (DSSAT-CSM) використовувалася в поєднанні з декількома глобальними кліматичними моделями в рамках двох репрезентативних траєкторій концентрації (RCP), і два сценарії поливу [повний (450 мм) і дефіцит (300)] при трьох строках посадки [ранній (20 квітня), нормальний (5 травня) і пізній (15 травня)]. Результати показали, що урожай кукурудзи в середині 21 століття знизиться в порівнянні з нинішнім в середньому на 18-33% в рамках RCP4.5 і 37-46% в рамках RCP8.5. Зниження врожайності може бути викликано, головним чином, скороченням вегетаційного періоду (зниження днів до дозрівання на 9-18%) через підвищення температур. Зниження транспірації в порівнянні з вихідним рівнем досягло 15% для RCP8.5 при недостатньому зрошенні, тоді як зниження було мінімальним (1-7%) при повному зрошенні. Це вказує на те, що значне скорочення врожайності може статися через комбінований вплив недостатнього зрошення і скорочення періоду дозрівання. Збільшення врожайності

за рахунок підвищеної концентрації CO_2 концентрації $[\text{CO}_2]$ могли бути замасковані підвищеними температурами. Поточне дослідження показало велику різницю в моделюванні врожайності між різними GCM. Дата посадки не привела до значного підвищення врожайності, але була менша мінливість моделювання серед GCM з раннім посівом в порівнянні з нормальним і пізнім посівом. Не було суттєвої різниці між термінами посадки по продуктивності води, проте спостерігалася невелика тенденція поліпшення продуктивності поливної води при недостатньому зрошенні при ранньому посіві в порівнянні зі звичайним і пізнім посівом. При всіх строках сівби і RCP продуктивність кукурудзи при недостатньому зрошенні була трохи вищою, ніж при повному зрошенні. Різниця в продуктивності при недостатньому і повному зрошенні була більше при ранньому посіві в порівнянні з нормальним і пізнім посівом. Ці відмінності підтверджують, що ранній посів може бути відповідним в умовах майбутнього клімату в порівнянні з пізнім посівом, навіть якщо моделюєма врожайність при ранньому посіві при аналогічних RCP і рівнях зрошення істотно не відрізняється від пізнього посіву.

Кукурудза продовжує приділяти багато уваги наукової спільноти за її потенціал для задоволення потреб у продовольстві, кормі та паливі зростаючої людської популяції в умовах мінливого клімату. До середини століття очікується, що глобальне підвищення температури перевищить 2°C , де місцевий вплив на спеку, холод та екстремальні опади буде різним. Північно-східні Сполучені Штати є основним виробником молочної продукції, споживачем кукурудзи, і його називають найшвидшим теплим регіоном у сусідніх США. Важливо розуміти, як ключові агрономічні кліматичні змінні впливають на ріст та розвиток кукурудзи, щоб стратегії адаптації могли бути адаптовані до місцевого клімату. Вчені [63] проаналізували потенційні місцеві наслідки зміни клімату на ріст та розвиток кукурудзи у трьох основних місцях виробництва молочних продуктів на північному сході (Сіракузи, Нью-Йорк; Державний коледж, Пенсильванія та Лендсвіл, Пенсильванія), використовуючи прогнозовані кліматичні дані (2000–2100). Моделі з двома шляхами викидів (репрезентативні шляхи концентрації (RCP4.5 та 8.5). Аналіз показує, що кукурудза ближче до кінця 21 століття відчуватиме менше весняних та осі

нніх заморозків, більш швидкі темпи зростання денного накопичення зі скороченням часу, необхідного для досягнення дозрівання, більші частоти щоденної високої температури ≥ 35 °C під час ключового зростання такі стадії, як більший дефіцит вологи під час репродуктивної (R1-R6) стадії. Ці агрономічні аномалії різняться між трьома місцями, що ілюструє різний вплив змін клімату в більш північних регіонах порівняно з південними районами північного сходу. Такі стратегії управління, як зміщення дат посадки на основі весняних заморозків та зрошення під час найбільших етапів дефіциту вологи (R1-R6), частково компенсують прогнозоване збільшення тепла та посухи. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на розумінні наслідків глобального потепління на місцевому рівні та визначенні стратегій адаптації, що відповідають місцевим потребам.

Очікується, що африканські країни [64], такі як Нігерія, будуть більш сприйнятливі до впливів зміни клімату через велику залежність від богарного землеробства і деяких невизначеностей у відповідях рослинництва на зміну клімату. Вплив зміни клімату на потреби сільськогосподарських культур у воді (CWR), потреби у воді для зрошення (IWR), врожайність і продуктивність води сільськогосподарських культур (CWP) богарної кукурудзи в басейні річки Огун-Осун, Нігерія, оцінювалися за базовий період (1986-2015 роки) і майбутній прогнозований період (2021-2099) згідно сценаріями «Репрезентативний шлях концентрації» (RCP) 4.5 і RCP 8.5. Для базового періоду значних тенденцій по вивченим змінним не спостерігається. Проте, згідно з прогнозами, IWR значно збільшиться до 140% в майбутньому, в той час як прибутковість, ймовірно, може знизитися в обох сценаріях до -12%. Це дослідження показує, що в майбутні періоди додаткове зрошення мало вплине на підвищення врожайності, але підвищення родючості ґрунту може підвищити врожайність і CWP до 80% в 2099 році. У цьому документі міститься корисна інформація про відповідні адаптаційні заходи, які можуть бути реалізовані зацікавленими сторонами і політиками, щоб зрівноважити вплив зміни клімату на рослинництво.

В умовах зміни клімату зміни в ефективності використання азоту (EIA) не отримали широкого визнання як впливають на продуктивність сільського господарства. Було проведено дослідження [65] для оцінки впливу майбутнього клімату на врожайність сільськогосподарських культур і NUE для двох видів пшениці (*Triticum aestivum* L.) і кукурудзи (*Zea mays* L.) Системи сівозміни та одна система безперервного обробітку кукурудзи в північному Китаї. Зокрема, модель SPACSYS, заснована на процесах, використовувалася для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур і NUE до 2100 року за чотирма кліматичними сценаріями (вихідний рівень, RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5). Модель була перевірена з використанням даних трьох довгострокових експериментів, кожен з яких включав чотири методи внесення добрив, типових для даного регіону: без добрив, комбінований мінеральний азот, фосфор (P) і калій (K) (NPK), NPK плюс гній і NPK плюс солома. Аналіз показав, що SPACSYS добре моделює врожайність сільськогосподарських культур і поглинання азоту (R^2 : 0,41-0,96; RMSE: 6-18%; і EF: 0,41-0,93). В умовах майбутніх змін клімату модель передбачала зміни врожайності кукурудзи на 30,69% і 5,98% в північно-західному і північно-східному Китаї, відповідно, і врожайності пшениці на -16,37% в північно-західному Китаї. В майбутньому клімат викличе більше скорочення EIA на північному заході (пшениця: 42,79%; кукурудза: 33,73%), ніж на північному сході (кукурудза: 3,97%), з меншим зниженням поглинання азоту рослинами і втрат азоту. Крім того, внесення гною мало вищі ЕП сільськогосподарських культур (пшениця: 6,66-31,27%; кукурудза: 23,82-68,19%) і поглинання азоту, ніж інші види обробки в умовах майбутнього зміни клімату. Результати продемонстрували ризики майбутніх змін клімату для врожайності і EIA в досліджуваних регіонах, а також можуть допомогти у виборі методів внесення добрив для ефективного пом'якшення наслідків зміни клімату.

Метою досліджень [66] було встановити особливості формування продуктивності нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості шляхом

оптимізації строків сівби та густоти стояння рослин в умовах зрошення Південного Степу України. наведено результати досліджень з встановлення максимальної урожайності зерна у гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби та густоти стояння рослин за умов зрошення Південного Степу України. В середньому за 2014-2016 рр., максимальний врожай зерна культури було отримано за сівби у III декаду квітня у гібрида Каховський – 13,69 т/га за густоти стояння – 70 тис. шт./га. Серед факторів, що вивчали у даному досліді основний вплив на формування зернової продуктивності мав гібридний склад – 78,2%, частка строку сівби становила – 4,2%, густоти стояння – 0,6%.

Дослідниками [67] наведено результати пошуку залежностей врожайності сільськогосподарських культур від кліматичних та агрометеорологічних чинників на території Рівненської області. Пошук залежностей проводили за допомогою коефіцієнтів кореляції та детермінації за період 2000-2016 рр. У результаті досліджень було отримано, що при підвищення середньої температури повітря, максимальної температури поверхні ґрунту, збільшення сум ефективних та позитивних температур призводить до збільшення врожайності як типових культур (зернових, цукрових буряків, картоплі, овочевих культур), так і нетипових нових (кукурудзи, ріпаку, соняшника та сої). При підвищенні таких показників, як мінімальна температура поверхні ґрунту, середньої температури орного шару ґрунту, кількості опадів, запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту та гідротермічного коефіцієнта відбувається зменшення врожайності типових і нетипових культур. Тому, для отримання високих врожаїв, необхідно, щоб кліматичні і агрометеорологічні чинники знаходились в оптимальних межах.

Авторами [68] уперше для умов Південного Степу України на темно-каштановому середньо-суглинковому ґрунті досліджено процеси формування продуктивності гібриду кукурудзи Крос 221М залежно від умов зволоження, доз мінеральних добрив та густоти стояння рослин. Встановлено закономірності росту, розвитку й динаміку формування продуктивності

рослин, визначено особливості водоспоживання рослин кукурудзи та ефективність використання вологи за фазами росту й розвитку.

3.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов росту кукурудзи

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних і агрокліматичних показників за чотири періоди: 1981 – 2005 рр. (базовий період), 2021 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2040 рр. (II-й сценарний період), 2041 – 2050 рр. (III-й сценарний період). Була використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [69].

За умов реалізації сценарію RCP4.5 зміни клімату терміни сівби кукурудзи змістяться на більш пізні строки: для I-го періоду на 12 днів, для II-го періоду – на 13 днів, для III-го періоду – на 14 днів (табл. 3.1). Відповідно, змістяться і строки появи сходів: для I-го періоду на 5 днів, для II-го періоду – на 7 днів, для III-го періоду – на 4 дні. Строки викидання волотті змістяться в I-й період на 1 раніше, в II-й період – на 2 дні пізніше і в III-й період – на 2 дні пізніше. Повна стиглість в I-й та II-й періоди настане на 3-4 днів пізніше, а в III-му періоді зросте на один день, порівняно з базовим періодом. Тривалість вегетаційного періоду сівба – повна стиглість для всіх трьох періодів збільшиться на 3, 4 та 6 днів.

За умовами сценарію RCP4.5 період сівба – викидання волоті буде проходити при понижених температурах на 3,6 °C у I-й період і на 1,9 та 0,6 °C у II-й та III-й періоди (табл. 3.2). Сума опадів в усі три періоди зменшиться на 29 мм, 1 мм та 16 мм, в порівнянні з базовим періодом.

Таблиця 3.1 – Фази розвитку кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу

Період	Сівба	Сходи	Викидання волоті	Повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
1986-2005	07.05	21.05	06.07	05.09	106
RCP4.5					
2021-2030	25.04	16.05	07.07	02.09	109
Різниця	-12	-5	+1	-3	+3
2031-2040	24.04	14.05	04.07	01.09	110
Різниця	-13	-7	-2	-4	+4
2041-2050	23.04	17.05	08.07	06.09	112
Різниця	-14	-4	+2	+1	+6

Таблиця 3.2 - Агрокліматичні умови вирощування кукурузи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу

Період	Період сходи – викидання волоті			Період викидання волоті – повна стиглість			Весь вегетаційний період			
	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1986 – 2005	20,2	930	84	22,6	1291	72	22,3	2427	156	170,8
RCP4.5										
2021 – 2030	16,6	879	55	23,7	1352	33	22,3	2231	88	197,5
Різниця	-3,6	-51	-29	+1,1	+61	-39	-2,0	-191	-68	+26,7
2031-2040	18,3	932	83	23,1	1362	29	20,9	2294	112	202,1
Різниця	-1,9	+2	-1	+0,5	+71	-43	-1,7	-133	-44	+31,1
2041 – 2050	19,6	1020	68	23,2	1389	29	21,5	2409	97	207,3
Різниця	-0,6	+90	-16	+0,6	+98	-43	-0,8	-19	59	+36,5

За сценарієм RCP4.5 за міжфазний період сходи – викидання волоті знизиться сумарне випаровування в порівнянні з базовим (109 мм) до 82 мм у І-й період, до 105 мм у II-й період і до 97 мм у III-й період. Сумарна

випаровуваність підвищиться на 77 мм у I-й період та 29 мм у III-й період, а у II-й період зменшиться на 20 мм.

Дещо завищеним буде температурний режим в період викидання волоті – повна стиглість в I-й, II-й та III-й періоди на 1,1 °С, на 0,5 °С та на 0,6 °С, порівняно з базовим періодом. Сума опадів за цей міжфазний період знизиться в I-й період на 39 мм, в II-й та III-й періоди - на 43 мм.

Сумарне випаровування зменшиться на 31 мм в I-й період, на 46 мм в II-й період та на 40 мм в III-й період, порівняно з базовим 64 мм. Сумарна випаровуваність в I-й період збільшиться на 8 мм, в II-й – на 28 мм, а в III-й – на 60 мм, в порівнянні з базовим 191 мм (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Порівняння показників режиму вологозабезпеченості кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу

Період	I період сходи – викидання волоті			II період викидання волоті – повна стиглість			Вегетаційний період		
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпе- ченість, відн. од.	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпе- ченість, відн. од.	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпе- ченість, відн. од.
1986-2005	109	216	0,50	64	191	0,34	115	407	0,43
RCP4.5									
2021-2030	82	293	0,28	33	199	0,17	115	492	0,23
Різниця	-27	+77	-0,22	-31	+8	-0,17	0	+84	-0,2
2031-2040	105	196	0,54	18	219	0,1	123	415	0,30
Різниця	-4	-20	+0,04	-46	+28	-0,24	+8	+8	-0,13
2041-2050	97	245	0,4	24	251	0,1	121	496	0,24
Різниця	-12	+29	-0,1	-40	+60	0,24	+6	+89	-0,19

За весь період вегетації кукурудзи ріст і розвиток в усі три періоди будуть проходити на фоні понижених температур на $2,0^{\circ}\text{C}$, на $1,7^{\circ}\text{C}$ та $0,8^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з базовим періодом.

Сума опадів за вегетаційний період кукурудзи в середньо багаторічному складає 156 мм. За період вегетації в усі три періоди сума опадів зменшиться 68 мм, 44 мм та 59 мм відповідно (табл. 3.2).

Такі умови зволоження погіршать умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відповідно 53%, 70% та 56% від середньо багаторічної.

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси посівів кукурудзи визначається приходом ΦAP за період і коефіцієнтом її використання.

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування кукурудзи відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури до яких відноситься ΦAP .

За середніми багаторічними даними сума фотосинтетичної активної радіації (Сума ΦAP) за період сходи – повна стиглість складає $170,8 \text{ кДж/см}^2$. За сценарієм RCP4.5 в усі три періоди очікується збільшення суми ΦAP до 197,5, 202,1 та $207,3 \text{ кДж/см}^2$, що складає 115, 118 та 121% від середньо багаторічного (табл. 3.2).

Максимальне значення приходу ΦAP за базовий період припадає на дев'яту декаду вегетації та складає $280,9 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$. За сценарієм RCP4.5 прихід ΦAP зросте. Так найвищі значення будуть спостерігатись в шостій декаді вегетації в II-й сценарний період – $333,6 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$ та в III-й сценарний період – $322,1 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$. В I-й сценарний прихід ΦAP буде дещо нижчим, ніж в II-й та III-й сценарні періоди, але вищим від середньо багаторічного і складатиме $320,1 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$ в дев'ятій декаді вегетації (рис. 3.1).

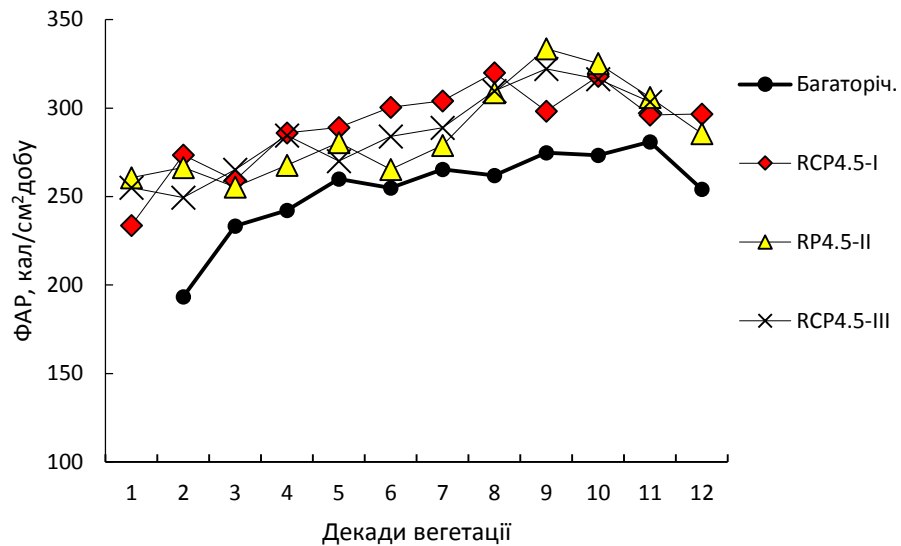


Рисунок 3.1 – Декадний хід ΦAP кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

Максимальне значення сумарної радіації за добу в середньому багаторічному складає $540 \text{ кал/см}^2\text{добу}$ (рис. 3.2). В сценарні періоди спостерігається підвищення сумарної радіації до $615 \text{ кал/см}^2\text{добу}$ в I-й період, до $641 \text{ кал/см}^2\text{добу}$ в II-й період та до $619 \text{ кал/см}^2\text{добу}$ в III-й період.

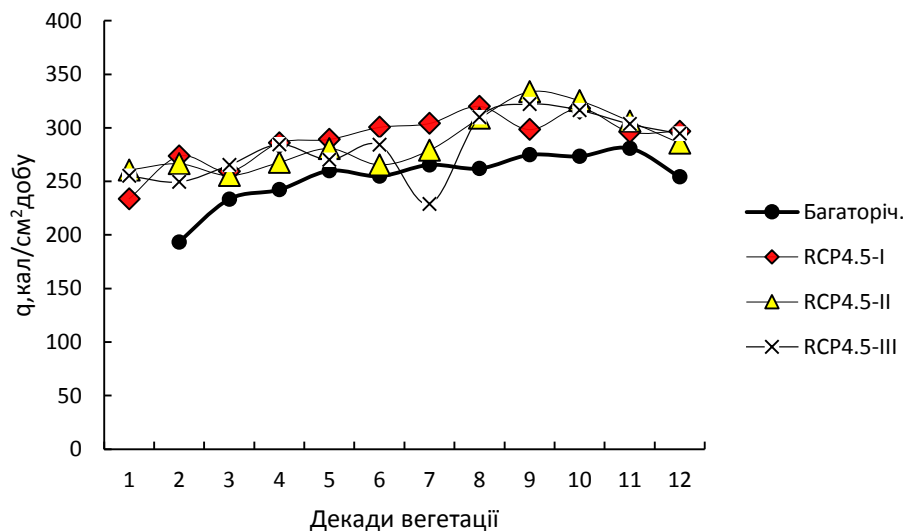


Рисунок 3.2 – Декадний хід сумарної радіації за добу в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування кукурудзи, які розглянуто вище, відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

За умовами реалізації сценарію RCP4.5 із-за зміни агрокліматичних умов вирощування кукурудзи рівень динаміки площі листя за сценарні періоди буде нижчим (рис. 3.3), порівняно з середньо багаторічним періодом. Так, із-за зниження вологозабезпеченості в усі три періоди площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 7,05 м²/м² до 6,07, 6,04 та 5,69 м²/м².

Фотосинтетичний потенціал за базовий період та за умовами реалізації сценарію (рис. 3.4) максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. За сценарними показниками $\Phi\P$ знизиться з 371,6 м²/м² до 320,2 м²/м² в I-й період, до 293,1 м²/м² в II-й період і до 313,0 м²/м² в III-й період.

$\Pi\P$ всієї сухої маси кукурудзи в середньому багаторічному складає 3311 г/м²дек. Так як $\Pi\P$ залежить від $\Phi A P$, то в усі три $\Pi\P$ збільшиться до 3887, 3842 та 3850 г/м²дек, що складає відповідно 117, 116 та 116% від середньо багаторічного (табл. 3.4).

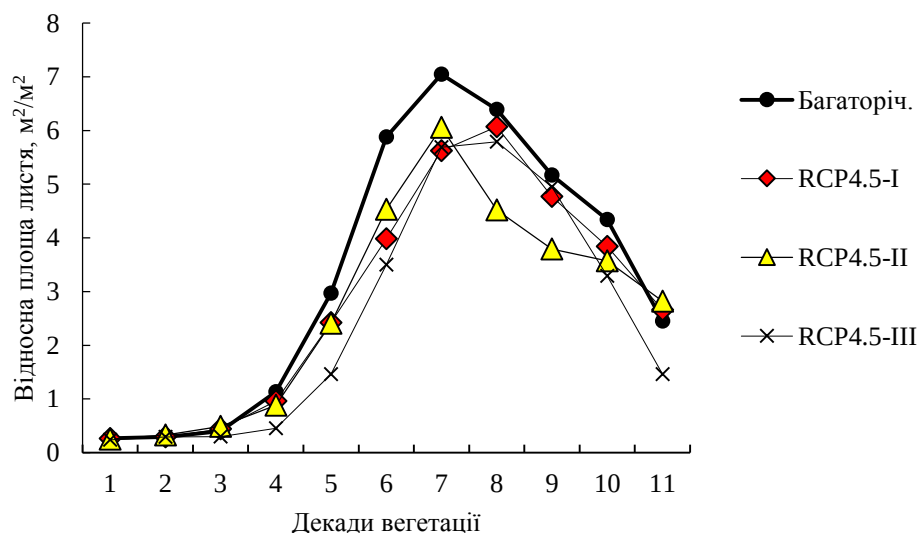


Рисунок 3.3 – Динаміка площі листя кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

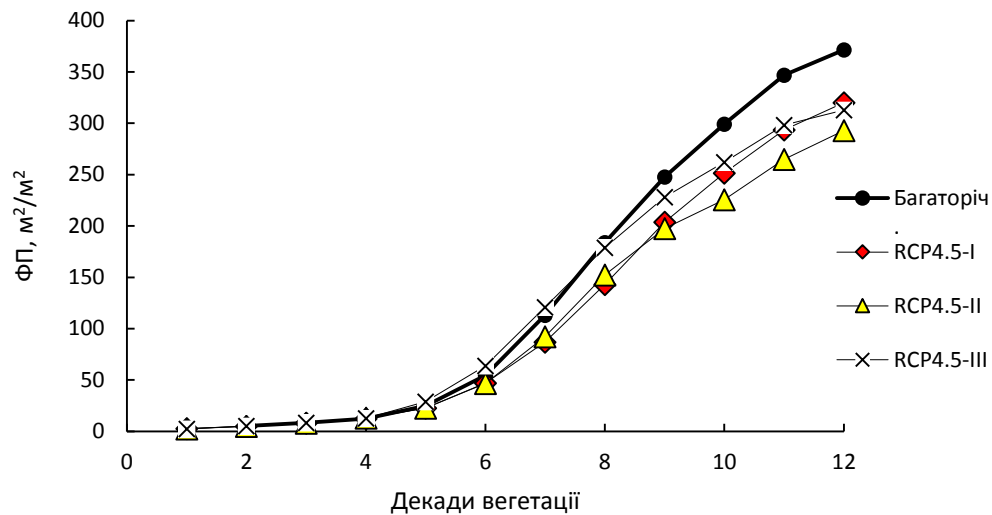


Рисунок 3.4 – Динаміка фотосинтетичного потенціалу кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

Таблиця 3.4 – Формування урожаю кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м²дек			Урожай кукурудзи при вологості 14 %, ц/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю	
1986-2005	3311	1597	974	44,4
RCP4.5				
2021–2030	3887	1450	885	40,3
Різниця	+576	-147	-89	-4,1
2031–2040	3842	1505	918	41,9
Різниця	+531	-92	-56	-2,5
2041–2050	3850	1469	896	40,9
Різниця	+539	-128	-78	-3,5

Рівень *ММУ* всієї сухої маси, який залежить від факторів тепла і вологи, в середньо багаторічному складає 1597 м²/м². В усі три сценарні періоди *ММУ* зменшиться до 1450, 1505 та 1469 г/м²дек, що складатиме 91, 94 та 92% від середньо багаторічного (табл. 3.4).

За умовами сценарію RCP4.5 з урахуванням природної родючості ґрунту рівень *ДМУ* всієї сухої маси також зменшиться в усіх трьох періодах. Найбільше зменшення спостерігається в I-й та III-й періоди до 885 та 896 г/м²дек, що складатиме 91 та 92% від середньо багаторічного. В II-й період *ДМУ* зменшиться до 918 г/м²дек, що складатиме 94% від середньо багаторічного.

Урожай кукурудзи при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах становить 44,4 ц/га (табл. 3.4). В перші два сценарні періоди урожай зменшиться до 40,3 та 40,9 ц/га, що становить 91 та 92% від середньо багаторічного, а в II-й період зменшиться до 41,9 ц/га, тобто до 94% від середньо багаторічного.

Максимальне значення приростів *ПУ* кукурудзи в середньому багаторічному складає 339,0 г/м²дек. В сценарні періоди спостерігається ріст приростів *ПУ* до 358,4 г/м²дек в I-й період, до 367,2 г/м²дек в III-й період. В II-й період спостерігається найвище значення приростів *ПУ* і складає 370,3 г/м²дек (рис. 3.5).

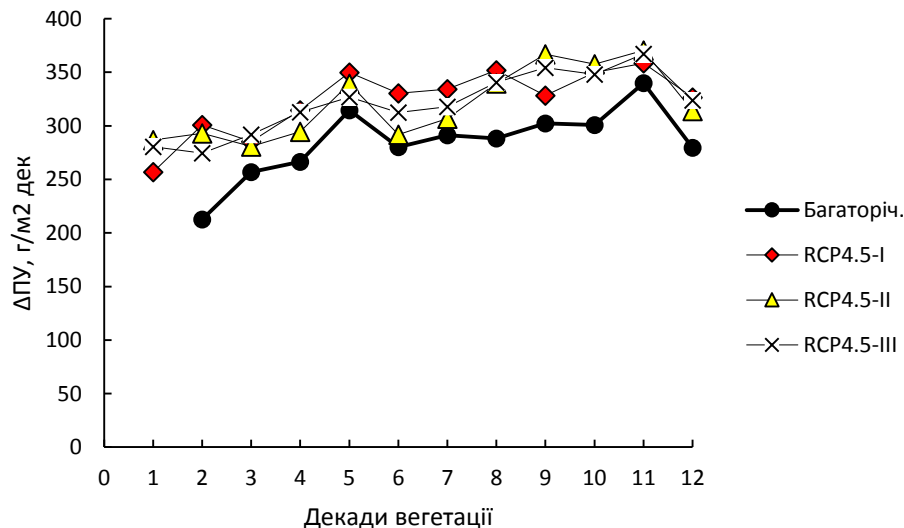


Рисунок 3.5 — Динаміка декадних приростів *ПУ* кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

Максимальне значення приростів *ММУ* кукурудзи в середньому багаторічному складає 192,9 г/м²дек. Найнижче значення приростів *ММУ* спостерігається в І-й період і складає 189,1 г/м²дек. В ІІ-й та ІІІ-й періоди прирости *ММУ* зростуть і складатимуть 229,1 та 212,2 г/м²дек (рис. 3.6).

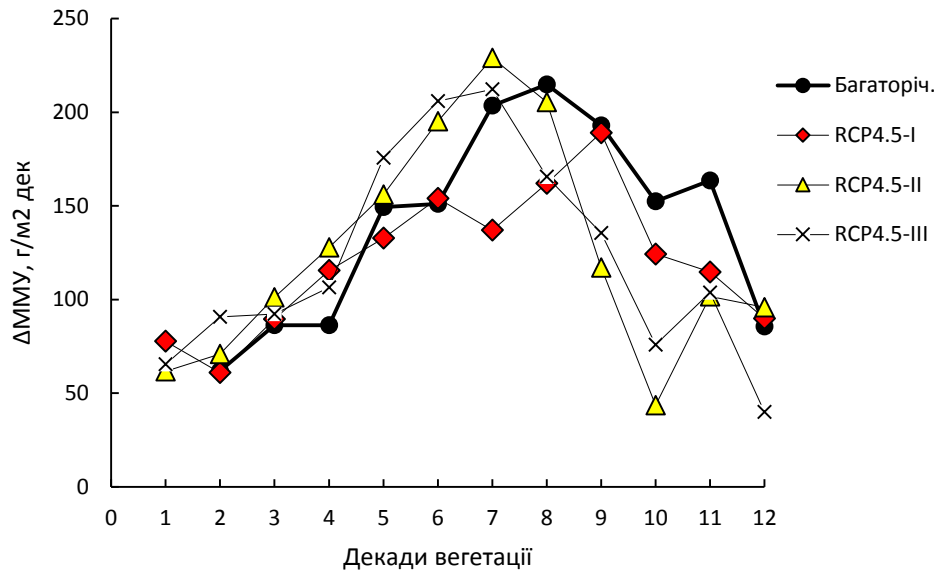


Рисунок 3.6 – Динаміка декадних приростів *ММУ* кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

Максимальне значення приростів *ДМУ* кукурудзи в середньому багаторічному складає 131,0 г/м²дек. В І-й та ІІІ-й сценарні періоди спостерігається зниження приростів від середньо багаторічного до 115,3 та 129,5 г/м²дек відповідно. В ІІ-й період спостерігається ріст *ММУ* до 139,8 г/м²дек (рис. 3.7).

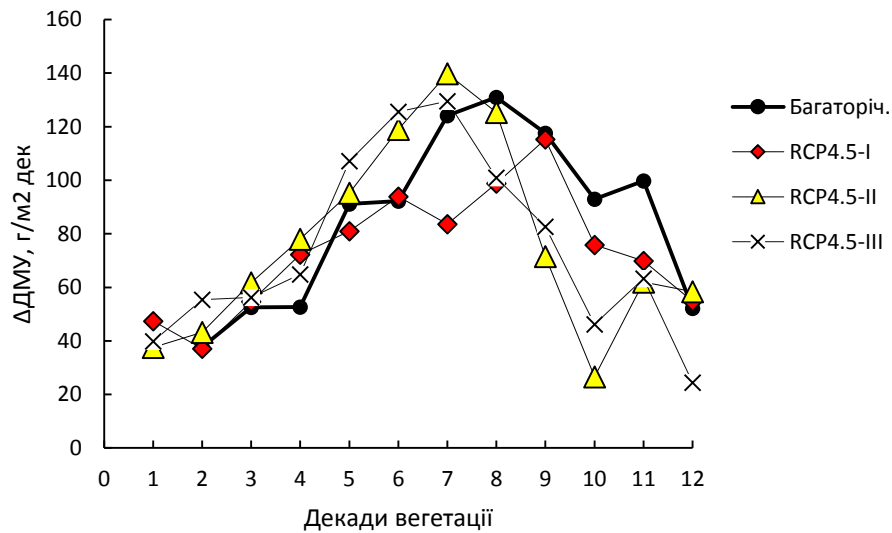


Рисунок 3.7 – Динаміка декадних приростів ДМУ кукурудзи за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу

3.4 Комплексні оцінки агрокліматичних ресурсів

В даний час під агрокліматичними ресурсами розуміються кліматичні можливості територій для отримання сільськогосподарської продукції. У зв'язку з цим відповідними характеристиками агрокліматичних ресурсів є дані про продуктивність і врожайність культур в залежності від показників клімату [70, 71]. Однак, адекватне вираження агрокліматичних ресурсів при такому підході досить складне, оскільки фактори погоди впливають на рослини безперервно і комплексно, а результат впливу залежить від фізіологічних параметрів самих рослин і ценотичних взаємодій в агрофітоценозах. У цьому аспекті видається обґрунтованим розгляд значень агроекологічних категорій продуктивності, що відображають комплексний вплив агрометеорологічних умов на продукційний процес, причому ресурси продуктивності оцінюються за відношенням до конкретної культури і, навіть, сорту [71, 72].

У зв'язку з тим, що найбільш адекватне вираження агрокліматичних ресурсів може бути реалізовано в агроекологічних категоріях урожайності, нами була проведена оцінка продуктивності території Південного степу

стосовно до культури кукурудзи в розрізі основних агроекологічних категорій урожайності.

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (*СВУ*) вирощування кукурудзи з табл. 3.5 видно, що в середньо багаторічному він складає 0,424 відн.од. В I-й та III-й періоди *СВУ* знизиться до 0,327 та 0,333 відн.од, що складатимуть 73 та 79% від середньо багаторічного. В II-й період очікується незначне підвищення значення *СВУ*, в порівнянні з I-м та III-м періодом, але нижче від середньо багаторічного і складатиме 0,353 відн.од., що становить 83% від середньо багаторічного.

Таблиця 3.5 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період	СВУ, відн.од	С _о , відн.од.	С _д , відн.од.	С _а , відн.од
1980-2005	0,424	0,610	0,370	0,872
RCP4.5				
2021-2030	0,327	0,610	0,315	0,963
Різниця	-0,097	0	-0,055	+0,091
2031-2040	0,353	0,610	0,320	0,907
Різниця	-0,071	0	-0,05	+0,035
2041-2050	0,333	0,610	0,320	0,959
Різниця	-0,091	0	-0,05	+0,087

Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів (*С_о*) для вирощування культури кукурудзи показала, що в середньому багаторічному та у всі сценарні період показник *С_о* очікується на рівні 0,610 відн.од.

Аналіз рівня реалізації агроекологічного потенціалу (*С_д*) для культури кукурудзи показав, що в середньо багаторічному значення оцінки культури

землеробства C_d для кукурудзи на території Південного Степу складає 0,370 відн.од. В усі три сценарні періоди спостерігається зниження C_d до позначки 0,315 відн.од. в I-й період та до 0,320 відн.од. в II-й та III-й періоди, що складає 85 та 86%, в порівнянні з середньо багаторічним.

З даних табл. 4.5 видно, що в середньо багаторічному значення оцінки культури землеробства C_a для кукурудзи на території Південного Степу складає 0,872 відн.од. В усі три сценарні періоди спостерігається ріст C_a . в I-й період C_a зростає до позначки 0,963 відн.од. та до 0,959 відн.од. в III-й періоди, що складає 110%, в порівнянні з середньо багаторічним. В II-й період C_a буде трохи нищим, ніж в I-й та III-й періоди і складатиме 104% від середньо багаторічного.

У третьому розділі представлений аналіз тенденції зміни клімату шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 і середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за чотири періоди: 1980 – 2005 рр., 2021 – 2030 рр., 2031 – 2040 рр., 2041 – 2050 рр. Виконані оцінки рівня використання агрокліматичних ресурсів показують, що вони досить низькі, є великі резерви щодо їх використання.

РОЗДІЛ 4

ПРОСТОРОВО-ТИМЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЮ КУКУРУДЗИ

4.1. Методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур

Для ефективного виробництва кінцевої продукції особливе значення має адекватна оцінка природно-кліматичних і агрономічних чинників, що впливають на процес вирощування сільськогосподарських культур. Облік їх взаємодії при одночасному підвищенні родючості ґрунтів і економії витрат дозволяє отримувати високі врожаї.

Кліматичні та погодні умови дуже впливають на сільськогосподарське виробництво. Вони значною мірою визначають урожай сільськогосподарських культур, якість продукції, витрати на її виробництво і особливості агротехнічних заходів.

При вирощуванні зернових культур облік умов клімату і погоди необхідний при виборі сорту, розробці заходів щодо кращого використання ресурсів тепла і вологи, плануванні термінів польових робіт, сівби, збирання і т.д. Впроваджуваний в виробництво сорт повинен мати високу продуктивністю, - максимально використовувати ресурси світла, тепла і вологи, якими володіє дана територія, а також давати високу якість продукції.

У зв'язку з цим для отримання високих і сталих врожаїв зернових культур в Україні актуальним є необхідність оцінки потенціалу врожайності зернових культур, агрокліматичних умов її формування, їх кореляційної залежності, а також впровадження у виробництво адаптивних сортів як основного елемента стабілізації виробництва зерна в регіоні.

Урожай - це загальний обсяг продукції в натуральному вираженні, отриманої з усієї площі прибраних основних, повторних і міжрядних посівів сільськогосподарських культур. Урожай, вимірюваний в простих абсолютних

одиницях маси (тонах, кілограмах і т.п.), характеризує загальні масштаби виробництва по кожному окремо взятому виду рослинницької продукції.

Точні дані про розміри врожаю можна встановити лише після збирання. Однак відомості про врожай необхідні в більш ранні періоди, наприклад, для визначення очікуваного виробництва продукції рослинництва, розрахунку потреб в техніці і транспортних засобах до початку проведення збиральних робіт. З цією метою використовуються показники врожаю стосовно до різних періодів (наприклад, фазами) розвитку рослин і періодів сільськогосподарського виробництва.

При загальному рості урожайності проса коливання їх по роках значні. І, чим вище середня урожайність, тим більше коливання. Тому для отримання планованих урожаїв поряд з детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне вивчення часової мінливості врожаїв в різних агрокліматичних зонах. За даними [73] все різноманіття чинників, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур, у тому числі і проса, можна розділити на дві групи. Перша група включає ряд факторів, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів, від яких залежить рівень культури землеробства, різноманітний. Це і досягнення генетики та селекції, технологія вирощування культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також озброєння енергією сільського господарства. Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня.

Урожайність сільськогосподарських культур визначається рівнем культури землеробства, ґрунтово-кліматичними та погодними умовами району обробітку. Тимчасові ряди урожайності культур розглядаються як сума двох доданків - детермінованою складовою і випадкових відхилень від неї. У такій постановці ряд урожайності ($Y_l = 1, 2, \dots, n$) можна подати загальної статистичної моделі такого вигляду

$$Y_l = f(t) + U_l, \quad (4.1)$$

де $f(t)$ – стаціонарна послідовність; U_l – випадкова послідовність.

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності в періоді, який розглядається. Вона представляється плавною лінією, яка отримана в результаті згладжування ряду, називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування урожайності та представляється відхиленнями від лінії тренду [74]. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства виявляє помітний вплив на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренду досить точно характеризує середній рівень урожайності, який обумовлений рівнем культури землеробства, економічними та природними особливостями конкретного району.

Для оцінки врожайності сільськогосподарських культур в різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонійних вагів [75, 76].

Метод найменших квадратів полягає в знаходженні параметрів моделі тренду, що мінімізують її відхилення від точок вихідного тимчасового ряду, тобто в мінімізації суми квадратичних відхилень, що спостерігаються і розрахунковими величинами. Модель тренду може відрізнятися по виду. Її вибір у кожному конкретному випадку здійснюється відповідно до низки статистичних критеріїв. Метод найменших квадратів широко застосовується в прогнозуванні в силу його простоти і можливості реалізації на ЕОМ. Недолік даного методу полягає в тому, що модель тренду жорстко фіксується, а це робить можливим його застосування тільки при невеликих періодах попередження, тобто при короткостроковому прогнозуванні.

Основна ідея методу гармонійних вагів (МГВ), який вперше був запропонований З. Хельвігом, полягає в тому, що більш пізнім значенням тимчасового ряду врожайності присвоюються більші ваги. В результаті вплив більш пізніх значень врожайності мусить сильніше відобразитися на прогнозованій трендовій складовій, ніж вплив більш ранніх. Пізніше цей метод отримав подальший розвиток в дослідженнях А.А. Френкеля, А.М. Польового та інших.

При використанні *МГВ* як деякого наближення істинного $f(t)$ тимчасового ряду врожайності сільськогосподарських культур

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n)$$

приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок часового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзаючого тренду) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзаючого тренду вибираємо число років, що утворюють окрему фазу, причому $k < n$, і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (4.2)$$

причому:

для $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$;

для $i = 2, t = 2, 3, \dots, k + 1$;

для $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n$.

Параметри a_i і b_i рівняння (4.1) визначаються методом найменших квадратів.

Потім визначаємо значення кожної функції $Y_i(t)$ в точках

$$t = i + h - 1 \quad (h = 1, 2, \dots, k).$$

З цих значень відбираємо ті, для яких $t = 1$, і через $Y_j(t)$ позначимо функції $Y_i(t)$ для $t = i$. Нехай таких значень буде g_i . Середні можна визначити за виразом

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (4.3)$$

Прирости w_{t+1} функція $f(t)$ визначається як

$$w_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (4.4)$$

обчислюється середня приростів

$$\bar{w} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (4.5)$$

де C_{t+1}^n – коефіцієнти, що задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{n+1}^n = 1.$$

Гармонійні коефіцієнти визначаються за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (4.6)$$

де m_{t+1} – гармонійні ваги.

Вираз (4.4) дозволяє надавати більш пізнім спостереженнями великі ваги. Якщо найраніші спостереження мають вагу:

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (4.7)$$

то вага інформації m_3 , що відноситься до наступного моменту часу, буде визначатися як

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (4.8)$$

Таким чином, ряд гармонійних вагів визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (4.9)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (4.6).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності проводиться за виразом

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w}, \quad (4.10)$$

при початковій умові $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду врожайності за *МГВ*, а також дозволяє за тенденцією часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1 - 2 роки [75, 76].

Тенденція урожайності визначалася за допомогою методу гармонійних вагів. Аналіз часових рядів проса проводився за такою схемою:

- виділення тенденції урожайності;
- оцінка правильності вибору тренду.

4.2 Динаміка врожайності кукурудзи

Був проведений аналіз динаміки врожайності кукурудзи на прикладі Херсонської області за 30 років з 1987 по 2016 рік (рис. 3.4а) .

Урожайність кукурудзи за 30-ти річний період коливалася від 22 до 65 ц/га. За сприятливих агрометеорологічних умов в окремі роки вона досягала 60-65 ц/га. За період 1991-2003 рр. урожайність значно зменшилась і становила 22-34 ц/га.

Найменші урожаї були зібрані у 1998, 1999 та 2003 рр., вони становили 24, 22 та 24,6 ц/га відповідно.

На початок аналізованого періоду урожайність кукурудзи склала 32 ц/га. Наприкінці досліджуваного періоду врожай збільшився на 33 ц/га і склав 65 ц/га.

Біологічні потужності культури дозволяють отримувати набагато більші урожаї. Для цього необхідно ретельно враховувати перебіг агрометеорологічних умов під час вирощування кукурудзи.

У 2008, 2013 та 2016 рр. було зібрано найбільші урожаї – 59,9, 63,1 та 65 ц/га відповідно.

З 2004 року спостерігається поступове підвищення урожайності, що свідчить про підвищення рівня культури землеробства за цей період. Так, наприклад, у 1999 р. урожайність кукурудзи становила 22 ц/га, а з 2008 до 2016 вона виросла до 59,9-65 ц/га, що вище на 37,9-43 ц/га.

Вплив погодних умов на врожайність у вигляді відхилень представлено на графіку відхилень урожайності кукурудзи від лінії тренду (рис. 4.2б) в Херсонській області.

В 13 роках спостерігалися сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,15 до 12,46 ц/га. Найбільш сприятливими були роки 1990 з додатнім відхиленням 12,46 ц/га та 2008 з додатнім відхиленням 12,02 ц/га.

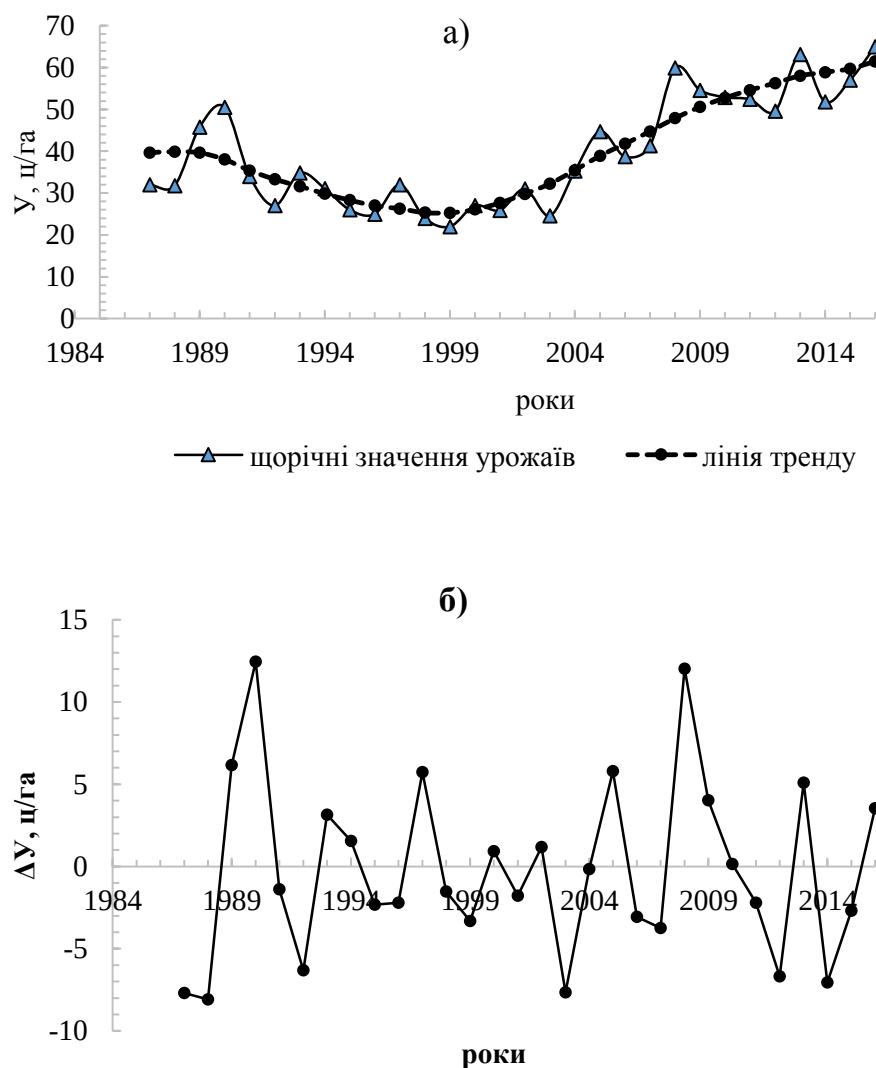


Рисунок 4.1 – Динаміка врожайності кукурудзи у Херсонській області (а) і відхилень урожайності від тренду в окремі роки (б). Період 1987-2016 рр.

В інші роки погодні умови негативно вплинули на врожай, що виразилося в негативному відхиленні врожаю від тенденції від -0,17 до -8,09 ц/га (рис. 4.1б).

Найбільш несприятливими були роки 1987, 1988, 1999, 2003, 2012 та 2014 з негативним відхиленням -7,69, -8,09, -6,31, -7,65, -6,68 та -7,06 ц/га відповідно.

Для перевірки основної гіпотези (зміна випадкової величини ε_t не пов'язано зі зміною часу) ми скористалися критерієм серій, заснованих на медіані ε_{med} вибірки.

Для того щоб вхідний ряд представляв випадкову вибірку, протяжність $[K_m(n)]$ найдовшої серії (послідовність плюсів чи мінусів, отриманих шляхом зіставлення кожного члена ряду з медіаною) не повинна бути занадто великою, а загальне число серій $v(n)$ – занадто маленьким. Вибірка визнається випадковою, якщо виконується наступна нерівність (для 5%-ного рівня значущості):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (4.11)$$

де $K_m(n)$ – протяжність самої довгої серії;

$V(n)$ – загальна кількість серій для кожного регіону.

Оцінка випадковості відхилень урожайності кукурудзи від тренду відповідно для Херсонської області представлена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Оцінка випадковості відхилень урожайності кукурудзи від тренду

Роки	Е	ε в спадному порядку	Серії
1987	-7,69	12,46	-
1988	-8,09	12,02	-
1989	6,16	6,16	+
1990	12,46	5,79	+
1991	-1,39	5,73	-
1992	-6,31	5,09	-
1993	3,15	4,03	+
1994	1,55	3,53	+
1995	-2,32	3,15	-
1996	-2,2	1,55	-
1997	5,73	1,19	+
1998	-1,53	0,92	-
1999	-3,31	0,15	-
2000	0,92	-0,17	+
2001	-1,77	-1,39	-
2002	1,19	-1,53	+
2003	-7,65	-1,77	-
2004	-0,17	-2,2	-
2005	5,79	-2,2	+
2006	-3,07	-2,32	-
2007	-3,74	-2,7	-
2008	12,02	-3,07	+
2009	4,03	-3,31	+
2010	0,15	-3,74	+
2011	-2,2	-6,31	-
2012	-6,68	-6,68	-
2013	5,09	-7,06	+
2014	-7,06	-7,65	-
2015	-2,7	-7,69	-
2016	3,53	-8,09	+

$\varepsilon = -0,20$

В табл. 4.2 розраховано протяжність самої довгої серії $K_m(n)$ і загальне число серій $v(n)$.

Таблиця 4.2 - Оцінка правильності вибору тренду урожайності кукурудзи

Область	$K_m(n)$	$v(n)$	$3,3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
Херсонська	3	18	7,44	5,5

Порівняння лівих і правих частин нерівностей показує, що обидві нерівності справедливі. У результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренду.

ВИСНОВКИ

З виконаної магістерської кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Розглянуто фізико-географічне районування й агрокліматичні ресурси Південного Степу.

2. Розглянуто біологічний опис культури кукурудзи, вимоги кукурудзи до агрометеорологічних умов, вимоги до ґрунтів і мінерального живлення.

Наведена характеристика гібридів культури кукурудзи.

3. Представлений сучасний стан моделювання формування продуктивності кукурудзи.

4. Дана оцінка зміни агрокліматичних умов зростання кукурудзи у зв'язку зі зміною клімату в Південному Степу України.

Аналіз тенденції зміни клімату було виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних і агрокліматичних показників за чотири періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2021 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2040 рр. (II-й сценарний період), 2041 – 2050 рр. (III-й сценарний період). Була використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового.

Було визначено фази розвитку кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу.

Представлена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вирощування кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату.

За умов реалізації сценарію RCP4.5 зміни клімату терміни сівби кукурудзи змістяться на більш пізні строки: для I-го періоду на 22 дні, для II-го періоду – на 23 дні, для III-го періоду – на 24 дні. Повна стиглість в I-й та II-й періоди настане на 3-4 днів пізніше, а в III-му періоді зросте на один день, порівняно з базовим періодом. Тривалість вегетаційного періоду сівба – повна стиглість для всіх трьох періодів збільшиться на 3, 4 та 6 днів.

За умовами сценарію RCP4.5 період сівба – викидання волоті буде проходити при понижених температурах на 3,6 °C у I-й період і на 1,9 та 0,6 °C у II-й та III-й періоди. Сума опадів в усі три періоди зменшиться на 29 мм, 1 мм та 16 мм, в порівнянні з базовим періодом.

За весь період вегетації кукурудзи ріст і розвиток в усі три періоди будуть проходити на фоні понижених температур на 2,0 °C, на 1,7 °C та 0,8 °C в порівнянні з базовим періодом.

Сума опадів за вегетаційний період кукурудзи в середньо багаторічному складає 156 мм. За період вегетації в усі три періоди сума опадів зменшиться 68 мм, 44 мм та 59 мм відповідно.

Представлена порівняння показників режиму вологозабезпеченості кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу.

Такі умови зволоження погіршать умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відповідно 23%, 41% та 33% від середньо багаторічної.

За середніми багаторічними даними сума фотосинтетичної активної радіації (Сума ΦAP) за період сходи – повна стиглість складає 170,8 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 в усі три періоди очікується збільшення суми ΦAP до 197,5, 202,1 та 207,3 кДж/см², що складає 115, 118 та 121% від середньо багаторічного.

Максимальне значення приходу ΦAP за базовий період припадає на дев'яту декаду вегетації та складає 280,9 кал/см²/добу. За сценарієм RCP4.5 прихід ΦAP зросте. Так найвищі значення будуть спостерігатись в шостій декаді вегетації в II-й сценарний період – 333,6 кал/см²/добу та в III-й

сценарний період – 322,1 кал/см²/добу. В I-й сценарний прихід ΦAP буде дещо нижчим, ніж в II-й та III-й сценарні періоди, але вищим від середньо багаторічного і складатиме 320,1 кал/см²добу в дев'ятій декаді вегетації.

Було розглянуто зміну показників фотосинтетичної продуктивності культури, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів. Так, із-за зниження вологозабезпеченості в усі три періоди площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 7,0 м²/м² до 6,1, 6,0 та 5,8 м²/м².

Фотосинтетичний потенціал за базовий період та за умовами реалізації сценарію максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. За сценарними показниками ΦP знизиться з 371,6 м²/м² до 320,2 м²/м² в I-й період, до 293,1 м²/м² в II-й період і до 313,0 м²/м² в III-й період.

Оцінено формування урожаю кукурудзи за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Південному Степу.

Представлені методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур. Був проведений аналіз динаміки врожайності кукурудзи в Південному Степу України за 30 років з 1987 по 2016 рік, розраховані лінії трендів методом гармонійних вагів і проведена оцінка правильності вибору тренду врожайності кукурудзи.

Урожайність кукурудзи за 30-ти річний період коливалася від 22 до 65 ц/га. За сприятливих агрометеорологічних умов в окремі роки вона досягала 60-65 ц/га. За період 1991-2003 рр. урожайність значно зменшилась і становила 22-34 ц/га.

Порівняння лівих і правих частин нерівностей показує, що обидві нерівності справедливі. У результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сизов А.П., Лунев М.И., Яковченко В.П. Интенсивные технологии и охрана почв от загрязнения пестицидами. Земледелие, 9. 1989. 40-42 с.
2. Рудяга А. С. Особенности формирования высокопродуктивного агроценоза кукурузы на зерно на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : дис. канд. с.-х. наук (06.01.09). 2009. 158 с.
3. Урожайность кукурузы [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://agro-bursa.ru / gazeta/krupyanye-kрупы / 2014 / 10 / 20 / obzor-rynka-kрупyanykhkulturi-kруп.html](http://agro-bursa.ru/gazeta/krupyanye-kрупы/2014/10/20/obzor-rynka-kрупyanykhkulturi-kруп.html).
4. Маринич А.М., Пащенко В.М., Шищенко П.Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. К.: Наукова думка, 1985. 224 с
5. Маринич ОМ., Шищенко П.Т. Фізична географія України: Підручник. К.: Знання, 2005. 511 с.
6. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
7. Справочник по климату СССР. Атмосферные осадки. Снежный покров. Л.: Гидрометеиздат, 10. 1969. 696 с.
8. Казаков Е.О. Онтогенетическая чувствительность к водным стрессам процессов формирования зерновой продуктивности у гибридов кукурузы. Физиология и биохимия культурных растений, 1. 2001. С. 52 - 57.
9. Силантьев А.Н., Ковтунов Ю.В., Янович В.Д. Подбор гибридов для зерновой технологии выращивания кукурузы и оценка устойчивости их урожайности в степной зоне Западной Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 5. С. 43 - 50.
10. Силантьев А.Н. Продуктивность биотипов кукурузы и особенности технологии их возделывания в южных районах Западной Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 4. 1986. С. 41 - 47.

11. Ильин В.С., Малых И.П. Раннеспелые гибриды кукурузы и технология их возделывания. Биология и агротехника кормовых культур в Западной Сибири: Сб. науч. тр. ОмСХН-омск, 1990. С. 36 - 38.
12. Кашеваров Н.И., Ильин В.С. и др. Кукуруза в Сибири. Новосибирск. 2004. С. 38.
13. Багринцева В.Н. Образование початков и урожайность кукурузы в зависимости от условий выращивания. Кормопроизводство, 11. 2014. С. 26.
14. Дроздов Н.А. Температура прорастания семян и сроки посева кукурузы. Труды Пушкинский с. - х. ин. - т - Л.: Сельхозиздат. 1949. С. 59 - 77.
15. Евдокимов В.В. и др. Весенняя допосевная обработка почвы и способы заделки эрадикана при индустриальной технологии возделывания кукурузы в условиях Нижнего Поволжья. Материалы IV Всесоюзной конференции молодых учёных по проблемам кукурузы. Всесоюз. науч. - исслед. ин. - т кукурузы, 1. Днепропетровск. 1985. С. 107 - 108.
16. Сёмина С.А., Иняхин А.Г. Влияние условий выращивания на продуктивность фотосинтеза и урожайность кукурузы. Нива Поволжья, 1(26). 2013. С.35 - 39.
17. Белозеров А.Т., Клеев М.М. Кукуруза на силос. Омск: Омское книжное издательство. 1954. 27 с.
18. Панфилов А.Э. и др. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания. Кукуруза и сорго, 2. 2014. С. 20-24.
19. Панфилов А.Э. и др. Экологическая оценка гибридов кукурузы в период прорастания при раннем и оптимальном сроках посева. Кукуруза и сорго, 2. 2015. С. 3-10.
20. Вербицкая Н.М. Достижения в возделывании гибридной кукурузы. Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство, 9. 1977. С. 2 - 4.
21. Кукуруза. Секреты высоких урожаев. М.: 2004. 48 с.
22. Кузнецов Н.И. Зависимость урожаев кукурузы от приростов биомассы и накопления сухого вещества при внесении удобрений. Плодородие и мелиорация почв в Киргизии. Фрунзе. 1979. С. 88-94.

23. Безвинный А.Ф. Зависимость урожайности кукурузы от вносимых доз удобрений. Научные труды. Украинская с. - х. акад., 222. 1979. С. 29 - 32.
24. Володарский Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы. М.: Колос. 1975. 254 с.
25. Костиков И.Ф. Важнейшие критерии подбора гибридов. Вопросы эффективности почвозащитного земледелия в Северном Казахстане. Кокшетау. 1997. С. 50 - 55.
26. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно. Пандорф. 2003. 40 с.
27. Воеводин А.В. Конкуренция культурных и сорных растений. Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство, 2. 1974. С. 14 - 18.
28. Интернет ресурс: <https://agroexp.com.ua/semena-kukuruzyi-ukrainskoy-selektsii>.
29. Хохлачёв В.В. Зерно столетий. М.: Колос. 1983. 205 с.
30. Жуковский П.М. Гетерозис как эволюционное явление в растительном мире и проблемы его использования в сельском хозяйстве. Вестник сельскохозяйственной науки, 3. 1967. С. 8 - 11.
31. Герасенков Б.И. Состояние и перспективы селекции сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. Науч. тр. СИБНИИСХоз, 16. Омск. 1971. С. 7 - 8.
32. Хохлачёв В.В. За «Большим камнем». Кукуруза и сорго, 6. 1987. С. 28.
33. Хржановский В.Г. Курс общей ботаники. М.: Высш. Школа. 1976. С. 356.
34. Garsia S., Roberto M. Улучшение и сохранение Креольской кукурузы у мелких сельскохозяйственных производителей. Cieba – 38, 1. 1997. С. 66.
35. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т.2. М.: 1951. С. 593-595.
36. Огенхеймер Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / под ред. Г.Е. Шмараева. М.: Колос. 1979. 519 с.
37. Вавилов Н.И. Избранные статьи и выступления. М.: Агропромиздат. 1987. 384 с.
38. Шпаар Д., Гинапп К. Кукуруза. М. 2010. 389 с.
39. Васильченко А.А. Агротехника механизированного возделывания кукурузы. М.: Колос. 1972. 102 с.

40. Вербицкая Н.М. Достижения в возделывании гибридной кукурузы. Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство, 9. 1977. С. 2 - 4.
41. Вербицкая Н.М. Формирование высокопродуктивных посевов кукурузы на зерно: обзор. М.: Агроинформ. 1983. 56 с.
42. Шинкарёв Л.И. Сибирь - откуда она пошла и куда она идёт. М.: 1978. С. 105.
43. Шадурский В.И. Народный опыт земледелия Зауралья в XIX – начале XX века. Свердловск: Изд. - во Урал. ун. - та, 1991. 213 с.
44. Некрасов В.Ю. Из истории возделывания кукурузы в Сибири. Кукуруза, 6. 1980. С. 29-30.
45. Советов А.В. О системах земледелия. Избр.соч. М.: Сельхозгиз. 1956. 240 с.
46. Герасенков Б.И. Некоторые вопросы биологии кукурузы. Сборник научно - исследовательских работ СибНИИСХоза, 7. 1961. С. 16 - 18.
47. Возыка Н.С. Особенности роста и развития кукурузы в Северном Казахстане. Кормопроизводство на Севере Казахстана. Целиноград. 1974. С. 56-72.
48. Сотченко В.С., Сотченко Ю.В. Состояние и перспективы семеноводства кукурузы. Кукуруза и сорго, 1. 2014. С. 3 - 8.
49. Мацюк Л.С. Важнейшие вопросы агротехники кукурузы в Молдавии. Труды конференции по итогам научно – исследовательских работ. Кишинёв. 1964. С. 291-301.
50. Кулешов Н.Н. Значение экологических исследований в научной работе по растениеводству и селекции. Труды. Украинский ин. – т селекции и генетики. Т.6. 1960. С. 31-45.
51. Галеев Г.С., Ильин В.С., Сотченко И.С. Некоронованная королева. Земля сибирская, дальневосточная. Новосибирск, 12. 1987. С. 33 - 38.
52. Использование кукурузы [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http: // www.yara.ru / crop-nutrition / crops / maize / key-facts / maize-markets /](http://www.yara.ru/crop-nutrition/crops/maize/key-facts/maize-markets/)

53. Экономическое значение кукурузы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zerno-ua.com/wp-content/uploads/chapt01.pdf>.
54. Jerry L. Hatfield and Christian Dold (October 10th 2018). Climate Change Impacts on Corn Phenology and Productivity, Corn - Production and Human Health in Changing Climate, Amanullah and Shah Fahad, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.76933. Available from:
<https://www.intechopen.com/books/corn-production-and-human-health-in-changing-climate/climate-change-impacts-on-corn-phenology-and-productivity>.
55. Kondwani Msowoya, Kaveh Madani, Rahman Davtalab et. al. Climate Change Impacts on Maize Production in the Warm Heart of Africa. Water Resour Manage. 2016. DOI 10.1007/s11269-016-1487-3.
56. Cairns J.E., Hellin J., Sonder K. et al. Adapting maize production to climate change in sub-Saharan Africa. *Food Sec.* 5, 345–360 (2013).
<https://doi.org/10.1007/s12571-013-0256-x>.
57. Petr Pavlik, Veronika Vlckova, Ivo Machar. Changes to Land Area Used for Grain Maize Production in Central Europe due to Predicted Climate Change Article in *International Journal of Agronomy*, published February 2019.
<https://doi.org/10.1155/2019/9168285>.
58. Harrison P.A., Butterfield R. E., Downing T. E. “Climate change and agriculture in Europe: assessment of impacts and adaptations,” Report No. 9, Environmental Change Unit, University of Oxford, Oxford, UK, 1995.
59. Olesen J.E., Bindi M. “Consequences of climate change for european agricultural productivity, land use and policy,” *European Journal of Agronomy*, vol. 16, no. 4. 2002. pp. 239–262.
60. Holden N. M., Brereton A. J. Potential Impacts of Climate Change on Maize Production and the Introduction of Soybean in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. Vol. 42, No. 1 (Jun., 2003), pp. 1-15.
<https://www.jstor.org/stable/25562473>
61. Makadho J. Potential effects of climate change on corn production in Zimbabwe. *Climate Research*, 6(2), 1996. Pp. 147-151.

62. Araya A., Kisekka I., Lin X. et al. Evaluating the impact of future climate change on irrigated maize production in Kansas, *Climate Risk Management*, Vol. 17, 2017. Pp. 139-154. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.08.001>.
63. Prasad R., Gunn S.K, Rotz C.A., et al. Projected climate and agronomic implications for corn production in the Northeastern United States. *PLoS One*. 2018;13(6): e0198623. [doi:10.1371/journal.pone.0198623](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198623)
64. Oludare Sunday Durodola, Khaldoon A. Mourad. Modelling Maize Yield and Water Requirements under Different Climate Change Scenarios. *Climate* 2020, 8(11). 127 p. <https://doi.org/10.3390/cli8110127>
65. Liang S., Zhang X., Sun N. et al. Modeling crop yield and nitrogen use efficiency in wheat and maize production systems under future climate change. *Nutr Cycl Agroecosyst* 115. 2019. 117–136 pp. <https://doi.org/10.1007/s10705-019-10013-4>
66. Влащук А.Н., Колпакова А.С. Зерновая продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от сроков сева и густоты стояния в условиях орошения Южной Степи Украины. *Земледелие и селекция в Беларуси*, 53. Минск, 2017. С. 110-114.
67. Собко З.З., Вознюк Н.М. Залежність врожайності сільськогосподарських культур від кліматичних та агрометеорологічних чинників (на прикладі Рівненської області). *Наукові доповіді НУБіП України*, 3 (73). 2018.
68. Писаренко В.А, Лавриненко Ю.О., Писаренко В.П. Шляхи удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно при зрошенні в умовах південного Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Сільськогосподарські науки*, 3(6), ч.ІІ. Одеса, 1999. С. 63-67.
69. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем: Навчальний посібник. К.: КНТ, 2007. 344 с.
70. Мищенко З.А. Методика агроклиматической оценки и среднемасштабного районирования территорий на основе продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорология и гидрология*, 8. 1999. С. 87-98.

71. Сапожникова С.А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР. Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд. МСХ СССР, 1958. С. 14-37.
72. Сверлова Л.И. Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири, Дальнего Востока и трассы БАМ для ранних яровых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 183 с.
73. Русакова Т.И. Разработка и внедрение новых методов агрометеорологических прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур по территории Российской Федерации. Информационный сборник, 32. 2006. С. 65–78.
74. В.М. Лебедева, А.И. Страшная. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 216 с.
75. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології: Навчальний посібник. Одеса, Вид-во «ТЭС», 2003. 246 с.
76. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319с.