

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра агрометеорології та агроєкології

## Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

# АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ В ОБЛАСТЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ AGROCLIMATIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE CULTIVATION OF CORN IN THE REGIONS OF CENTRAL UKRAINE

Виконав: студент 2 курсу денної форми навчання  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Освітньо-професійна програма Агрометеорологія

Петрик Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник к. геогр. н., доц. Вольвач О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к. геогр. н., доц. Гончарова Л.Д.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
агрометеорології та агроєкології  
№      від     .    . 2024 р.

Завідувачка кафедри  
Оксана ВОЛЬВАЧ  
(підпис) (прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 3  
протокол №      від     .    . 2024 р.

Оцінка      /      /       
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)  
Голова ЕК

Віктор СИТОВ  
(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2024

## АНОТАЦІЯ

**Петрик О.М. Агрокліматична оцінка впливу змін клімату на вирощування кукурудзи в областях Центральної України.**

*Актуальність* обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема, кукурудзи, необхідне детальне вивчення агрокліматичних умов її вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату на планеті, що надають Україні можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції.

*Метою* даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси стосовно умов формування продуктивності кукурудзи на прикладі областей Центральної України – Полтавської та Черкаської.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити просторово-часову мінливість урожайності кукурудзи;
- визначити, як зміни клімату впливають на теплові та вологісні ресурси території досліджених областей;
- розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду кукурудзи за базовими умовами та врахуванням змін клімату за період до 2050 року;
- визначити вплив можливих змін клімату на урожайність кукурудзи за умов реалізації сценаріїв зміни клімату RCP.

*Об'єкт дослідження:* посіви кукурудзи в областях Центральної України.

*Предмет дослідження:* вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та продуктивність кукурудзи в Полтавській та Черкаській областях.

*Методи дослідження* - методи математичного моделювання продукційного процесу рослин, статистичні та ймовірнісні методи.

*Вперше:* встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність кукурудзи в Полтавській та Черкаській областях.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування кукурудзи та оптимізації розміщення посівних площ культури за умов реалізації сценаріїв зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в центральних областях.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та списку використаної літератури. Повний обсяг роботи становить 81 сторінку, 18 рисунків, 16 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 35 найменувань.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** кукурудза, модель продуктивності, сценарії зміни клімату, агрокліматичні умови, посушливість, урожай зерна.

## SUMMARY

### **Petryk O. Agroclimatic assessment of the impact of climate change on the cultivation of corn in the regions of Central Ukraine.**

*The relevance* of the chosen topic is due to the fact that in order to obtain stable and high yields of any agricultural crop, in particular, corn, it is necessary to study in detail the agroclimatic conditions of its cultivation in the studied territory in order to rationally use these conditions and the most optimal placement of crops. The solution of this issue is of particular importance in connection with climate change on the planet, which gives Ukraine the opportunity to become one of the largest producers of agricultural products.

*The purpose* of this study is to assess the impact of climate change on agroclimatic resources in relation to the conditions for the formation of corn productivity using the example of the regions of Central Ukraine - Poltava and Cherkasy.

To achieve the goal, it was necessary to solve the following tasks:

- assess the spatial and temporal variability of corn yield;
- determine how climate change affects the thermal and moisture resources of the territory of the studied regions;
- calculate the main agroclimatic indicators of the growing season of corn under baseline conditions and taking into account climate change for the period until 2050;
- determine the impact of possible climate change on corn yield under the conditions of implementing RCP climate change scenarios.

*Object of study:* corn crops in the regions of Central Ukraine.

*Subject of study:* the impact of possible climate change on the agroclimatic conditions of growing and corn productivity in Poltava and Cherkasy regions.

*Research methods* - methods of mathematical modeling of the production process of plants, statistical and probabilistic methods.

*For the first time:* the patterns of the impact of climate change on the agroclimatic conditions of growing and corn yield in Poltava and Cherkasy regions have been established.

The results obtained can be used in performing a comprehensive assessment of agroclimatic resources for corn cultivation and optimizing the placement of crop areas under the conditions of the implementation of the RCP4.5 and RCP8.5 climate change scenarios in the central regions.

The work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and a list of references. The full volume of the work is 81 pages, 18 figures, 16 tables. The list of references contains 35 items.

**KEYWORDS:** corn, productivity model, climate change scenarios, agroclimatic conditions, drought, grain yield.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	8
1.1 Географічне розташування та кліматичні особливості території Полтавської області.....	8
1.1.1 Коротка фізико-географічна характеристика Полтавської області.....	8
1.1.2 Агрокліматична характеристика Полтавської області.....	9
1.2 Географічне розташування та кліматичні особливості території Черкаської області.....	10
1.2.1 Коротка фізико-географічна характеристика Черкаської області.....	10
1.2.2 Агрокліматична характеристика Черкаської області.....	12
1.3 Біологічні особливості кукурудзи.....	13
<b>2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ЦЕНТРАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ</b> .....	15
2.1 Сучасний стан вирощування кукурудзи на досліджуваній території.....	15
2.2 Просторово-часовий аналіз динаміки урожайності кукурудзи.....	18
2.2.1. Методика дослідження урожайності в агрометеорології.....	18
2.2.2 Динаміка урожайності кукурудзи в Полтавській області .....	21
2.2.3 Динаміка урожайності кукурудзи в Черкаській області.....	26
2.2.4 Ймовірнісна характеристика виробничих урожаїв кукурудзи.....	32
<b>3 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ТЕПЛОВІ ТА ВОЛОГІСНІ РЕСУРСИ ТЕРИТОРІЇ ОБЛАСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ</b> .....	38
3.1 Агрокліматична оцінка теплових та вологісних ресурсів Полтавської області .....	38
3.2 Агрокліматична оцінка теплових та вологісних ресурсів Черкаської області .....	51
<b>4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ</b> .....	59
4.1 Дослідження впливу змін клімату на сільськогосподарські рослини із використанням динамічної агрокліматичної моделі.....	59
4.2 Вплив змін клімату на урожайність кукурудзи в Полтавській області...	62
4.3 Вплив змін клімату на урожайність кукурудзи в Черкаській області....	68
4.4 Оцінка продуктивності агрокліматичних ресурсів областей Центральної України для вирощування кукурудзи.....	72
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	75
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	78

## ВСТУП

Кукурудза – одна з найпоширеніших культур світового землеробства з різностороннім використанням і високою врожайністю. Згідно до авторів [1, 2, 3] “більшу частину врожаю кукурудзи у світі (близько 60 %) використовують на кормові цілі, решту – на продовольчі та технічні. Зернівка кукурудзи містить 65–70 % вуглеводів, 9–12 % білка, 4–8 % олії. Із зерна виготовляють крупи, пластівці, консерви (цукрову кукурудзу), крохмаль, етиловий спирт, пиво, глюкозу, цукор, патоку, сироп, олію, вітамін Е, аскорбінову та глютамінову кислоти”.

Зерно кукурудзи має високу енергетичну поживність, тому за думкою авторів [2] “воно є незамінним компонентом комбікормів. Використовують зерно на корм також силосуванням качанів у фазі молочно-воскової стиглості”.

Як стверджують автори [1] “за походженням кукурудза – одна з найдавніших культур, її батьківщина – Центральна та Південна Америка. Пилок кукурудзи віком 60 тисяч років знайдений у Мехіко. Близько 55 тисяч років історії кукурудзи залишаються загадкою. Для науки вона починається 5 тисяч років тому, саме тоді були знайдені залишки кукурудзи в індійських печерах Нью-Мексико”.

В Україні кукурудзу вирощують з кінця XVII ст. За інформацією авторів [2] “з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, значна частина яких, у свою чергу, є сировиною для виготовлення іншої продукції. Наприклад, з кукурудзяного сиропу виробляють каучук, фарби, різні антисептики, розчинники олії та ін”.

Широке розповсюдження та швидкий ріст посівних площ під кукурудзою обумовлені тим, що ґрунтово-кліматичні умови України є вельми сприятливими для зростання культури, а вирощування кукурудзи за інноваційними агротехнологіями та сучасні досягнення селекціонерів по

створенню високоурожайних гібридів сприяють отриманню урожаїв порядку 80–100 ц/га. Це робить кукурудзу провідною за рентабельністю культурою в Україні [4].

Кукурудза є обов'язковою культурою у сівозміні для підвищення родючості ґрунту, очищення полів від шкідників, хвороб і бур'янів, а також незамінною страховою культурою у випадку поганої перезимівлі озимих.

Останнім часом зростає інтерес до кукурудзи як до біоенергетичної культури, причому її можна розглядати як сировину для виготовлення сучасного палива у вигляді пелет (гранул) та брикетів, так і як джерело виготовлення біогазу. Так, автори [5] вважають, що “при вирощуванні кукурудзи або інших енергетичних культур на непродуктивних землях, що займають в Україні близько 1 млн га, можна одержати 3,3 млрд м<sup>3</sup> метану”.

Авторами [6] встановлено, що за умов використання сучасних агротехнологій, зокрема, макро- і мікродобрих, “вихід біогазу у середньоранніх гібридів кукурудзи становить 9062–137163 м<sup>3</sup> /га, а у середньостиглих 11635–15589 м<sup>3</sup> /га”.

Протягом останніх десятиліть на нашій планеті відбуваються досить очевидні зміни клімату. Стосовно сільськогосподарського виробництва ці зміни перш за все впливають на агрометеорологічні та агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур. Аналіз цього впливу для всіх ґрунтово-кліматичних зон України [7-9] свідчить про те, що відбуваються суттєві зміни агрокліматичних ресурсів для вирощування сільськогосподарських культур.

Підвищення ефективності вирощування будь-якої сільськогосподарської культури на конкретній території потребує детального вивчення сучасного стану агрокліматичних ресурсів цієї території, а також впливу можливих змін клімату на агрометеорологічні умови вегетаційного періоду культури та фотосинтетичну продуктивність її посівів. Тому метою даної магістерської роботи було саме вивчення цього впливу стосовно вирощування кукурудзи на території двох областей Центральної України, які

традиційно лідирують за площами і валовим зборам кукурудзи – Полтавської та Черкаської.

Для виконання роботи було використано метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за кукурудзою (1986-2015 рр.) з нового Агрокліматичного довідника по Україні [10] та дані за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 змін клімату на період до 2050 рр. Також використовували дані середньообласної урожайності кукурудзи з сайту Статистичного Управління України [11].

Результати роботи представлялись на першому етапі конкурсу наукових робіт за напрямом Гідрометеорологія в Одеському державному екологічному університеті, а також на міжнародній конференції, присвяченій Дню Науки в Україні.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Географічне розташування та кліматичні особливості території Полтавської області

#### 1.1.1 Коротка фізико-географічна характеристика Полтавської області

Сучасні відомості щодо стану навколишнього середовища в Полтавській області представлені в Регіональній Доповіді 2023 р. [12]

Згідно з [12] «Полтавщина розташована в центральній частині України в лісостеповій зоні з помірно-континентальним кліматом. На півночі область межує з Чернігівською та Сумською областями, на сході – з Харківською, на півдні – з Дніпропетровською і на заході – з Київською, Черкаською та Кіровоградською. Площа області складає 28,75 тис. км<sup>2</sup>, або 4,6 % площі України.

Річкова мережа Полтавської області включає: одну велику річку – Дніпро, яка протікає в межах області на ділянці довжиною 145 км, 8 середніх річок загальною протяжністю 1360 км (Сула, Удай, Оржиця, Псел, Хорол, Ворскла, Мерла, Оріль) та 1633 малих річок, водотоків і струмків загальною протяжністю 7905 км, в тому числі малих річок завдовжки понад 10 км в області нараховується 136, їх загальна довжина 3596 кілометрів.

Рослинний світ області багатий і різноманітний. Рослинний покрив представлений угрупованнями степів, лук, заплавних і соснових лісів, широколистяних лісів (здебільшого дібров), прибережно-водних і водних фітоценозів. Сучасний рослинний покрив регіону має трансформований характер. Напівприродні ценози збереглися переважно на заплавах річок, іноді – на їх терасах, хоча останнім часом також зазнали значних змін. Зональні типи рослинності – широколистяні ліси та лучні степи – займають незначні площі. Ліси трапляються переважно на терасах річкових долин.

За останніми даними Головного управління Держгеокадастру у Полтавській області (2015 рік) із загальної площі Полтавської області 2875,068 тис. га, сільськогосподарські землі склали 2223,198 тис. га – 77,3%, сільськогосподарські угіддя 2165,381 тис. га, або 75,31%, з них орні землі становили 1774,686 тис. га, або 61,7% від усієї території (82% сільськогосподарських угідь). Орні землі представлені, в основному, родючими чорноземами та їх різновидами. Значних змін у структурі та стані використання земель, в порівнянні з попередніми роками, не відбувалося”.

### 1.1.2 Агрокліматична характеристика Полтавської області

Згідно з [12] “Полтавська область знаходиться в помірному кліматичному поясі. Найбільший вплив на формування погодних умов і клімату області мають величина і характер сонячного випромінювання, віддаленість регіону від великих водних мас, належність області до зони дії переважно атлантичних помірних та арктичних холодних повітряних мас, рівнинність”.

Агрокліматичне районування території Полтавської області надається в Агрокліматичному довіднику [13]. Згідно до нього “За показниками тепло- і вологозабезпеченості на території області можна виділити три райони. Виділені райони представлені на рис. 1.1 і характеризуються показниками, представленими в табл. 1.1”.

За даними [12] “Спостереження за температурним режимом та опадами на території області здійснюють метеостанції Полтавського обласного центру з гідрометеорології, які розташовані у містах Полтава, Гадяч, Лубни, Кобеляки та селищі Веселий Поділ”.

Таблиця 1.1 - Характеристика агрокліматичних районів Полтавської області [13]

Номер району	Райони	Сума температур вище 10°C	Сума опадів, мм	ГТК
I	Достатнього теплозабезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	2750-2800	380-400	1,1-1,2
II а	Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2850	390-420	1,2
II б	Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2880-2930	370-390	1,1
III	Порівняно високого теплозабезпечення, недостатнього та нестійкого зволоження	2900-3050	340-370	0,9-1,0

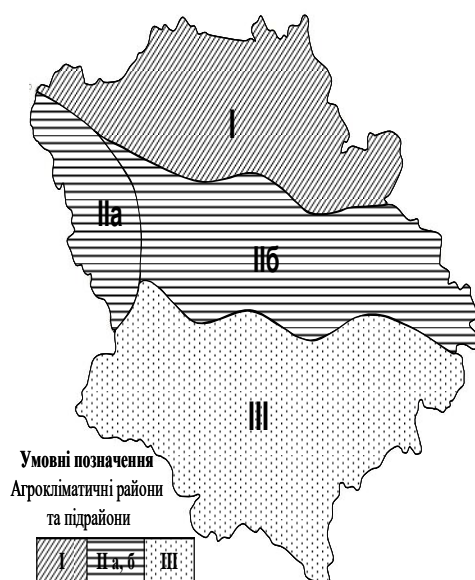


Рисунок 1.1 – Схема агрокліматичного районування Полтавської області [13]

1.2 Географічне розташування та кліматичні особливості території Черкаської області

1.2.1 Коротка фізико-географічна характеристика Черкаської області

Сучасні відомості щодо стану навколишнього середовища в Черкаській області представлені в Регіональній Доповіді 2022 р. [14].

Згідно з [14] “Черкаська область розташована в центральній лісостеповій частині України. Вона межує на півночі з Київською, на сході – з Полтавською, на півдні – з Кіровоградською і на заході – з Вінницькою областями. Площа Черкаської області становить 20,9 тис. квадратних кілометрів, що складає 3,46% території держави.

Черкащина в цілому рівнинна і умовно поділяється на дві частини – правобережну і лівобережну. Переважна частина правобережжя розміщена в межах Придніпровської височини, низинний рельєф має лівобережна частина області, яка розташована в межах Придніпровської низовини.

По території Черкаської області протікає 1037 річок, найбільша з них р. Дніпро, 7 середніх річок: Рось, Тясмин, Гнилий Тікич, Гірський Тікич, Супій, Ятрань, Велика Вись, малі річки, струмки, ставки. Кременчуцьке водосховище загальною площею 180 тис. га, створене греблею Кременчуцької ГЕС, має в межах області протяжність 130 км.

Область багата на рослинність, славиться цінними мальовничими лісами, різноманітним тваринним світом. Так, на Черкащині розташований найбільший у лісостеповій зоні України Канівський природний заповідник, всесвітньо відомий Національний дендрологічний парк "Софіївка" НАН України – перлина садово-паркового мистецтва.

Ґрунти Черкаської області вважаються найбільш продуктивними в Україні, однак за деякими агрохімічними параметрами вони поступаються ґрунтам східних і південних областей. Порівняно менший вміст елементів живлення гумусу та підвищена кислотність компенсуються більш сприятливими кліматичними умовами, особливо в період вегетації сільськогосподарських культур. У ґрунтовому покриві області переважають чорноземи типові та чорноземи сильно реградовані, які займають 53,7 %”.

За даними [14] “Із загальної площі Черкаської області (2 091,6 тис. га) сільськогосподарські землі складають 1 486,88 тис. га, в тому числі сільськогосподарські угіддя 1 450,82 тис. га, з них: рілля – 1 271,86 тис. га,

перелоги – 8,47 тис. га, багаторічні насадження – 27,34 тис. га, сіножаті – 64,75 тис. га, пасовища – 78,40 тис. га”.

### 1.2.2 Агрокліматична характеристика Черкаської області

Згідно з [14] “клімат Черкащини помірно континентальний і континентальність зростає із заходу на схід. Найхолоднішим місяцем року вважається січень з середньою температурою – 5,9 °С, а найтеплішим – липень з середньою температурою – 20,1 °С. Середня річна температура повітря становить +7,3 °С. Середня річна кількість опадів становить 633 мм”.

Агрокліматичне районування території Черкаської області надається в Агрокліматичному довіднику [15]. Згідно до нього “За показниками тепло- і вологозабезпеченості на території області можна виділити два райони. Виділені райони представлені на рис. 1.1 і характеризуються показниками, представленими в табл. 1.1”.

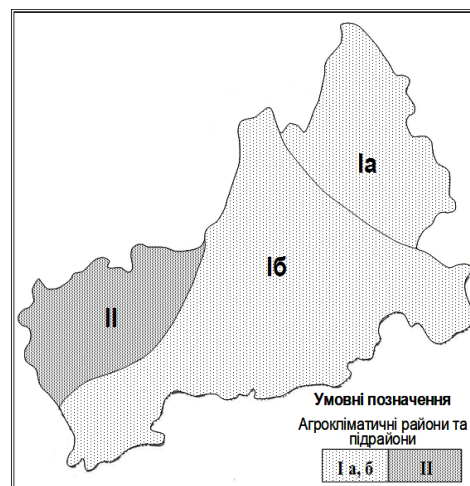


Рисунок 1.2 – Схема агрокліматичного районування Черкаської області [15]

Таблиця 1.2 - Характеристика агрокліматичних районів Черкаської області [15]

Номер району	Агрокліматичні райони та підрайони	Сума температур вище 10°C	Сума опадів, мм	ГТК
I а	Порівняно високого теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2900 – 3000	380-390	1,1
I б	Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2850-2900	370-380	1,1
II	Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2750-2800	380-430	1,2-1,3

### 1.3 Біологічні особливості кукурудзи

Кукурудза відноситься до теплолюбних культур. Відомо [2], що “зерно починає проростати за температури ґрунту на глибині залягання 7-8 °С, проте ця температура недостатня для появи дружних і здорових сходів. У разі посіву кукурудзи в недостатньо прогрітий ґрунт, значна частина зерна уражується хворобами і гине, тому сходи стають зрідженими та ослабленими”.

Сучасними дослідниками були уточнені суми температур необхідні для дозрівання нових гібридів кукурудзи, створених вітчизняними селекціонерами для сучасних кліматичних змін. Згідно з [16] “для ранньостиглих гібридів вони досягають 2200–2250°C, середньоранніх та середньостиглих - 2300–2650°C, для пізньостиглих гібридів - 2700–2900°C”.

Гранично високі температури, за яких рослини кукурудзи спроможні повноцінно розвиватися, становлять не більше 30 °С. За температури 32-35 °С у період викидання волотей порушується нормальний процес цвітіння та запліднення рослин, через що спостерігається череззерниця в качанах. За температури 42-45 °С ріст рослин припиняється [1].

Автори [17] вважають, що “оптимальні умови для формування урожаю зеленої маси кукурудзи створюються при середній декадній температурі повітря 20 - 24 °С і запасах продуктивної вологи 35 - 45 мм в орному шарі підзолистих ґрунтів і 60-70 мм у півметровому шарі чорноземних ґрунтів”.

Критичний період кукурудзи по відношенню до вологи - за 10 днів до і через 20 днів після викидання волоті, що пов'язано з інтенсивним ростом рослин. Тому кукурудза ефективно використовує опади в другій половині вегетації [18]. За даними М.І. Христенко [19] “при опадах в період із травня по серпень на рівні 200 мм і більше кукурудза майже не відчуватиме нестачу вологи”.

Автори [1] вважають, що “кукурудза менш вибаглива до ґрунту, ніж рослини багатьох культур, однак найкращими для неї є чорноземи, темнокаштанові ґрунти, також наносні ґрунти річкових заплав. На дуже заболочених, ущільнених, солонцюватих і кислих ґрунтах кукурудза росте погано. Оптимальна щільність ґрунту для цієї культури -1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>.”

Також вони повідомляють [1], що “кукурудза засвоює багато поживних речовин із ґрунту. На створення врожаю 1 ц зерна з відповідною кількістю листостеблової маси вона споживає у середньому 2,4-3 кг N, 1-1,2 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 2,5-3 кг K<sub>2</sub>O. Крім азоту, фосфору та калію в житті рослин велике значення мають сірка, кальцій, магній, залізо, марганець, бор, мідь, цинк”.

Автори [20] вважають, що “кукурудза - світлолюбна рослина короткого дня. Погано переносить затінення. У надмірно загущених посівах розвиток рослин затримується, зернова продуктивність зменшується.

Високі врожаї кукурудза дає на чистих, добре аерованих ґрунтах з глибоким гумусним шаром. Вона середньовимоглива до родючості ґрунту, за правильного обробітку ґрунту та удобрення добре росте на більшості типів ґрунтів”.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ЦЕНТРАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ

### 2.1 Сучасний стан вирощування кукурудзи на досліджуваній території

Одна з головних задач землеробів – вирощування високих і стабільних урожаїв. На сьогоднішній день в Україні середня врожайність кукурудзи становить 6-8 т/га, хоча, науковці вважають, що потенційні урожаї даної культури можуть бути набагато більшими.

Як вже відзначалося, для України кукурудза є однією з провідних зернових культур, причому її посівні площі знаходяться в усіх агрокліматичних зонах нашої країни. Дослідження фахівців-кукурудзководів дозволили підібрати для кожної території відповідні по вимогам до тепла і вологи, а також по скоростиглості сорти. Тому вирощування кукурудзи в Україні є досить вигідним з економічної точки зору.

Полтавська та Черкаська області зазвичай є лідерами по величині валових зборів кукурудзи. Так, за даними статуправління України [11] “у 2019 році валовий збір кукурудзи в Полтавській області становив 4562 тис. т, що було рекордним значенням по Україні. Друге місце посіла в цьому році Черкаська область з валовим урожаєм, що становив 3271 тис. т.”

Згідно даним Держстату України [11] “2023 р. ці дві області також лишилися лідерами за валовими зборами кукурудзи – зібрали відповідно 4075 та 3076 тис. тон. У поточному році ці показники суттєво зменшилися: в Полтавській області було зібрано 2633 тис. т. (65% від торішнього збору), в Черкаській - відповідно 2309 тис. т (75%). Це перш за все відбулося за рахунок суттєвого скорочення посівних площ в Полтавській області, які складали 88% від площ минулого року. В Черкаській області це скорочення не було таким суттєвим – до 96% від площ 2023 р. Традиційно у трійку областей з найвищими валовими зборами культури ще входить Чернігівська область”.

Розглянемо більш детально динаміку посівних площ під кукурудзою на території досліджуваних областей з використанням даних статуправління [11]. На рис. 2.1 представлена динаміка посівних площ протягом останніх років. Можна бачити, що на початку дослідження площі під кукурудзою у порівнянні з загальними посівними площами по областях були порівняно невеликими.

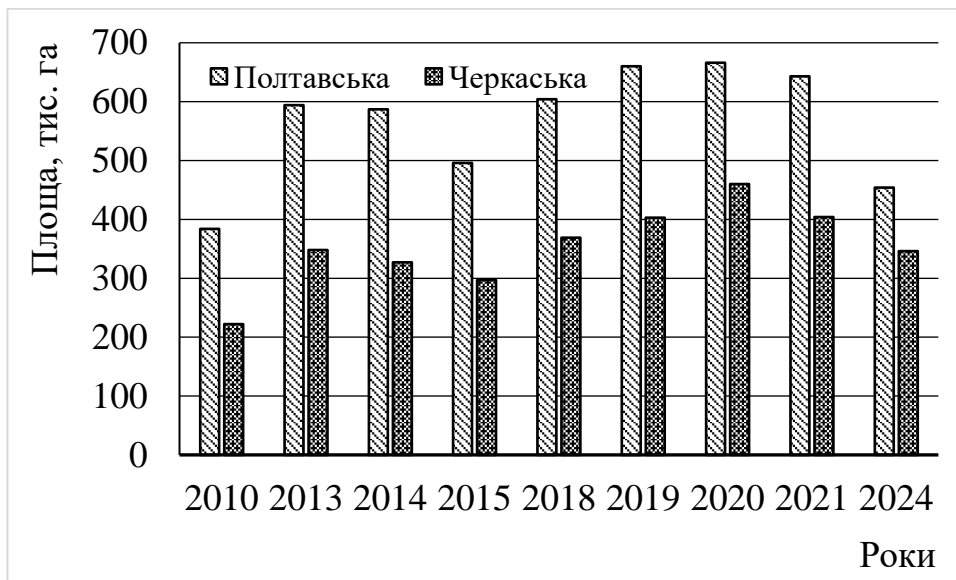


Рисунок 2.1 – Динаміка посівних площ під кукурудзою у Полтавській та Черкаській областях

Наприклад, “у 2010 р. загальні посівні площі в Україні становили 26736 тис. га, причому під кукурудзою було зайнято 2736 тис. га, що становило близько 10% від усіх посівних площ. Загальні посівні площі в Полтавській області становили 1687 тис га, а у Черкаській відповідно – 1197 тис. га. У цей рік під кукурудзу у Полтавській області виділили 384 тис га, а у Черкаській – 222 тис. га” [21]. Таким чином в досліджених областях площі під кукурудзою становили у Полтавській області 23% загальної, а у Черкаській відповідно 19%.

Після 2010 р. спостерігається досить суттєве зростання площ, зайнятих кукурудзою. Так, у 2013 р. [22] “загальні посівні площі становили у державі 28115 тис. га, тоді як під кукурудзу було зайнято 4913 тис. га, тобто кукурудза вирощувалася вже на 17% сільськогосподарської території. Зросли

площі під кукурудзою і по областях – в Полтавській вони становили 594 тис. га, що становить 35% від загальних, в Черкаській – 348 тис га (29% загальних)”.

Дещо зменшилися посівні площі під кукурудзою у 2015 р., згідно з [11] “вони становили відповідно по областях 496 та 297 тис. га (30 та 25% від загальних)”, але таке зменшення спостерігалось всій території України, що можливо пов’язано з тим, що цей рік виявився на той час аномально теплим та досить посушливим (випало лише 70% кліматичної норми опадів). Однак це зменшення не було вельми суттєвим і посівні площі під кукурудзою в Україні у 2015 р. становили 15% від загальних.

Згідно з [11] “найбільш під кукурудзою було засіяно в 2020 р., коли загальні посівні площі в Україні становили 27974 тис. га, а під кукурудзою 5475 тис. га (19%). В Полтавській області із загальних 1726 тис. га під кукурудзу засіяли 666 тис. га (39%), а в Черкаській області з 1207 тис. га – 460 тис. га ( 38%)”.

“У поточному році загальні посівні площі під кукурудзою в Україні знову різко зменшилися і становили 4050 тис. га – 17% від всіх посівних площ, які у цьому році становили 23236 тис. га. У Полтавській області вони склали 454 тис га, що становить 11% від загальноукраїнських, у Черкаській області відповідно 346 тис га (8,5%)” [11]. Вчені-економісти пов’язують цей процес із труднощами експорту.

Таким чином, можна зробити висновок, що за теперішнього часу існує мінливість як посівних площ під кукурудзою, так і урожаїв цієї цінної для України культури. Тому у роботі було проведено аналіз динаміки урожайності кукурудзи по дослідженим областям за 50-річний період – з 1975 по 2024 рр.

## 2.2 Просторово-часовий аналіз динаміки урожайності кукурудзи

### 2.2.1 Методика дослідження урожайності в агрометеорології

Дослідження проводилися за традиційною в агрометеорології методикою [7, 23]. Аналіз тенденції урожайності виконувався з побудовою лінії тренду, яка, згідно з гіпотезою Обухова (1949) “представляє стаціонарну складову часових рядів урожайності і визначається рівнем культури землеробства. Відхилення від тренду є випадковою складовою урожайності і визначаються погодними умовами конкретного року” [7].

“Такий розклад пояснюється тим, що рівень культури землеробства суттєво впливає на урожайність сільськогосподарських культур протягом усіх років їх вирощування, а не тільки у якийсь конкретний або поточний рік, тобто існує певна інерційність сільського господарства. Тому лінія тренду досить точно характеризує той рівень урожайності, який можна отримати саме завдяки рівню культури землеробства” [7].

Багатьма дослідниками відмічається, що нині спостерігається загальна тенденція у сільському господарстві, а саме – збільшення урожайності у часі. Це збільшення визначається рівнем культури землеробства, куди можна віднести всі заходи, фактори і дії, які виконує людина при вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів і у підсумку визначається величиною урожайності, яку можна досягти в межах конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Від рівня культури землеробства залежить те, на скільки людська діяльність допоможе сільськогосподарській культурі заповнити нестачу природних ресурсів, що не дозволяють їй реалізувати свою потенційну продуктивність.

Багато досліджень українських вчених присвячено питанням значення культури землеробства для сучасного виробництва сільськогосподарської продукції. Традиційною ланкою, що формує рівень культури землеробства є дотримання сівозмін. Наразі ті сівозміни, що існували у землеробстві

минулого століття, є застарілими і навряд чи будуть ще колись застосовуватися. Як правило тоді основною галуззю сільськогосподарського виробництва було тваринництво, а рослинництво перш за все мало на меті забезпечення його кормами.

У теперішній час фермери, щоб вижити, змушені враховувати свої економічні інтереси при вирощуванні сільськогосподарської продукції. Найбільш вигідно зараз вирощувати такі культури, як пшениця, соняшник, кукурудза, тому їх площі з року до року залишаються без змін або навіть збільшуються. Недотримання сівозміни приводить до таких негативних наслідків як виснаження ґрунту та зменшення його родючості, поширення хвороб та шкідників і, як наслідок – зменшення урожайності.

Автори [24] вважають, що “сівозміни допомагають раціонально використовувати не тільки самі землі, а ще й трудові та матеріальні ресурси” За їх думкою “недотримання сівозмін шкодить загальному розвитку землеробства”. Як показали дослідження [25], “в Лівобережних лісостепових областях при вирощуванні кукурудзи в умовах п’ятипільної сівозміни, в якій 20% виділяється на технічні культури, а 80% - на зернові, кукурудза дає за умов застосування органо-мінеральних добрив урожаї зерна від 4,09 до 9,08 т/га”.

Таким чином підвищення рівня культури землеробства сприяє зростанню урожайності і визначається досягненнями агротехніки, селекції, хімізації сільського господарства. Останнім часом до цього переліку додаються сучасні інноваційні досягнення, чому присвячено багато літературних джерел.

Дослідники з Індонезії [26] відзначають, що “сфера застосування сучасної агротехніки охоплює різні аспекти: управління земельними ресурсами, сівбу, догляд за посівами, збирання врожаю, післязбиральні заходи. Сучасні агротехнології зосереджені на збереженні таких ресурсів, як вода та ґрунт, покращенні ґрунтової родючості завдяки розумному управлінню поживними речовинами, використанні більш екологічних методів

боротьби зі шкідниками та хворобами рослин (наприклад, біологічний контроль)”.

Автор [27] відзначає, що “однією з умов підвищення рівня культури землеробства, і як наслідок – збільшення урожаїв – є посів високоякісним генетично чистим насінням, з високою енергією утворення сходів, чистим від насіння бур’янів. Також відзначається позитивна роль спеціальних обробок, які будуть стимулювати проростання насіння та захищати його під час появи сходів. Всі ці заходи призводять до формування сильних сходів і швидкого росту рослин за різних польових умов”.

Сучасні інноваційні досягнення стосовно боротьби з бур’янами на полях сільськогосподарських культур також можна вважати одним із заходів щодо підвищення культури землеробства. Дослідники [28] повідомляють про “позитивний досвід боротьби з небезпечною рослиною-паразитом на полях із квасолею *Orobanchae crenata*, що допоміг відновити вирощування бобових в деяких провінціях Єгипту”.

На сучасному етапі покращення культури землеробства вже не можливе без синергії науки та інновацій, наприклад “використання ефективних іригаційних систем, картографування сільськогосподарських угідь за допомогою дронів, аналітики великих масивів даних для прогнозування погодних умов та хвороб культур, а також посів із використанням фермерами передової роботизованої техніки, щоб максимізувати врожайність, одночасно зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище” [29].

Застосування інновацій відкривають шлях для підвищення культури землеробства, що сприятиме збільшенню сучасного сільськогосподарського виробництва, зробить його більш стійким та ефективним.

Дослідження динаміки урожайності ми проводили з використанням прийнятого в агрометеорології методу гармонійних зважувань [7]. Лінія тренду, побудована за цим методом, дозволяє більш точно визначити коливання рівня культури землеробства на відміну від методу найменших квадратів, за яким лінія тренду має вигляд прямої лінії. Відхилення від тренду

визначаються погодними умовами конкретних років. Вони можуть бути додатними, що свідчить про сприятливість погодних умов і від’ємними, коли ці умови несприятливі для вирощування будь-якої сільськогосподарської культури.

### 2.2.2 Динаміка урожайності кукурудзи в Полтавській області

Результати для Полтавської області представлені на рис. 2.2. Ламана лінія – це щорічні урожаї, згладжена – лінія тренду. Для більш детального аналізу ми розбили 50-річний досліджуваний період на відрізки по 10 років. Проаналізуємо, як змінювалися урожайність та культура землеробства.

Перше досліджуване десятиліття (1975-1984 рр.) характеризується найменшими урожаєм за весь період дослідження. Середня урожайність зерна кукурудзи становила 23,9 ц/га.



Рисунок 2.2 – Динаміка урожайності кукурудзи та лінія тренду у Полтавській області

Найменший урожай було зібрано у 1976 році і становив він 17,7 ц/га. Також дуже низькі урожаї було зібрано у 1975 та 1979 роках, коли їх величина

була 19,1 і 19,4 ц/га відповідно. Найбільший урожай 33,7 ц/га зібрано наприкінці досліджуваного десятиріччя - у 1984 р. У цілому можна сказати, що всі ці урожаї не відповідають можливостям культури. Аналіз лінії тренду за цей період показує, що трендова компонента зростала протягом всього першого досліджуваного періоду. Це свідчить про стійке зростання рівня культури землеробства. На початку досліджень урожай за трендом становив 16,1 ц/га, а через 10 років він збільшився до 33,6 ц/га, тобто за рахунок покращення культури землеробства вдалося збільшити урожаї удвічі.

Протягом другого десятиріччя (1985-1994 рр.) урожаї кукурудзи дещо збільшилися – середній урожай становить 36,5 ц/га. Але й у цей час спостерігається коливання урожайності. Так, найменші урожаї 25,6 та 27,6 ц/га було зібрано відповідно у 1992 та 1993 рр., а найбільший – 45,9 ц/га у 1990 р. Лінія тренду за цей період також поступово зростала, але наприкінці другої десятирічки відбулося зниження рівня культури землеробства і, відповідно, трендової компоненти. Якщо найбільші урожаї за трендом зібрали у 1989-1990 роках і становили вони 36,6 ц/га, то до кінця періоду (1993 та 1994 рр.) вони знизилися до 33 та 32 ц/га відповідно.

У порівнянні з попереднім періодом третє десятиріччя характеризується зменшенням рівня фактичної урожайності, середнє значення якої у 1995-2004 рр. становило 32 ц/га, тобто було на 4,5 ц/га менше за попереднє. Протягом першої половини періоду спостерігалися дуже низькі урожаї, які не перевищували 27-29 ц/га. У другу половину періоду урожаї почали поступово зростати і в 2004 р. було зібрано найбільший за 10 років урожай – 40,3 ц/га.

Рівень культури землеробства, який демонструє лінія тренду, продовжував падати практично до кінця минулого тисячоліття і в 1997-1998 рр. урожайність за трендом становила лише 30 ц/га. З 1999 р. починається зростання трендової компоненти, яка наприкінці кінця третього періоду становила 40,1 ц/га. Таким чином, урожайність, що може бути отримана саме за рахунок діяльності людини, за третє десятиліття збільшилася на 10 ц/га, що свідчить про підвищення рівня культури землеробства.

Протягом четвертого і п'ятого досліджуваних десятилітніх періодів можна спостерігати стійке та суттєве зростання трендової компоненти урожайності. Фактичні урожаї при цьому активно коливалися, але загальний їх рівень був набагато вищий за весь попередній час. Про це свідчить той факт, що середня урожайність за четвертий досліджений період (2005-2014 рр.) становила 54,9 ц/га, а за п'ятий (2015 -2024 рр.) – 69,4 ц/га.

Найбільший урожай за четвертий період зібрали у 2011 р. і становив він 78,9 ц/га. Також досить високі урожаї були зібрані у 2009 р. – 59 ц/га та у 2013 р. - 68,9 ц/га. Найменші фактичні урожаї спостерігалися в Полтавській області у 2006 та 2010 рр. – відповідно 40,8 та 43,8 ц/га. Урожайність за трендом наприкінці десятиріччя зросла до 63,9 ц/га, тоді як на початку її значення становило 43 ц/га. Тобто можна сказати, що протягом четвертого досліджуваного періоду рівень культури землеробства при вирощуванні кукурудзи в Полтавській області підвищився до такого стану, який дозволив отримати додаток урожайності у 20 ц/га.

Аналогічна ситуація характерна і для останньої досліджуваної десятирічки (2015 -2024 рр.). Не дивлячись на суттєві коливання, мінімальні фактичні урожаї за цей період не були нижче за 49,7 ц/га. Найбільші урожаї за це десятиліття і за весь 50-річний період спостереження було зібрано протягом останніх трьох років – 2022, 2023 та 2024 рр. Їх величини становили відповідно 81,2 , 82 та 85,1 ц/га. Найменший урожай було зібрано в 2017 р. – 49,7 ц/га. Трендова компонента урожайності продовжувала збільшуватися, і хоча це збільшення проходило менш інтенсивно, ніж у четвертий період, можна сказати, що за рахунок покращення рівня культури землеробства наразі у Полтавській області урожаї підвищуються на 10 ц/га.

Середня за всі 50 років урожайність становить 43 ц/га, тенденція урожайності, яку ми визначили за методом гармонійних ваг, додатна і становить 1,1 ц/га. Тобто можна говорити, що наразі кукурудзіводи Полтавської області активно працюють задля підвищення рівня культури землеробства і збільшення фактичних урожаїв кукурудзи на зерно.

Відхилення урожаїв кукурудзи від лінії тренду для Полтавської області представлені на рис. 2.3. Можна бачити, що протягом досліджуваних років спостерігаються як додатні так і від’ємні відхилення, причому їх величини відрізняються досить суттєво.

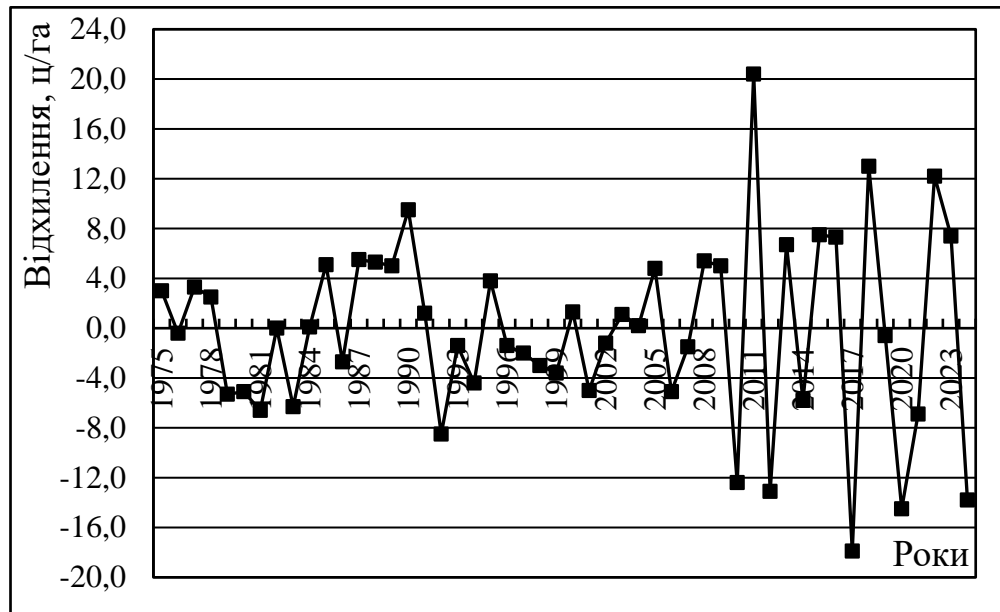


Рисунок 2.3 – Відхилення урожайності кукурудзи від лінії тренду у Полтавській області

Враховуючи, що додатні відхилення характеризують сприятливі за погодними умовами роки для вирощування кукурудзи, а від’ємні навпаки – несприятливі, аналіз ми робили саме з цих міркувань.

В перше досліджуване десятиліття (1975-1984 рр.) додатних і від’ємних відхилень була однакова кількість – по 5, тобто половина з досліджуваних років була сприятливими, а друга половина – несприятливими. Найбільше додатне відхилення спостерігалось в цей період в 1977 р. і становило 3,3 ц/га. В 1975 році також спостерігається додатне відхилення величиною 3 ц/га.

Таким чином можна зробити висновок, що саме ці роки були найбільш сприятливими зростання кукурудзи у першу досліджувану десятирічку. І саме ці сприятливі умови забезпечили урожайність на 3-3,3 ц/га більше за трендову. Тобто у даному випадку до зростання рівня культури землеробства

ще додалися сприятливі погодні умови. Таке сполучення призводить до збільшення величини урожаю.

Найбільше від'ємне відхилення від тренду спостерігалось у перший період в 1981 р. і було досить суттєвим – 6,6 ц/га. Також досить суттєве відхилення відзначено спостерігалось у 1983 р. – мінус 6,3 ц/га. Тобто саме ці роки (1981 та 1983 рр.) можна вважати несприятливими для вирощування кукурудзи.

Протягом другого десятиріччя (1985-1994 рр.) спостерігалось шість додатних та чотири від'ємних відхилення, тобто шість років були сприятливими, а чотири – ні. Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи виявився 1990 рік, коли за рахунок погодних умов вдалося отримати додаток урожайності 9,5 ц/га. Також можна вважати сприятливими ті роки, коли додатні відхилення від тренду становили близько 5 ц/га. Це 1985, 1987, 1988 та 1989 рр. У той же час в 1992 р. відзначено найбільше від'ємне відхилення від тренду, що становить 8,5 ц/га, тож саме цей рік можна вважати найбільш несприятливим для посівів кукурудзи у друге досліджуване десятиліття.

Третє досліджуване десятиліття (1995-2004 рр.) також характеризується нестабільними погодними умовами. Спостерігаються як додатні, так і від'ємні відхилення від лінії тренду, причому від'ємних шість, а додатних чотири, тобто з десяти 6 років були несприятливими. Найбільш несприятливим виявився 2001 р., коли відхилення становило 5 ц/га, найбільш сприятливим – 1995 р. – додатне відхилення становить 3,8 ц/га. Але у цілому можна сказати, що умови цього десятиліття були досить прийнятними для посівів, бо значення від'ємних відхилень були досить невисокими і втрати урожаю, обумовлені саме погодними умовами, не перевищували у середньому 3 ц/га.

Протягом четвертого десятиріччя (2005-2014 рр.) спостерігалось по п'ять додатних та від'ємних відхилення. Найбільш несприятливими для вирощування кукурудзи виявилися 2010 та 2012 рр. Відомо, що у ці роки спостерігалися дуже посушливі умови, на більшій частині території України

склалися вельми несприятливі умови і від'ємні відхилення від тренду були досить суттєвими – відповідно 12,4 і 13,1 ц/га відповідно. Але у це десятиліття відзначено найбільш сприятливий рік для вирощування кукурудзи за весь досліджуваний п'ятидесятирічний період. Це був 2011 р., коли додатне відхилення становило 20,4 ц/га. В інші сприятливі роки за рахунок їх погодних умов вдалося отримати додаток до трендової урожайності порядку 5-6 ц/га.

У період 2015-2024 рр. додатних і від'ємних відхилень від тренду було по 5, але значення від'ємних відхилень були досить великими. Наприклад, у 2020 р. воно становило 14,5 ц/га, у 2024 р. - 13,8 ц/га, а найбільш несприятливим за всі 50 досліджених років слід вважати 2017 р., коли від'ємне відхилення становило 17,9 ц/га. Найбільш сприятливим за ці 10 років виявився 2018 р., коли додатне відхилення становило 13 ц/га. Також досить стабільними і сприятливими виявилися 2015, 2016 та 2023 рр., коли за рахунок їх умов вдалося отримувати приріст до трендової компоненти ще порядку 7 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що протягом останніх 25 років при вирощуванні кукурудзи в Полтавській області відбувається інтенсивний ріст рівня культури землеробства, що обумовлює отримання досить високих урожаїв. Але аналіз кліматичної складової урожайності свідчить, що погодні умови конкретних років протягом всього досліджуваного періоду суттєво впливають на величину урожайності та обумовлюють її численні відхилення як у бік збільшення, так і у бік зменшення.

### 2.2.3 Динаміка урожайності кукурудзи в Черкаській області

Аналогічні дослідження були проведені для Черкаської області, результати представлені на рис. 2.4. Проаналізуємо, як змінювалися урожайність та культура землеробства по десятиліттям і в цій центральній області.

Перше досліджуване десятиліття (1975-1984 рр.) характеризується досить низьким рівнем урожайності. Середня урожайність зерна кукурудзи за цей період становила 36,4 ц/га. Це значення суттєво перевищує аналогічне для Полтавської області, але і його не можна вважати таким, що відповідає потенційним можливостям кукурудзи.



Рисунок 2.3 – Динаміка урожайності кукурудзи та лінія тренду в Черкаській області

Найменший урожай було зібрано у 1975 році і становив він 28,8 ц/га. Найбільший урожай 43,3 ц/га зібрано у 1982 р. Урожаї, близькі до найбільшого значення також були зібрані в 1978, 1983 та 1984 рр., вони становили порядку 42-43 ц/га.

Аналіз лінії тренду за цей період показує, що трендова компонента поступово зростала протягом всього першого досліджуваного періоду. Це свідчить про зростання рівня культури землеробства. На початку досліджень урожай за трендом становив 32,6 ц/га, а через 10 років він збільшився до 40,2 ц/га, тобто за рахунок покращення культури землеробства вдалося збільшити урожаї майже на 8 ц/га.

Протягом другого десятиріччя (1985-1994 рр.) урожаї кукурудзи залишилися без змін – середній урожай становить 36,3 ц/га. Але й у цей час спостерігається коливання урожайності. Так, найменші урожаї 21,4 та 23,2 ц/га було зібрано відповідно у 1992 та 1994 рр., ці значення є найменшими за весь період досліджень, а найбільший – 52,3 ц/га у 1988 р. Лінія тренду за цей період поступово знижувалася, тобто протягом другого десятиліття відбулося зниження рівня культури землеробства і, відповідно, трендової компоненти. Зменшення було не дуже суттєве, але якщо на початку періоду урожайність за трендом становила 39,8 ц/га, то наприкінці – 32,7 ц/га, тобто за рахунок недосконалості культури землеробства за 10 років було втрачено 7 ц/га.

Трете десятиріччя характеризується зовсім незначним збільшенням рівня фактичної урожайності, середнє значення якої у 1995-2004 рр. становило 38,7 ц/га, тобто було лише на 2 ц/га більше за попередні. Протягом практично всього періоду урожайність була доволі сталою, найменший урожай було зібрано в 1999 році і становив він 29 ц/га. Також невисокі урожаї зафіксовано в 1996 р. (31 ц/га) і 1998 р. – 33 ц/га. Урожаї другої половини досліджуваного періоду були дещо вищими і коливалися від 37,2 ц/га в 2003 р. до 45,3 ц/га в 2004 р. Найбільший же урожай було зібрано в 2000 р. і становив він 49 ц/га. Тобто різниця між найменшими і найбільшими урожаєми у третє десятиліття досягає 20 ц/га.

Протягом досліджуваного періоду лінія тренду демонструє досить активне зростання. Так, на початку періоду трендова компонента становила 32,9 ц/га, а наприкінці – 47,6 ц/га. Різниця, що становить 14,7 ц/га, є досить суттєвою і свідчить, що з 1995 р. рівень культури землеробства в Черкаській області при вирощуванні кукурудзи почав суттєво покращуватися.

Протягом четвертого досліджуваного десятиліття рівень фактичної урожайності кукурудзи дуже суттєво виріс. Середня урожайність становить 64,1 ц/га, що практично вдвічі перевищує значення попередніх десятирічних відрізків. Фактичні урожаї і в цьому випадку коливалися, але загальний їх рівень був набагато вищий за весь попередній час.

Найбільший урожай за четвертий період зібрали у 2011 р. і становив він 91,1 ц/га. Також досить високі урожаї були зібрані у 2013 р. – 78,4 ц/га та у 2014 р. – 70,2 ц/га. Найменший фактичний урожай спостерігався в Черкаській області у 2007 р. – 49,4 ц/га. Урожайність за трендом наприкінці десятиріччя зросла до 72,1 ц/га, тоді як на початку її значення становило 50,7 ц/га. Тобто можна сказати, що протягом четвертого досліджуваного періоду рівень культури землеробства при вирощуванні кукурудзи в Черкаській області підвищився до такого стану, який дозволив отримати додаток урожайності у 21 ц/га.

Ситуація для останньої досліджуваної десятирічки (2015 -2024 рр.) у Черкаській області практично така ж як і у Полтавській. Не дивлячись на суттєві коливання фактичної урожайності, мінімальні її значення за цей період були не нижче за 57,4 ц/га. Лише в 2020 р. був зібраний урожай 37,9 ц/га, який і виявився найнижчим за останнє десятиліття. Найбільший урожай за це десятиліття і за весь 50-річний період спостереження було зібрано в 2018 р. і становив він 94, ц/га. Протягом 2023, 2021 та 2019 рр. були зібрані також дуже високі урожаї - відповідно 86,3, 85 та 81,3 ц/га. Трендова компонента урожайності у цей час вийшла на плато і практично не змінювалася до кінця досліджень. Тобто можна сказати, що протягом 2015-2024 рр. рівень культури землеробства в Черкаській області був стабільним і забезпечив отримання урожаїв за трендом на рівні 75 ц/га.

Середня за всі 50 років урожайність в Черкаській області становить 49,8 ц/га, тенденція урожайності, яку ми визначили за методом гармонійних ваг, додатна і становить 0,8 ц/га. Тобто можна говорити, що наразі кукурудзозводи Черкаської області, як і їх колеги з Полтавської області активно працюють задля підвищення рівня культури землеробства і збільшення фактичних урожаїв кукурудзи на зерно.

Відхилення урожаїв кукурудзи від лінії тренду для Черкаської області представлені на рис. 2.5. Можна бачити, що протягом досліджуваних років

спостерігаються як додатні так і від'ємні відхилення, причому їх величини відрізняються досить суттєво.

Враховуючи, що додатні відхилення характеризують сприятливі за погодними умовами роки для вирощування кукурудзи, а від'ємні навпаки – несприятливі, аналіз ми робили саме з цих міркувань.

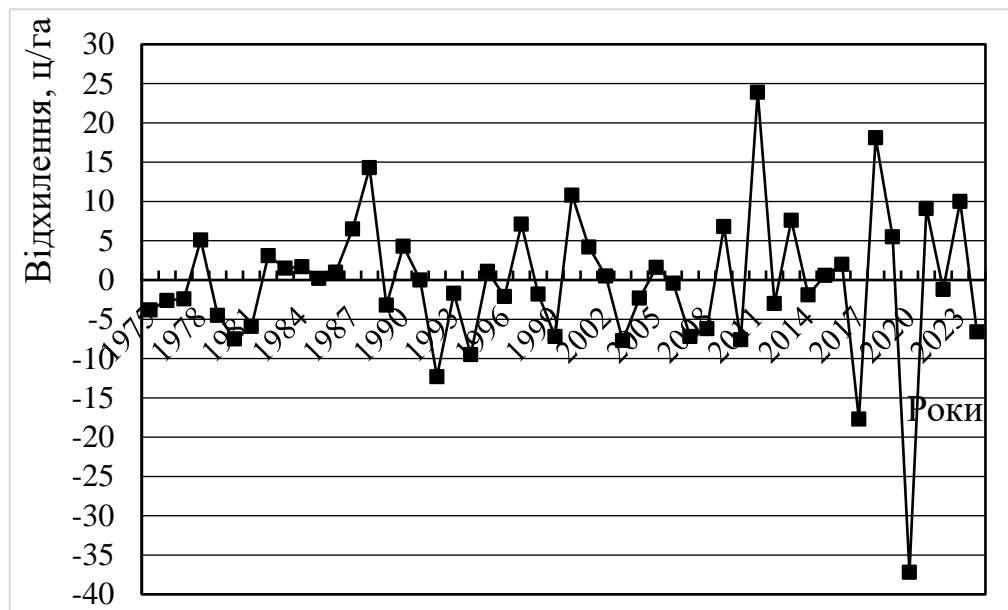


Рисунок 2.5 – Відхилення урожайності кукурудзи від лінії тренду в Черкаській області

В перше досліджуване десятиліття (1975-1984 рр.) від'ємних відхилень було 6, тобто більша частина досліджуваних років була несприятливими, а чотири роки були сприятливими. Найбільше додатне відхилення спостерігалось в цей період в 1978 р. і становило 5,1 ц/га, саме цей рік був найбільш сприятливим для зростання кукурудзи у першу досліджувану десятирічку.

Найбільше від'ємне відхилення від тренду спостерігалось у перший період в 1980 р. і було досить суттєвим – 7,5 ц/га. Також досить суттєве відхилення відзначено у 1981 р. – мінус 5,9 ц/га. Тобто саме ці роки (1980 та 1981 рр.) можна вважати несприятливими для вирощування кукурудзи.

Протягом другого десятиріччя (1985-1994 рр.) спостерігалось шість додатних та чотири від'ємних відхилення, тобто шість років були сприятливими, а чотири – ні. Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи виявився 1988 рік, коли за рахунок погодних умов вдалося отримати додаток урожайності 14,3 ц/га. Також можна вважати досить сприятливим 1987 рік, коли додатне відхилення від тренду становило 6,5 ц/га. У той же час в 1992 р. відзначено найбільше від'ємне відхилення від тренду, що становить -12,3 ц/га, тож саме цей рік можна вважати найбільш несприятливим для посівів кукурудзи у друге досліджуване десятиліття. Цей же рік визнано несприятливим і для Полтавської області.

Третє досліджуване десятиліття (1995-2004 рр.) також характеризується нестабільними погодними умовами. Спостерігаються як додатні, так і від'ємні відхилення від лінії тренду, причому від'ємних чотири, а додатних шість, тобто з десяти 6 років були сприятливими. Найбільш несприятливими виявилися 2003 р., коли відхилення становило - 7,7 ц/га і 1999 р. – відповідно – 7,2 ц/га. Найбільш сприятливим виявився 2000 р. – додатне відхилення становить 10,8 ц/га.

Протягом четвертого десятиріччя (2005-2014 рр.) спостерігалось чотири додатних та шість від'ємних відхилень. Найбільш несприятливим для вирощування кукурудзи виявився 2010 рр. Відомо, що у 2010 році спостерігалася тривала посуха, на більшій частині території України склалися вельми несприятливі умови і від'ємне відхилення від тренду було досить суттєвими -7,6 ц/га. Також від'ємне відхилення від тренду, що становить -7,2 ц/га в 2007 р. надає змогу і цей рік вважати дуже несприятливим.

Дослідження, проведені стосовно четвертого десятиліття показали, що як і у випадку Полтавської області саме в це десятиліття відзначено найбільш сприятливий рік для вирощування кукурудзи за весь досліджуваний п'ятидесятирічний період. Це також був 2011 р., коли додатне відхилення становило 23,9 ц/га. В інші сприятливі роки за рахунок їх погодних умов вдалося отримати додаток до трендової урожайності порядку 7-8 ц/га.

У період 2015-2024 рр. додатних відхилень від тренду було шість, а від'ємних відхилень - чотири. Причому як додатні так і від'ємні відхилення досягали вельми великих значень. Наприклад, у 2023 р. відхилення становило 14,5 ц/га, у 2021 р. - 9,1 ц/га, а в найбільш сприятливому 2018 р. -18,1 ц/га.

Найбільш несприятливим за всі 50 досліджених років слід вважати 2020 р., коли від'ємне відхилення становило 37,2 ц/га. 2017 рік також можна вважати вельми несприятливим для посівів, від'ємне відхилення також було досить суттєвим і становило -17,7 ц/га. Найбільш сприятливим за ці 10 років виявився 2018 р., коли додатне відхилення становило 18 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що з 1995 р. при вирощуванні кукурудзи в Черкаській області відбувався інтенсивний ріст рівня культури землеробства, що зумовило вирощування високих урожаїв. В останнє десятиріччя суттєвого росту трендової компоненти не відбувається, але культура землеробства підтримується на високому рівні.

Тому Черкаська область, як и Полтавська, є у теперішній час найбільшими виробниками кукурудзи на зерно в Україні.

Але аналіз кліматичної складової урожайності і в даному випадку свідчить, що погодні умови конкретних років протягом всього досліджуваного періоду суттєво впливають на величину урожайності та обумовлюють її коливання. Це ще раз підкреслює, що саме сільськогосподарське виробництво є найбільш кліматично залежною галуззю народного господарства.

#### 2.2.4 Ймовірнісна характеристика виробничих урожаїв кукурудзи

Традиційним моментом при дослідженні урожайності в агрометеорології є проведення її ймовірнісного аналізу. Методика надається в [23]. Згідно з цією методикою “для розрахунку ймовірності будь-якого показника часові ряди значень цього показника треба проранжувати, а потім за відомою формулою Г.О. Алексєєва визначити значення ймовірності:

$$P = \frac{m-0,25}{n+0,50} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де  $P$  - ймовірність у відсотках, значення якої послідовно зростають,  $m = 1, 2, \dots, n$  - порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку убутання,  $n$  - число років або спостережень в ряду”.

Нами були виконані відповідні розрахунки, хід яких представлено в табл. 2.1 і 2.2. Були проранжовані від найбільшого до найменшого значення фактичної урожайності кукурудзи в Полтавській та Черкаській областях. Визначені за допомогою формули Алексеєва ймовірності отримання урожаїв тої чи іншої величини. В графічному вигляді отримані результати у вигляді кривих ймовірності представлені на рис. 2.6 для Полтавської області та на рис. 2.7 – для Черкаської.

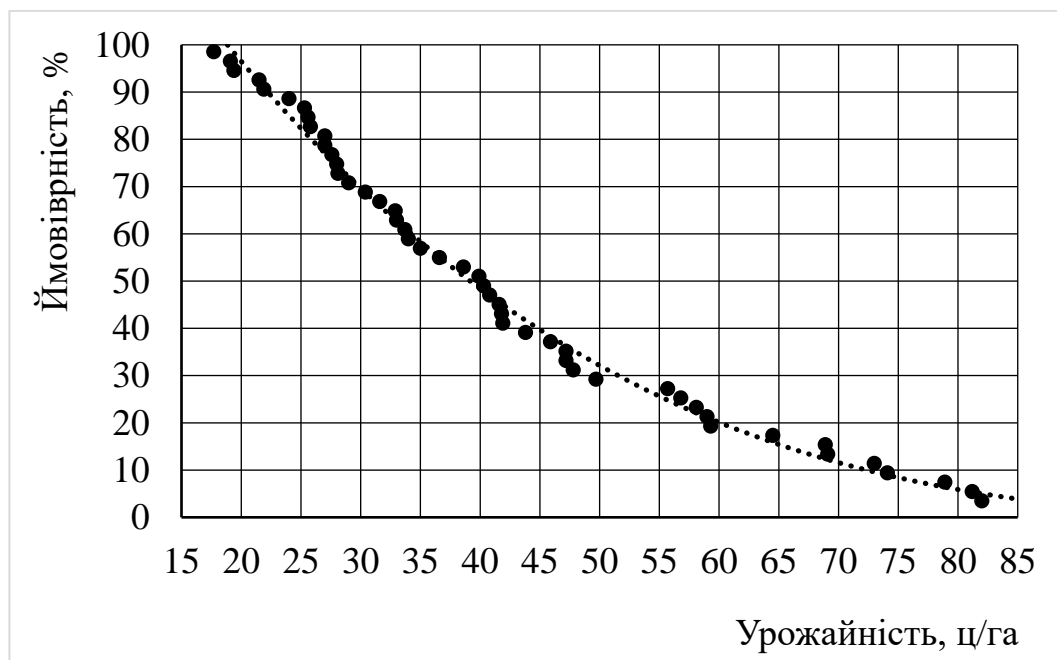


Рисунок 2.6 – Крива сумарної ймовірності урожайності кукурудзи в Полтавській області

Таблиця 2.1 – Розрахунок ймовірнісних характеристик урожайності кукурудзи в Полтавській області

Роки	Ур-ть	Ур-ть убув.	N	P, %	Роки	Ур-ть	Ур-ть убув.	N	P, %
1975	19,1	85,1	1	1	2000	33	39,9	26	51
1976	17,7	82	2	3	2001	28,1	38,6	27	53
1977	24	81,2	3	5	2002	34	36,6	28	55
1978	25,3	78,9	4	7	2003	38,6	35	29	57
1979	19,4	74,1	5	9	2004	40,3	34	30	59
1980	21,5	73	6	11	2005	47,8	33,7	31	61
1981	21,9	69,1	7	13	2006	40,8	33	32	63
1982	30,4	68,9	8	15	2007	47,2	32,9	33	65
1983	25,8	64,5	9	17	2008	56,8	31,6	34	67
1984	33,7	59,3	10	19	2009	59	30,4	35	69
1985	39,9	59	11	21	2010	43,8	29	36	71
1986	32,9	58,1	12	23	2011	78,9	28,1	37	73
1987	41,8	56,8	13	25	2012	47,2	28	38	75
1988	41,9	55,7	14	27	2013	68,9	27,6	39	77
1989	41,6	49,7	15	29	2014	58,1	27	40	79
1990	45,9	47,8	16	31	2015	73	27	41	81
1991	36,6	47,2	17	33	2016	74,1	25,8	42	83
1992	25,6	47,2	18	35	2017	49,7	25,6	43	85
1993	31,6	45,9	19	37	2018	82	25,3	44	87
1994	27,6	43,8	20	39	2019	69,1	24	45	89
1995	35	41,9	21	41	2020	55,7	21,9	46	91
1996	29	41,8	22	43	2021	64,5	21,5	47	93
1997	28	41,6	23	45	2022	85,1	19,4	48	95
1998	27	40,8	24	47	2023	81,2	19,1	49	97
1999	27	40,3	25	49	2024	59,3	17,7	50	99

Таблиця 2.2 – Розрахунок ймовірнісних характеристик урожайності кукурудзи в Черкаській області

Роки	Ур-ть	Ур-ть убув.	N	P, %	Роки	Ур-ть	Ур-ть убув.	N	P, %
1975	28,8	94,1	1	1	2000	49	43	26	51
1976	31,8	91,1	2	3	2001	44,4	42,9	27	53
1977	34	86,3	3	5	2002	43	41,9	28	55
1978	42,9	85	4	7	2003	37,2	41,8	29	57
1979	34,1	81,3	5	9	2004	45,3	41	30	59
1980	31,7	78,4	6	11	2005	52,3	40,6	31	61
1981	33,9	76,5	7	13	2006	53,3	40,3	32	63
1982	43,3	75	8	15	2007	49,4	40	33	65
1983	41,8	74	9	17	2008	53,3	37,9	34	67
1984	41,9	70,2	10	19	2009	69,4	37,2	35	69
1985	40	69,4	11	21	2010	57,2	34,9	36	71
1986	40,3	68,3	12	23	2011	91,1	34,1	37	73
1987	45,2	66	13	25	2012	66	34	38	75
1988	52,3	57,4	14	27	2013	78,4	34	39	77
1989	33,9	57,2	15	29	2014	70,2	33,9	40	79
1990	40,6	53,3	16	31	2015	74	33,9	41	81
1991	34,9	53,3	17	33	2016	76,5	33	42	83
1992	21,4	52,3	18	35	2017	57,4	31,8	43	85
1993	31,4	52,3	19	37	2018	94,1	31,7	44	87
1994	23,2	49,4	20	39	2019	81,3	31,4	45	89
1995	34	49	21	41	2020	37,9	31	46	91
1996	31	45,3	22	43	2021	85	29	47	93
1997	41	45,2	23	45	2022	75	28,8	48	95
1998	33	44,4	24	47	2023	86,3	23,2	49	97
1999	29	43,3	25	49	2024	68,3	21,4	50	99

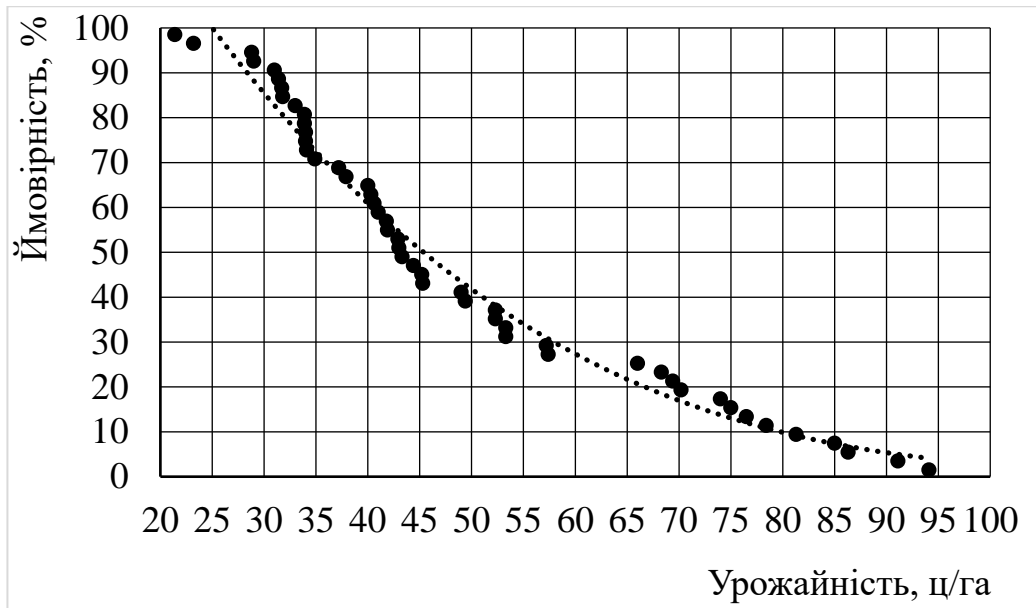


Рисунок 2.7 – Крива сумарної ймовірності урожайності кукурудзи в Черкаській області

Згідно до методики [23] ми знімаємо з графіків значення урожайності різної ймовірності з кроком 5% і заносимо результати у підсумкову таблицю (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Ймовірність урожаїв кукурудзи (ц/га) в центральних областях України

У <sub>ср</sub>	Ймовірність, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Полтавська											
43	85	75	60	53	40	43	30	28	25	22	20
Черкаська											
49,8	95	80	68	58	52	50	43	38	32	28	25

В Полтавській області високі урожаї зерна кукурудзи порядку 75 ц/га можна зібрати раз в десять років (з ймовірністю 10 %), урожаї порядку 28 ц/га можна зібрати в семи роках з десяти (з ймовірністю 70 %), а щорічно тут можна збирати урожаї не вище 20 ц/га.

Аналогічна ситуація спостерігається і в Черкаській області. Тут високі урожаї зерна кукурудзи порядку 80 ц/га можна зібрати раз в десять років (з ймовірністю 10 %), урожаї порядку 38 ц/га можна зібрати в семи роках з десяти (з ймовірністю 70 %), а щорічно тут можна збирати урожаї не вище 25 ц/га.

Всі наші дослідження проводилися стосовно урожаїв ще минулих років, але якщо проаналізувати урожаї останніх років (рис. 2.8) можна бачити, що урожайність кукурудзи в Полтавській та Черкаській областях є досить високою у порівнянні з загальною урожайністю в Україні, тобто сучасний рівень культури землеробства дозволяє наблизити виробничі урожаї до потенційним можливостям культури. Також необхідна детальна оцінка агрокліматичних ресурсів у поєднанні з раціональним розміщенням існуючих сортів і науковим обґрунтуванням отримання урожаїв більш високого рівня.

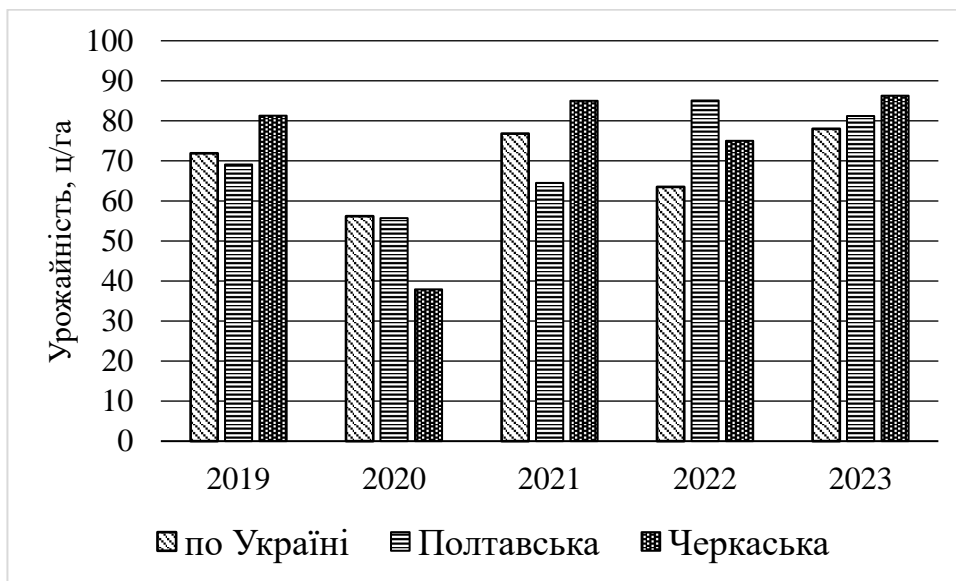


Рисунок 2.8 – Сучасний рівень урожайності кукурудзи на досліджуваній території

### **3 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ТЕПЛОВІ ТА ВОЛОГІСНІ РЕСУРСИ ТЕРИТОРІЇ ОБЛАСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ**

Для оцінки змін будь-якої гідрометеорологічної величини використовують порівняння її з минулими значеннями. Дослідженням впливу майбутніх змін клімату на агрокліматичні ресурси території присвячено численні роботи, у тому числі ґрунтовні монографії кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету [7, 8, 9].

#### **3.1 Агрокліматична оцінка теплових та вологісних ресурсів Полтавської області**

Всесвітня метеорологічна організація встановила, що при описі клімату краще відштовхуватися від норм, взятих за 30-річний період часу. Донедавна в своїх дослідженнях майже всі фахівці-агрометеорологи керувалися нормами за період 1961 – 1990 рр.

Однак, в роботі [9] відзначається, що “оскільки клімат також змінюється, то зараз ці норми вже не зовсім підходять. Тому 2020 року вони були перераховані за наступний 30-річний період (1991 – 2020 рр.) і вже зараз Український гідрометцентр користується саме цими «новими» нормами. У даному дослідженні використані також нові «агрометеорологічні» норми за тридцятирічний період 1986-2015 рр., представлені в новому Агрокліматичному довіднику по Україні” [10].

Нами було проведено дослідження змін температурного та вологісного режиму Полтавської області за умов реалізації двох найбільш ймовірних сценаріїв змін клімату родини RCP (Representative Concentration Pathways) до 2050 р. Сценарії RCP вже добре відомі українським кліматологам, вони описані у багатьох джерелах і “визначаються приблизною сумарною

величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.:  $4,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$  для RCP4.5 і  $8,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$  для RCP8.5. Сценарій RCP4.5 вважається сценарієм стабілізації, а сценарій RCP8.5 - сценарієм з дуже високими рівнями викидів парникових газів” [7, 8].

Аналіз змін температурного режиму Полтавської області виконувався за періоди: 1986-2015 рр. (прийнятий як базовий період – “нова” норма) за матеріалами, наведеними в новому Агрокліматичному довіднику України [10], та за період 2021-2050 рр. за кліматичними сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5. Також було проведене порівняння показників температурного режиму за “старою” та “новою” нормами.

Результати проведеної роботи увійшли до наукової роботи, яка була представлена на I тур Всеукраїнського конкурсу студентських робіт з “Гідрометеорології”, а також у матеріалах Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених «Наукові основи реалізації принципів кліматично орієнтованого сільського господарства в агросфері України», з нагоди Дня науки в Україні (17 травня 2024 р.) [30].

Автори [7, 8, 9] вважають, що “в агрокліматології основними характеристиками теплових ресурсів будь-якої території вважаються:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С;
- середня температура повітря січня, липня та їхня амплітуда”.

Становить інтерес порівняння показників температурного режиму за періоди “старої” та “нової” кліматичних норм. Результати цього порівняння представлені на рисунку 3.1 та у табл. 3.1.

Аналізуючи рис. 3.1, можна сказати, що протягом зимових місяців за обома нормами спостерігаються від’ємні температури, але їх значення за “старою” нормою протягом січня-лютого менше, ніж за “новою”. Розбіжності

подекадно становлять від 0,9 до 4,3°C. Лише протягом грудня середньодекадні температури за обома нормами практично не відрізняються. Протягом літніх місяців наочно видно, що температури періоду 1986-2015 рр. дещо перевищують відповідні температури періоду 1961-1990 рр. Температури другої половини року, починаючи з середини серпня, за обома дослідженими варіантами розрізняються незначно.

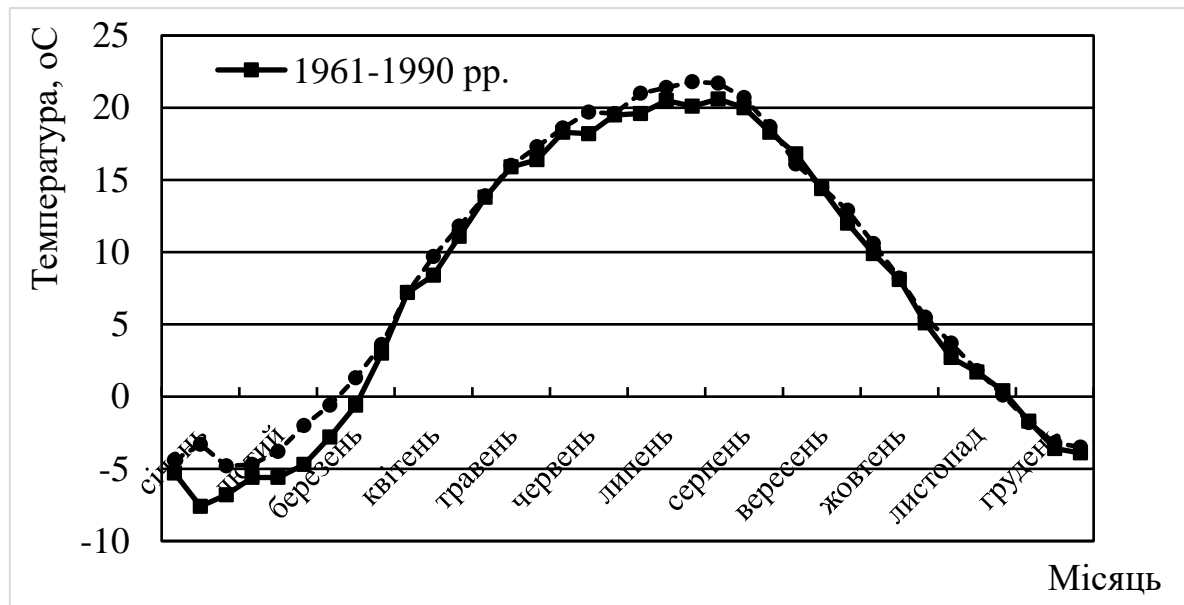


Рисунок 3.1 - Річний хід середньодекадних температур повітря за “старою” та “ноюю” кліматичними нормами у Полтавській області

Аналіз дат переходу температури через різні пороги, приведений в табл. 3.1, показує що дійсно між показниками “старої” та “нової” кліматичних норм існують суттєві відмінності. У той же час настання деяких дат навпаки залишилося без змін.

Так, перехід температури через 0°C навесні (тобто закінчення зимового періоду) за “нової” норми відбувається значно раніше – 12 березня проти 24 березня, тобто майже на два тижня. Однак дати настання зимового періоду (тобто переходу через 0°C восени) практично залишилися незмінними - 3-4 грудня, тобто різниця між ними становить лише 1 день.

У той же час закінчення періоду активної вегетації культур (тобто періоду з температурами вище 10°C) спостерігається на 16 днів пізніше – за

“старої” норми 26 вересня, а за “нової” – 12 жовтня. Це максимальна різниця між датами переходу через різні пороги. За “ новою” нормою на 5 днів пізніше відбувається перехід через 10°C навесні - 25 квітня проти 20 квітня за “старою” нормою. Вважається, що це дата, з якої починається період активної вегетації більшості сільськогосподарських культур (в агрокліматології це період з температурами вище 10°C). Хоча дата переходу через 5°C навесні залишається незмінною – 1 квітня, а перехід через цей поріг восени відбувається у нинішньому столітті на 3 дні раніше - 2 листопада проти 5 листопада за “старою” нормою.

Таблиця 3.1 – Порівняння температурного режиму Полтавської області за періоди 1961-1990 та 1986-2015 рр.

Норма	Дати переходу температури повітря через								Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище			
	Навесні				Восени							
	0°C	5°C	10°C	15°C	15°C	10°C	5°C	0°C	0°C	5°C	10°C	15°C
“Стара” 1961- 1990 рр	24.03	1.04	20.04	10.05	7.09	26.09	5.11	3.12	254	219	159	120
“Нова” 1986- 2015 рр	12.03	1.04	25.04	10.05	1.09	12.10	2.11	4.12	267	216	170	114
Різниця	-12	0	5	0	-6	16	-3	1	13	-3	11	-6

Дата початку метеорологічного літа (тобто стійкого переходу температури через 15°C) за обома нормами залишається незмінною – 10 травня. Однак його закінчення за “ новою” нормою відбувається майже на тиждень раніше – 1 вересня проти 7 вересня.

Деяко зміниться і тривалість періодів з температурами вище означених порогів. Період із додатними температурами збільшився на 13 днів (267 днів проти 254), період активної вегетації також збільшився – на 11 днів (170 проти 159 днів). Період з температурами вище 5°C незначно скоротився – з 219 до 216 днів - лише на 3 дні, а літній період (між весняною і осінньою датами

переходу температури повітря через 15°C) скоротився більш відчутно – на 6 днів (з 120 до 114 днів).

Також було проведено порівняння сум температур вище визначених в агрокліматології значень та температур найхолоднішого та найтеплішого місяців. Результати представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристики температурного режиму Полтавської області за різними кліматичними нормами

Варіант	Сума активних температур вище				Температура повітря, °C		
	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	січень	липень	амплітуда
1961-1990	3270	3224	2773	2246	-6,6	20,1	26,7
1986-2015	3433	3338	2761	2222	-4,2	21,4	25,6
Різниця	163	114	-12	-24	2,4	1,3	-1,1

Можна бачити, що і всі суми активних температур змінилися. Причому значно збільшилися суми температур вище 0°C (на 163 °C) і вище 5°C (на 114°C), але вельми несуттєво зменшилися суми більше 10 та 15°C (на 12 та 24°C відповідно). Це зменшення є вельми несуттєвим, тому на загальну ситуацію вплинути не може. Температура самого холодного місяця – січня – значно підвищилася, хоча залишається від’ємною і становить мінус 4,2°C (проти -6,6°C за “старою” нормою. Температура липня зросла на 1,3°C і становить 21,4°C проти відповідної 20,1°C. Тому дещо зменшилася амплітуда температур.

Таким чином можна сказати, що дійсно на теперішній час температурний режим Полтавської області досить суттєво змінився. А також підтвердити висновок авторів [9], що “у зв’язку із сучасними змінами клімату використання “старих” кліматичних норм, що не враховують достатньо точно ці зміни, можна вважати недоцільним, а рекомендації ВМО щодо змін кліматичних норм – своєчасними і такими, що зможуть підвищити якість будь-якої агрометеорологічної та агрокліматичної інформації”.

Тому у подальших дослідженнях будемо враховувати “нову” кліматичну норму (або базу, базовий період 1986-2015 рр.) і всі порівняння робити саме з цією нормою.

Динаміку річного ходу середньодекадних температур повітря для всіх досліджуваних варіантів представлено на рис. 3.2.

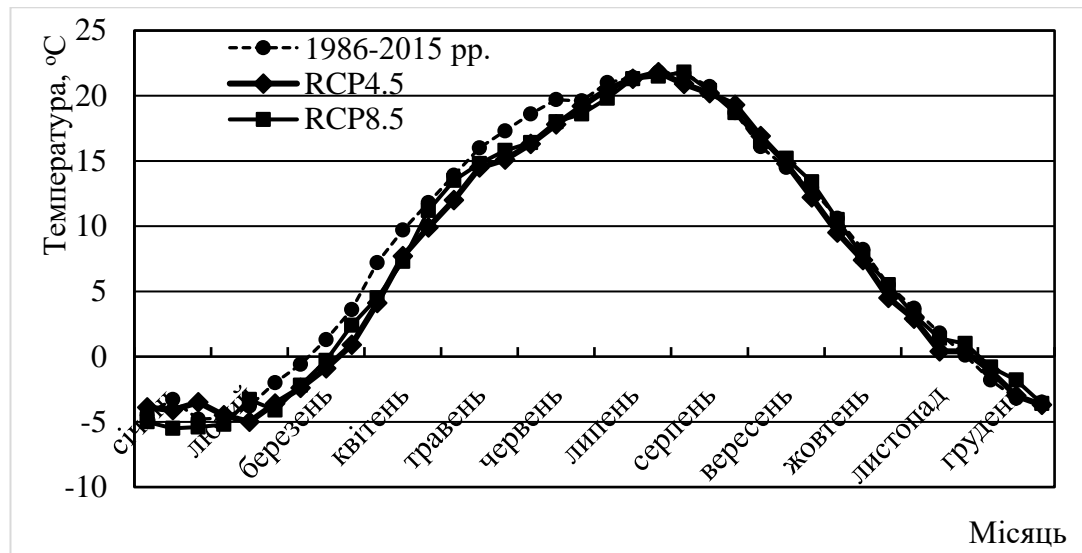


Рисунок 3.2 - Річний хід середньодекадних базових та сценарних температур повітря у Полтавській області

На графіку видно, що з третьої декади лютого і до середини червня значення середньодекадних температур за базовим варіантом перевищують сценарні, і ці перевищення у деяких випадках досить значні. Наприклад, у другій декаді квітня найвища температура спостерігається за “ною” кліматичною нормою і становить  $9,7^{\circ}\text{C}$ , у той же час значення температури, що очікуються за обома сценаріями, майже однакові і становлять  $7,3^{\circ}\text{C}$ . У другій декаді червня базова температура становить  $19,7^{\circ}\text{C}$ , а сценарні – порядку  $18^{\circ}\text{C}$ . Але така ситуація характерна лише для першої половини року.

У другій половині року ситуація інша. Температури за всіма досліджуваними варіантами протягом третьої декади червня – кінця грудня практично не відрізняються. Найбільша різниця не перевищує  $1^{\circ}\text{C}$ . Тобто при порівнянні сценарних даних з “ною” кліматичною нормою враховуються сучасні кліматичні зміни, що вже відбулися на досліджуваній території.

Розглянемо, як зміняться показники температурного режиму Полтавської області за умов реалізації сценаріїв змін клімату родини RCP на період 2021-2050 рр. Результати порівняння цих характеристик надаються у таблиці 3.3.

За сучасних кліматичних умов зимовий період на Полтавщині триває 98 днів – з 4 грудня (дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С в бік від’ємних температур) до 12 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°С у бік потепління та починається весна. Розглянемо сценарні варіанти. Зима за обох сценаріїв наступатиме на 2-5 днів раніше за базовий варіант – 2 грудня за першим сценарієм і 30 листопада за другим.

За умов реалізації обох сценаріїв очікується вельми суттєве подовження зимового періоду (періоду з температурами менше нуля) за рахунок більш раннього переходу температур через 0°С. За сценарієм RCP4.5 перехід, тобто закінчення зими, відбудеться 20 березня, тобто на 8 днів пізніше, ніж за базовим варіантом. Аналогічна ситуація очікується і за сценарієм RCP8.5 – перехід у бік додатних температур очікується 27 березня, тобто на 15 днів пізніше за базовий.

Таким чином зимовий період до 2050 р. за першим сценарієм триватиме 108 днів, а за другим – 117 днів, тобто подовжиться на 10-19 днів. Отже, безморозний період в Полтавській області буде тривати 257-248 днів, в залежності від сценарію змін клімату, тоді як за теперішнього часу його тривалість становить 267 днів.

Базовий вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 216 днів, починається в області 1 квітня і закінчується 2 листопада. В за першим, і за другим сценарієм перехід температури через 5°С навесні очікується 12 квітня, що на 11 днів пізніше за базовий варіант. Осінній перехід температури за сценарієм RCP4.5 відбудеться на 14 днів раніше – 18 жовтня, а за сценарієм RCP8.5 лише на один день пізніше за базову дату – 3 листопада.

Таблиця 3.3 – Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10 та 15 °С та тривалість періодів з цими температурами (Полтавська область)

Варіант	Дати переходу температури повітря через								Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище			
	Навесні				Восени							
	0°С	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10°С	5 °С	0 °С	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
База	12.03	1.04	25.04	10.05	1.09	12.10	2.11	4.12	267	216	170	114
RCP4.5	20.03	12.04	4.05	18.05	6.09	28.09	18.10	2.12	257	189	147	111
Різниця	8	11	9	8	5	-14	-14	-2	-10	-27	-23	-3
RCP8.5	27.03	12.04	19.04	24.05	24.09	13.10	3.11	30.11	248	203	177	123
Різниця	15	11	-6	14	23	1	1	-5	-19	-13	30	9

Таким чином тривалість вегетаційного періоду до 2050 р. за першим сценарієм скоротиться майже на чотири тижні (27 днів) і становитиме 189 днів. За другим сценарієм вона також скоротиться, але дещо менше, на 13 днів і становитиме 203 дні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря  $10^{\circ}\text{C}$  і вище) триває 170 днів, починається 25 квітня і закінчується 12 жовтня. За умов реалізації першого сценарію слід очікувати скорочення його тривалості за рахунок більш пізніх дат переходу через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні і більш ранніх - восени. За сценарними даними весняний перехід відбуватиметься на початку травня (4 травня), що на 10-12 днів пізніше за базовий варіант. Восени цей перехід відбудеться на два тижні раніше за базовий – 28 вересня. Таким чином період активної вегетації за умов реалізації сценарію RCP4.5 до 2050 р. скоротиться порівняно з базовим на 23 дні і становитиме 147 днів.

Інша ситуація спостерігається за умов реалізації другого сценарію. За сценарієм RCP8.5 дата осіннього переходу через  $10^{\circ}\text{C}$  практично не зміниться у порівнянні з базовою, і перехід відбуватиметься 3 листопада (базова дата 2 листопада). Але тривалість періоду активної вегетації дещо збільшиться за рахунок більш раннього весняного переходу (19 квітня проти базової дати 25 квітня) і становитиме 177 днів, тобто на тиждень більше за базову.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря  $15^{\circ}\text{C}$  і вище), триває в області 114 днів – з 10 травня до 1 вересня. Сценарні дати дещо відрізняються від базових, причому у бік більш пізнього настання. За сценарієм RCP4.5 перехід відбуватиметься 18 травня, що на 8 днів пізніше, за сценарієм RCP8.5 - 24 травня, що на 14 днів пізніше. Осінній перехід через  $15^{\circ}\text{C}$  за обома сценаріями також буде пізніше. Причому якщо за першим варіантом літо триватиме на Полтавщині лише на 5 днів довше – перехід відбудеться 6 вересня, то за другим сценарієм восени перехід через  $15^{\circ}\text{C}$  очікується більш ніж три тижні пізніше – 24 вересня, тобто на 23 дні пізніше базової дати.

Така різниця у датах спричинить і різницю у тривалості вищезначеного періоду. Тривалість літа за сценарієм RCP4.5 зменшиться на 3 дні і становитиме 111 днів. За умов реалізації сценарію RCP8.5 вона збільшиться на 9 днів і становитиме 123 дні.

У зв'язку зі зміною дат переходу та тривалості періодів з температурами повітря вище та нижче різних порогів зміняться і відповідні суми температур в разі реалізації обох сценаріїв (табл. 3.4).

Базова сума активних температур повітря вище  $0^{\circ}\text{C}$  в Полтавській області становить  $3433^{\circ}\text{C}$ . За обома сценаріями слід очікувати зменшення цих сум, причому за першим сценарієм сума додатних температур зменшиться більше і становитиме  $3162^{\circ}\text{C}$ , що на  $271^{\circ}\text{C}$  менше за базову. У випадку реалізації другого сценарію сума додатних температур за рік становитиме  $3252^{\circ}\text{C}$ , що на  $181^{\circ}\text{C}$  менше за базову.

Зменшення сценарних температур очікується і стосовно періоду вегетації основних сільськогосподарських культур, тобто з температурами вище  $5^{\circ}\text{C}$ . Базова сума активних температур повітря вище  $5^{\circ}\text{C}$  становить  $3338^{\circ}\text{C}$ . За умов реалізації сценарію RCP4.5 цей період суттєво скоротиться, внаслідок чого зменшиться і відповідна сума температур. Вона становитиме  $2999^{\circ}\text{C}$ , що на  $339^{\circ}\text{C}$  менше за базову. У випадку реалізації сценарію RCP8.5 тривалість періоду також зменшиться, тому зменшиться і сума активних температур вище  $5^{\circ}\text{C}$ , яка становитиме  $3129^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $209^{\circ}\text{C}$  менше у порівнянні з базовою.

Сума активних температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  за сучасною кліматичною нормою становить  $2759^{\circ}\text{C}$ . За першим сценарієм змін клімату очікується суттєве зменшення сум температур, які становитимуть  $2540^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $219^{\circ}\text{C}$  менше за базове значення відповідно. Напроти, за другим сценарієм очікується практично так ж збільшення сум температур, які становитимуть  $2958^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $199^{\circ}\text{C}$  більше за базові.

Таблиця 3.4 – Характеристики температурного режиму Полтавської області за різними сценаріями

Варіант	Сума активних температур вище				Температура повітря, °С		
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	січень	липень	амплітуда
База	3433	3338	2759	2222	-4,2	21,4	25,6
RCP 4.5	3162	2999	2540	2110	-3,8	21,2	25,0
Різниця	-271	-339	-219	-112	0,4	-0,2	-0,6
RCP 8.5	3252	3129	2958	2287	-5,3	20,9	26,2
Різниця	-181	-209	199	65	-1,1	-0,5	0,6

Сума активних температур повітря вище 15°С, тобто за літній період становить 2222°С. За умов реалізації сценаріїв очікується аналогічна ситуація, що і з сумами за період активної вегетації. Так, за першим сценарієм вона досить суттєво зменшиться - до 2110°С, тобто на 112°С. За другим сценарієм очікується не дуже значне збільшення суми – до 2287°С, тобто на 65°С.

Середня температура січня за умов реалізації обох сценаріїв зміниться, причому за першим сценарієм збільшиться, а за другим - зменшиться. Тобто за сценарієм RCP4.5 січень буде дещо тепліше за базовий. За базовим варіантом значення температури становить мінус 4,2°С, а до 2050 р. за сценарієм RCP4.5 очікується незначне (на 0,4°С) збільшення температури січня до значення, що становитиме мінус 3,8°С. За сценарієм RCP8.5 температура січня досить суттєво зменшиться - на 1,1°С - і становитиме мінус 5,3°С. Тобто у цьому випадку сценарний січень буде холодніший за базовий.

Температура липня за базовим варіантом становить 21,4°С. За обома сценаріями вона несуттєво зменшиться – до 21,2°С (на 0,2°С) за сценарієм RCP4.5 і до 20,9°С (на 0,5°С) за сценарієм RCP8.5. Стосовно амплітуди температур, тобто різниці між температурами січня і липня, то за базовим варіантом вона становить 25,6°С, а в обох очікуваних випадках вона зміниться

на 0,6°C. Але якщо за першим сценарієм очікується зменшення амплітуди температури до 25,0°C, то за другим, навпаки, її збільшення до 26,2°C.

\*Ресурси зволоження території вирощування будь-якої сільськогосподарської культури в Україні мають останнім часом вирішальну роль. Особливо важливим це питання стало в світі досліджень зі змін клімату. Тому в нашій роботі було зроблено порівняльний аналіз показників зволоження території Полтавської області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5.

За методикою, прийнятою в агрометеорології “для характеристики вологозабезпеченості території використовуються такі показники, як кількість опадів, що випадають за періоди, відношення фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологопотреби рослин (випаровуваності), індекси, які характеризують посушливість території” [7, 8 ].

Опади є основним джерелом зволоження земної поверхні, тому поняття просторово-часової мінливості структури поля опадів сучасності та їхні майбутні зміни відіграють важливу роль в прогнозах кліматично-зумовлених природних ресурсів. Оскільки опади є єдиним природним джерелом поповнення запасів продуктивної вологи в ґрунті, а останнім часом відбуваються різкі трансформації опадів на території України, ми особливу увагу приділили саме дослідженню опадів на території Полтавської області. Результати визначення надаються у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняльна характеристика режиму зволоження на території Полтавської області по сезонах року

Сезон	Базовий період		RCP4.5			RCP8.5		
	Сума опадів мм	ГТК	Сума опадів мм	% від базової	ГТК	Сума опадів мм	% від базової	ГТК
Зима	117		136	116		135	115	
Весна	131		128	98		139	106	
Літо	176	1,04	131	74	0,81	138	78	0,88
Осінь	146		123	84		114	78	
Рік	570		518	91		526	92	

В цілому за рік на території Полтавщини опадів випадає 570 мм, в розрахунковий прогностичний період до 2050 рр. за двома сценаріями зміни клімату очікується зменшення кількості опадів: до 518 мм за сценарієм RCP4.5 і до 526 мм за сценарієм RCP8.5.

Становить інтерес розподіл опадів за сезонами року. Взимку опадів за базовим варіантом випадає 117 мм. Очікувана за двома сценаріями кількість опадів буде майже однакова (135-136 мм) і перевищуватиме базову на 15-16%.

Весняні опади становлять 131 мм, очікувані опади розподіляються за сценаріями дуже нерівномірно. Так, за сценарієм зміни клімату RCP4.5 сума опадів навесні очікується на 3 мм менше за базову. Це зменшення досить невелике і становить 2%. За сценарієм RCP8.5 очікується збільшення суми опадів на 8 мм. Весняні опади очікуються на рівні 139 мм, що становить 106 % від суми весняних опадів базового періоду.

В літній період за обома сценаріями очікуватиметься різке зменшення суми опадів майже на 22-26 % (131-138 мм за сценаріями проти 176 мм базових).

Осінні опади становлять 146 мм. Восени суми опадів, розраховані за обома сценаріями родини RCP становитимуть 84-78 % від базового значення - за першим сценарієм очікується 123 мм, за сценарієм RCP8.5 – 114 мм.

Також було визначено значення показника ГТК Селянінова за базовий та сценарні періоди активної вегетації. ГТК – це інтегральний показник гідротермічного режиму, що враховує тепло й вологу. Він вживається як показник вологозабезпеченості або умов сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур. Можна бачити, що цей показник у базових умовах становить 1,04, що характеризує умови недостатнього зволоження. А за умов реалізації обох сценаріїв ГТК зменшиться ще більш суттєво – до 0,81 за першим сценарієм і до 0,88 за другим, що свідчить про подальше погіршення умов зволоження та зростання посушливості досліджуваної території.

### 3.2 Агрокліматична оцінка теплових та вологісних ресурсів Черкаської області

Динаміку річного ходу середньодекадних температур повітря в Черкаській області для всіх досліджуваних варіантів представлено на рис. 3.3.

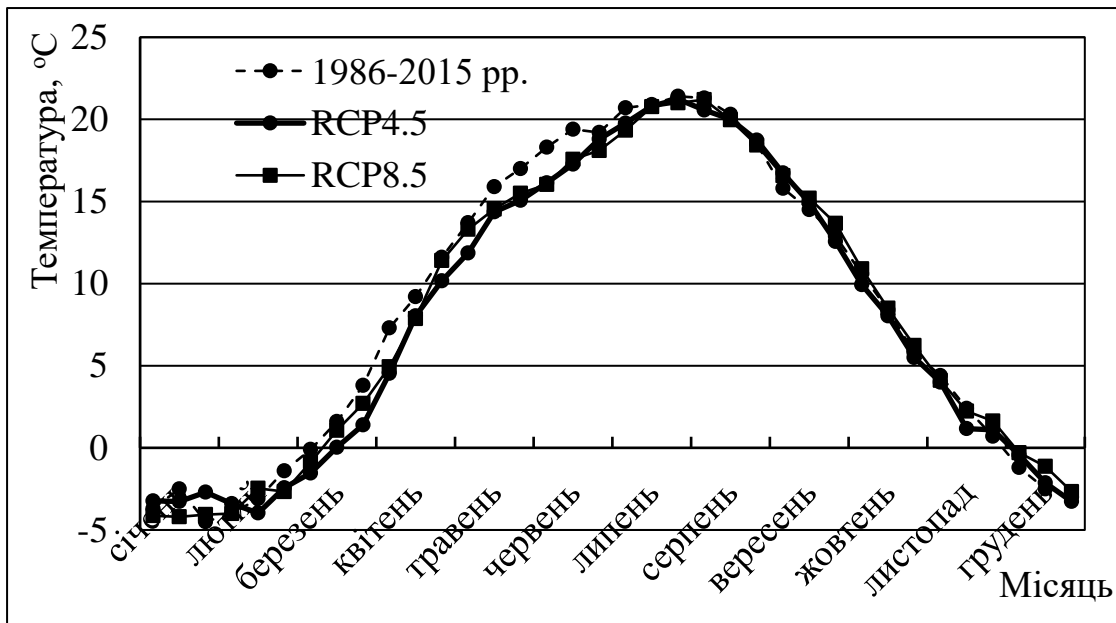


Рисунок 3.3 - Річний хід середньодекадних базових та сценарних температур повітря у Черкаській області

Як і у випадку Полтавської області, на графіку видно, що з першої декади березня і до кінця серпня значення середньодекадних температур за базовим варіантом перевищують сценарні, і ці перевищення у деяких випадках досить значні. Наприклад, у третій декаді березня і у першій декаді квітня температура за базовим варіантом дорівнює відповідно 3,8 та 7,3°C. Відповідні температури за першим сценарним варіантом дорівнюють 1,4 та 4,5°C, а за другим 2,7 та 4,9°C. Таким чином, різниця між базовими та сценарними температурами третьої декади березня становить 2,4 та 1,1°C, а між температурами першої декади квітня – 2,8 та 2,4°C. У першій декаді червня базова температура становить 18,3°C, а сценарні - порядку 16°C, тобто більш ніж на 2°C холодніше.

Така ж ситуація спостерігається і протягом другої половини року, але різниці між всіма досліджуваними варіантами дуже незначні і в цілому не перевищують 0,3-0,7°C. Тобто при порівнянні сценарних даних з “ новою ” кліматичною нормою враховуються сучасні кліматичні зміни, що вже відбулися на досліджуваній території.

Розглянемо, як зміняться показники температурного режиму Черкаської області за умов реалізації сценаріїв змін клімату родини RCP на період 2021-2050 рр. Результати порівняння цих характеристик надаються у таблиці 3.6.

За сучасних кліматичних умов зимовий період на Черкащині триває 89 днів – з 3 грудня (дата стійкого переходу температури повітря через 0 °C в бік від’ємних температур) до 2 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік потепління та починається весна. Розглянемо сценарні варіанти. Зима за обох сценаріїв наступатиме у ті ж строки, що у базовому варіанті – 2 грудня за першим сценарієм і 3 грудня за другим.

За умов реалізації обох сценаріїв перехід через 0°C навесні очікується набагато пізніше за базову дату – 15 березня для сценарію RCP4.5 і 11 березня для сценарію RCP8.5, тобто різниця становить 9-13 днів. Таким чином очікується вельми суттєве подовження зимового періоду (періоду з температурами менше нуля) за рахунок більш пізнього закінчення періоду з від’ємними температурами.

Таким чином зимовий період до 2050 р. за першим сценарієм триватиме 104 дні, а за другим – 96 днів, тобто подовжиться на 7-15 днів. Отже, безморозний період в Черкаській області триватиме 262-267 днів, в залежності від сценарію змін клімату, тоді як за теперішнього часу його тривалість становить 276 днів. Тобто різниця тривалості для першого сценарію становить 14 днів, а для другого – 9 днів.

Базовий вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °C і вище) триває 221 день, починається в області 27 березня

Таблиця 3.6 – Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10 та 15 °С та тривалість періодів з цими температурами (Черкаська область)

Варіант	Дати переходу температури повітря через								Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище			
	Навесні				Восени							
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10 °С	5 °С	0 °С	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
База	2.03	27.03	18.04	15.05	13.09	6.10	3.11	3.12	276	221	171	121
RCP4.5	15.03	7.04	25.04	25.05	14.09	5.10	28.10	2.12	262	204	163	112
Різниця	13	11	7	10	1	-1	-5	-1	-14	-17	-8	-9
RCP8.5	11.03	6.04	22.04	21.05	16.09	9.10	1.11	3.12	267	209	170	118
Різниця	9	10	4	6	3	3	-2	0	-9	-12	-1	-3

і закінчується 3 листопада. Перехід через 5°C навесні за першим і за другим сценарієм очікується майже одночасно - 6-7 квітня, що на 10-11 днів пізніше за базовий варіант. Осінній перехід температури за сценарієм RCP4.5 відбудеться на 5 днів раніше – 28 жовтня, а за сценарієм RCP8.5 на два дні пізніше за базову дату – 1 листопада. Таким чином тривалість вегетаційного періоду до 2050 р. за першим сценарієм скоротиться на 17 днів і становитиме 204 дні. За другим сценарієм вона також скоротиться, але дещо менше, на 12 днів і становитиме 209 дні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 171 день, починається 18 квітня і закінчується 6 жовтня. За умов реалізації першого сценарію слід очікувати скорочення його тривалості за рахунок більш пізніх дат переходу через 10°C навесні. За сценарієм RCP4.5 весняний перехід через 10°C відбуватиметься 25 квітня, що на тиждень пізніше за базову дату. Восени дата переходу через 10°C за цим сценарієм практично співпадає з базовою – 5 жовтня. Таким чином період активної вегетації за умов реалізації сценарію RCP4.5 до 2050 р. скоротиться порівняно з базовим на 8 днів і становитиме 163 дні.

Дещо інша ситуація спостерігається за умов реалізації другого сценарію. За сценарієм RCP8.5 дата весняного переходу через 10°C очікується на 4 дні пізніше у порівнянні з базовою – 22 квітня, а восени перехід відбуватиметься 9 жовтня, тобто на 3 дні пізніше. Тривалість періоду активної вегетації практично не зміниться і становитиме 170 днів, тобто лише на один день коротше за базову.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °C і вище), триває в Черкаській області 121 днів – з 15 травня до 13 вересня. Сценарні дати дещо відрізняються від базових, причому у бік більш пізнього настання. За сценарієм RCP4.5 весняний перехід відбуватиметься 25 травня, що на 10 днів пізніше, за сценарієм RCP8.5 - 21 травня, що на 6 днів пізніше. Осінній перехід через 15°C за обома сценаріями відбуватиметься практично у

ті ж терміни, що і базовий – 14 вересня за першим сценарієм та 16 вересня за другим. Таким чином за рахунок більш пізнього переходу через 15°C навесні літо на Черкащині скоротиться на 9 днів за першим сценарієм (тривалість становитиме 112 днів) і лише на 3 дні за другим сценарієм (тривалість становитиме 96 днів).

Суми температур вище різних порогів також зміняться в разі реалізації обох сценаріїв, їх значення представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики температурного режиму Черкаської області за різними сценаріями

Варіант	Сума активних температур вище				Температура повітря, °C		
	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	січень	липень	амплітуда
База	3423	3324	3083	2304	-3,6	21,0	24,6
RCP 4.5	3333	3064	2744	2090	-3,1	20,6	23,7
Різниця	-90	-260	-339	-214	0,5	-0,4	-0,9
RCP 8.5	3290	3145	2854	2174	-4,1	20,5	24,6
Різниця	-133	-179	-229	-130	-0,5	-0,5	0

Базова сума активних температур повітря вище 0 °C в Черкаській області становить 3423°C. За обома сценаріями слід очікувати зменшення цих сум, причому за першим сценарієм сума додатних температур зміниться менше і становитиме 3333°C, що на 90°C менше за базову. У випадку реалізації другого сценарію сума додатних температур за рік становитиме 3290°C, що на 133°C менше за базову.

Зменшення сценарних температур очікується і стосовно періоду вегетації основних сільськогосподарських культур, тобто з температурами вище 5°C. Базова сума активних температур повітря вище 5 °C становить 3324°C. За умов реалізації сценарію RCP4.5 сума температур за цей період суттєво зменшиться (на 260°C) і становитиме 3064°C. У випадку реалізації

сценарію RCP8.5 сума активних температур вище  $5^{\circ}\text{C}$  також зменшиться і становитиме  $3145^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $179^{\circ}\text{C}$  менше у порівнянні з базовою.

Сума активних температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  за сучасною кліматичною нормою становить  $3083^{\circ}\text{C}$ . За першим сценарієм змін клімату очікується суттєве зменшення сум температур, які становитимуть  $2744^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $339^{\circ}\text{C}$  менше за базове значення. За другим сценарієм також очікується зменшення сум температур, які становитимуть  $2854^{\circ}\text{C}$ , тобто будуть на  $229^{\circ}\text{C}$  менше за базові.

Сума активних температур повітря вище  $15^{\circ}\text{C}$ , тобто за літній період становить  $2304^{\circ}\text{C}$ . За умов реалізації сценаріїв також очікується їх зменшення. Так, за першим сценарієм вона досить суттєво зменшиться - до  $2090^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $214^{\circ}\text{C}$ . За другим сценарієм очікується менш значне зменшення суми – до  $2174^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $130^{\circ}\text{C}$ .

Середня базова температура січня становить  $-3,6^{\circ}\text{C}$ . За умов реалізації першого сценарію вона збільшиться на  $0,5^{\circ}\text{C}$  до  $-3,1^{\circ}\text{C}$ , за сценарієм RCP8.5 зменшиться, причому на ту ж величину і становитиме  $-4,1^{\circ}\text{C}$ .

Температура липня за базовим варіантом становить  $21,0^{\circ}\text{C}$ . За обома сценаріями вона зменшиться практично однаково – до  $20,6^{\circ}\text{C}$  (на  $0,6^{\circ}\text{C}$ ) за сценарієм RCP4.5 і до  $20,5^{\circ}\text{C}$  (на  $0,5^{\circ}\text{C}$ ) за сценарієм RCP8.5.

Амплітуда температур, тобто різниця між температурами січня і липня за базовим варіантом вона становить  $24,6^{\circ}\text{C}$ . За першим сценарієм очікується її зменшення до  $23,7^{\circ}\text{C}$ , за другим сценарієм амплітуда не зміниться.

Режим зволоження по Черкаській області та вплив на його показники змін клімату аналізували аналогічно до досліджень по Полтавській області. Результати визначення надаються у таблиці 3.8.

В цілому за рік на території Черкащини опадів випадає  $570\text{ мм}$ , в розрахунковий прогностичний період до 2050 рр. за двома сценаріями зміни клімату очікується зменшення кількості опадів: до  $517\text{ мм}$  за сценарієм RCP4.5 і до  $521\text{ мм}$  за сценарієм RCP8.5.

Взимку опадів за базовим варіантом опадів випадає 104 мм. Очікувана за двома сценаріями кількість опадів буде більше однакова (відповідно 127-122 мм) і перевищуватиме базову відповідно на 22-17%.

Таблиця 3.8 – Порівняльна характеристика режиму зволоження на території Черкаської області по сезонах року

Сезон	Базовий період		RCP4.5			RCP8.5		
	Сума опадів мм	ГТК	Сума опадів мм	% від базової	ГТК	Сума опадів мм	% від базової	ГТК
Зима	104		127	122		122	117	
Весна	129		132	102		143	111	
Літо	195	1,12	144	74	0,90	147	75	0,95
Осінь	136		114	84		109	80	
Рік	570		517	91		521	91	

Весняні опади становлять 129 мм, очікувані за сценаріями опади будуть дещо вище. Так, за сценарієм зміни клімату RCP4.5 сума опадів навесні очікується на 3 мм більше за базову. Це збільшення досить невелике і становить лише 2%. За сценарієм RCP8.5 очікується збільшення суми опадів на 14 мм. Весняні опади очікуються на рівні 143 мм, що становить 111 % від суми весняних опадів базового періоду.

В літній період за обома сценаріями очікуватиметься різке зменшення суми опадів майже на 25-26 % (144-147 мм за сценаріями проти 195 мм базових).

Осінні опади становлять 136 мм. Восени суми опадів, розраховані за обома сценаріями родини RCP становитимуть 84-80 % від базового значення - за першим сценарієм очікується 114 мм, за сценарієм RCP8.5 – 109 мм.

Також було визначено значення показника ГТК Селянінова за базовий та сценарні періоди активної вегетації. Можна бачити, що цей показник у базових умовах становить 1,12, що характеризує умови недостатнього

зволоження. А за умов реалізації обох сценаріїв ГТК зменшиться більш суттєво – до 0,90 за першим сценарієм і до 0,95 за другим, що свідчить про подальше погіршення умов зволоження та зростання посушливості досліджуваної території.

## 4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ

4.1 Дослідження впливу змін клімату на сільськогосподарські рослини із використанням динамічної агрокліматичної моделі

Вплив парникових газів вимірюється як співвідношення енергії (тепла), що поглинається атмосферою Землі, до енергії, відбитої назад у космос. Вчені називають цей баланс радіаційним впливом та вимірюють його у ватах на квадратний метр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). Зі збільшенням значень радіаційного впливу атмосфера стає тепліше, оскільки в атмосфері зберігається більше енергії.

У 1988 р. була створена Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), до якої входять і українські вчені, фахівці якої встановили безперечний факт потепління середнього глобального клімату.

Сьогодні фахівці-кліматологи складають прогнози клімату на майбутнє, використовуючи Моделі загальної циркуляції атмосфери, які варіюють кількість парникових газів. Оскільки неможливо дізнатися про точні майбутні концентрації парникових газів, вони проводять ці розрахунки з різними потенційними сценаріями викидів парникових газів. Ці сценарії називаються репрезентативними траєкторіями концентрацій (RCP) [8].

У 2014 році група експертів зі прийняла чотири стандартні сценарії з концентраціями парникових газів, які додають такі рівні радіаційного впливу: 2,6, 4,5, 6,0 та 8,5  $\text{Вт}/\text{м}^2$ . Ці сценарії дають діапазон від найкращого (RCP2.6) до найгіршого (RCP8.5) сценарію викиду парникових газів в атмосферу (рис. 4.1).

Сценарій - це послідовний і правдоподібний опис можливого майбутнього стан світу. Це не прогноз; швидше, кожен сценарій є одним із альтернативних образів як може розвиватися майбутнє. Проекція може

служити сировиною для сценарію, але сценарії часто вимагають додаткової інформації (наприклад, про базові умови).

Базова лінія (або посилення) - це будь-який базовий показник, щодо якого вимірюється зміна. Це може бути "поточною базовою лінією", і в цьому випадку вона представляє спостережувані сучасні умови. Це могло б також бути "майбутньою базовою лінією", яка є прогнозованим майбутнім набором умов, виключаючи рушійний фактор.

За даними МГЕЗК [31] “у теперішній час концентрації основного парникового газу – вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  - продовжують зростати. Також суттєво збільшуються концентрації інших парникових газів, таких як метан ( $\text{CH}_4$ ) та закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ )”. У доповіді також показано, що “викиди парникових газів в результаті людської діяльності спричиняють потепління близько  $1,1^\circ\text{C}$  у порівнянні з 1850-1900 роками. Також висновок фахівців МГЕЗК містить відомості, що у середньому за наступні 20 років очікується підвищення глобальної температури на  $1,5^\circ\text{C}$  чи більше”.

Глобальне потепління на  $1,5^\circ\text{C}$  призведе до посилення хвиль тепла, збільшення тривалості теплих сезонів та скорочення холодних сезонів. При глобальному потепленні на  $2^\circ\text{C}$  екстремальна спека досягатиме критичних порогів стійкості для сільського господарства та охорони здоров'я.

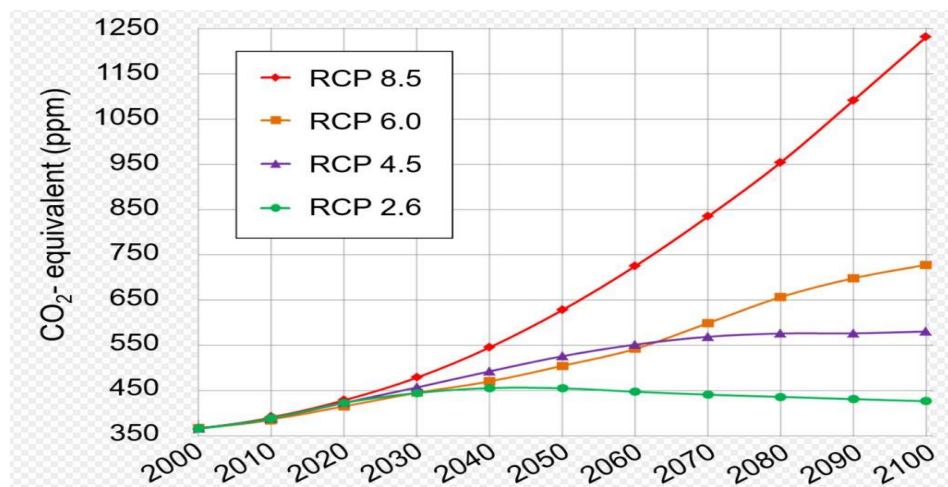


Рисунок 4.1 – Сценарії змін клімату родини RCP [8]

Згідно з авторами ґрунтовних досліджень [7, 8] “продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до очікуваних змін клімату, майбутніх агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур. Тому оцінка змін клімату та вироблення стратегій до їх адаптації є першочерговою задачею сучасного сільського господарства”.

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур заснована результатах моделювання формування урожаю рослин А.М. Польового [32].

Основним дослідженням при роботі з агрокліматичною моделлю визначення урожаїв різних агроекологічних категорій. Описання моделі та результати розрахунків стосовно кукурудзи та інших сільськогосподарських культур представлені в багатьох роботах [33-35]. Тут визначалися значення урожаїв за умов реалізації будь-якого сценарію зміни клімату. Аналогічні дослідження були проведені стосовно урожаїв кукурудзи різних категорій для території Полтавської та Черкаської областей.

Визначалися;

- потенційний урожай (ПУ), що визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації;

- метеорологічно - можливий урожай (ММУ), що являє собою потенційний урожай, обмежений впливом волого - температурного режиму;

- дійсно можливий урожай (ДМУ), що обмежується рівнем природної родючості ґрунту;

- господарський урожай ( $Y_{\text{госп}}$ ), що обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив.

#### 4.2 Вплив змін клімату на урожайність кукурудзи в Полтавській області

У таблиці 4.1 представлені основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду кукурудзи для Полтавської області. Дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність кукурудзи проводилися шляхом порівняння показників за базових умов (період 1986-2015 рр.) та сценарного варіанту (на прикладі сценарію RCP4.5 до 2050 р.).

У якості основних агрокліматичних характеристик температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду кукурудзи були розглянуті:

- суми активних температур повітря за період вегетації.
- суми опадів за вегетаційний період в абсолютних та відносних величинах;
- сумарне випаровування та випаровуваність за вегетаційний період;
- вологозабезпеченість за період вегетації.

Таблиця 4.1 - Агрокліматичні умови вирощування кукурудзи за базовими даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 (Полтавська область)

Період	Сума активних температур, °С	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
		мм	% від клім. норми			
Базові дані						
Базовий	2483	271	100	328	542	61
Сценарій RCP4.5						
до 2050	2508	206	76	263	473	56
Різниця	25	-65	-24	-65	-69	-5

Аналіз даних таблиці 4.1 дозволяє зробити висновок, що на території Полтавської області сценарні суми температур за вегетаційний період кукурудзи будуть дещо більшими, ніж базові. Так, сума температур за базових

умов становить  $2483^{\circ}\text{C}$ . За умов реалізації сценарію RCP4.5 очікується її значення на  $25^{\circ}\text{C}$  більше:  $2508^{\circ}\text{C}$ . У цілому можна сказати, що умови теплозабезпеченості вегетаційного періоду кукурудзи у період до 2050 р. на території Полтавської області зміняться несуттєво і посіви цієї культури будуть забезпечені теплом повністю.

Значних змін за умов реалізації сценарію RCP4.5 зазнають умови вологозабезпечення посівів. З таблиці 4.1 видно, що кількість опадів за вегетаційний період на території дослідження суттєво зменшиться.

На території Полтавської області базова сума опадів за вегетаційний період становить 271 мм. За умов реалізації сценарію RCP4.5 сценарна сума опадів зміниться більш суттєво – до 206 мм або на 24%.

Зменшення сценарної кількості опадів за вегетаційний період призведе до зменшення сумарного випаровування в порівнянні з базовим по території дослідження. У Полтавській області базове значення становить 328 мм. Сумарне випаровування зменшиться за умов реалізації сценарію RCP4.5 до 263 мм. Різниця з базовими умовами становить 65 мм. Також за умов реалізації сценарію RCP4.5 дещо зміниться і величина випаровуваності. Для Полтавської області базове значення становить 542 мм. Випаровуваність за “м’яким” сценарієм зменшиться до 473 мм, різниця у цьому випадку становить 69 мм

Основним показником, що характеризує умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності. Умови зволоження вегетаційного періоду кукурудзи в Полтавській області за умов реалізації сценарію RCP4.5 до 2050 р. погіршаться. Про це свідчать значення вологозабезпеченості в межах 52 %, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 61 %.

Таким чином, можна зробити висновок, що за сценарієм RCP4.5 у період до 2050 р. на досліджуваній території не очікується значних змін температури

повітря, то ж і теплозабезпечення вегетаційного періоду кукурудзи найімовірніше суттєво не зміниться.

Але у зв'язку із суттєвим зменшенням кількості опадів вегетаційного періоду, яке прогнозується за сценарієм, ймовірно погіршення вологозабезпечення посівів кукурудзи по території Полтавської області України.

Як вже відзначалося, величину потенційного урожаю будь-якої сільськогосподарської культури визначає сонячна радіація, зокрема та частина сонячного спектру, що рослини використовують в процесі фотосинтезу, тобто фотосинтетично активна радіація ФАР. На рис. 4.1 представлена динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи та сум ФАР за базових умов і за умов реалізації сценарію RCP4.5 у Полтавській області.

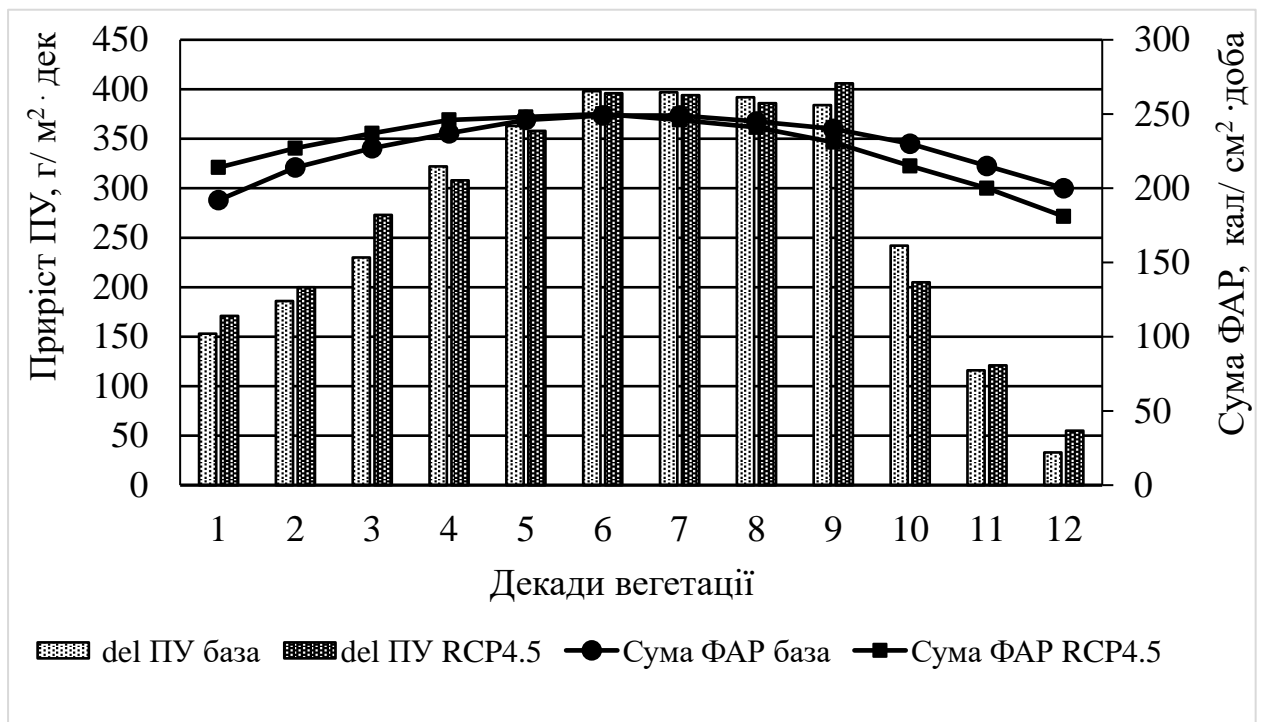


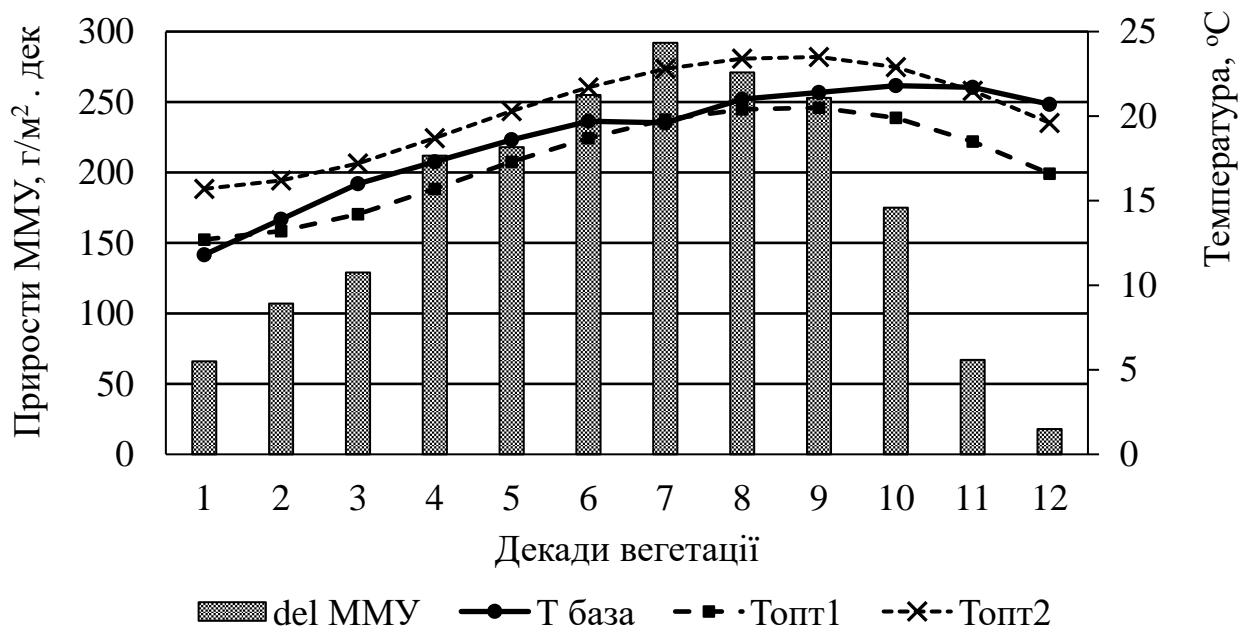
Рисунок 4.1 – Динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи та сум ФАР в Полтавській області за базових умов і за сценарієм RCP4.5

На початку вегетації за базових умов рівень сум ФАР становить 171 кал/см<sup>2</sup>·доба. За умов реалізації сценарію RCP4.5 ця сума буде дещо

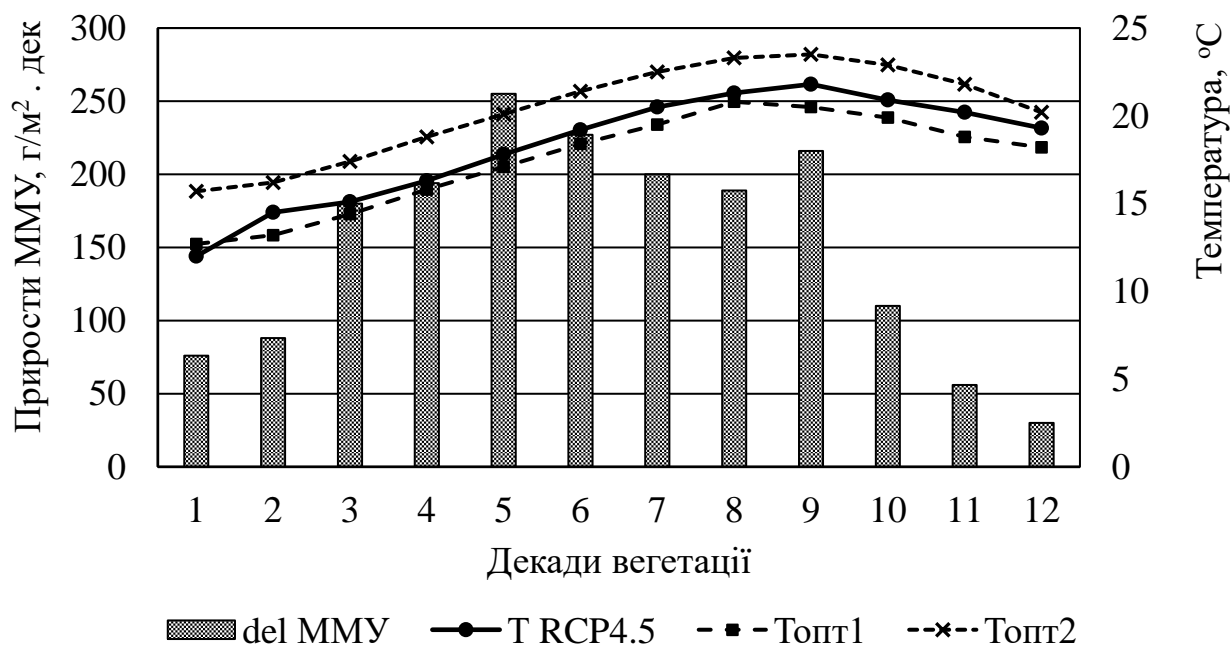
більшою і становитиме 214 кал/см<sup>2</sup>·доба. Можна бачити, що до п'ятої декади вегетації суми поступово зростають, причому їх сценарні значення дещо перевищують базові. У п'яту декаду базові і сценарні значення стають однаковими, дорівнюють 246-248 кал/см<sup>2</sup>·доба і так триває наступні три декади, причому максимальних значень суми ФАР досягають в період формування 9 листка (6-7 декада), складаючи величину 249-250 кал/ см<sup>2</sup>·доба. Після цього до кінця вегетаційного періоду (до досягання повної стиглості) кукурудзи спостерігається поступове зниження величин сум ФАР, причому у другу половину вегетації вже базові суми дещо перевищують сценарні. Наприкінці вегетації базові суми ФАР становлять 200 кал/ см<sup>2</sup>·доба, а сценарні – 181 кал/см<sup>2</sup>·доба.

За базових умов приріст ПУ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 4.1, становить 153 г/м<sup>2</sup> дек., за сценарних умов цей приріст трохи більше – 171 г/м<sup>2</sup> дек., що пояснюється більшим значенням сум ФАР. У наступні декади відзначається поступове збільшення приростів за обома варіантами і максимального значення (398-396 г/м<sup>2</sup> · дек) прирости досягають в період формування 9 листка (6 декада). Після 7 декади величини приростів ПУ починають знижуватись і до кінця вегетації за базовим варіантом він становить 33 г/м<sup>2</sup> · дек, а за сценарним дещо вище - 55 г/ м<sup>2</sup> · дек.

Величини і прирости метеорологічно можливих урожаїв визначають термічний та вологісний режими вирощування культури. Як вже говорилося, вологозабезпеченість вегетаційного періоду кукурудзи за сценарієм RCP4.5 погіршиться. Проаналізуємо, як зміниться температурний режим, а також як це вплине на прирости ММУ. Температурний режим в період вегетації за базових і сценарних умов представлений на рис. 4.2. Можна бачити, що для обох варіантів він був близький до оптимальних температур для фотосинтезу. Лише на початку вегетації температури були дещо нижче нижньої межі оптимуму.



а



б

Рисунок 4.2 - Динаміка характеристик термічного режиму та приростів ММУ кукурудзи в Полтавській області за базових умов і за сценарієм RCP4.5  
Топт1 і Топт2 – нижня та верхня оптимальна межа температури для фотосинтезу;  
Т – температура

У базовому варіанті температури до шостої декади знаходяться в межах оптимуму, лише в період 7-8 декад базові температури перетинають нижню межу оптимуму. Наприкінці вегетаційного періоду базові температури навпаки перетинають верхню межу оптимуму і остання декада вегетації проходить за температури дещо вище оптимальної. Температури протягом всього сценарного періоду попадають в межі оптимальних.

Максимальне значення верхньої межі температурного режиму становить 23,4-23,5°C для обох варіантів і спостерігається протягом 8-9 декад вегетації. Мінімальне значення верхньої межі - 15,7°C спостерігається на початку вегетації, у період сходів та утворення 3 листа. Протягом усього вегетаційного періоду спостерігалось поступове збільшення верхньої межі температурного режиму з 1 до 8-9 декад, а далі поступове зменшення до кінця вегетації до 19,6°C у базовий період і до 20,2°C у сценарний.

Протягом вегетаційного періоду спостерігалось поступове збільшення нижньої межі температурного режиму з 1 декади – 12,7°C до 8 декади – 20,4°C для базового періоду і 20,8°C для сценарного, а далі поступове зменшення до кінця вегетації - до 16,6°C у базовий період та до 18,2°C у сценарний..

Протягом вегетації прирости ММУ за обома варіантами проходили по-різному. Так, на початку вегетації, на дату сходів за базових умов приріст ММУ становив 66 г/м<sup>2</sup> за декаду. До шостої декади відбувалося плавне збільшення приростів і максимального значення вони досягли у сьому декади, діставшись відмітки 292 г/м<sup>2</sup> за декаду. Потім прирости ММУ до кінця вегетації зменшувалися і наприкінці становили лише 18 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Накопичення ММУ по декадах в сценарному варіанті відбувалося не так рівномірно. Так, максимального приросту він досяг у п'яту декаду – 225 г/м<sup>2</sup> за декаду, потім відбувалося зменшення приростів, на 8 декаду до 189 г/м<sup>2</sup> за декаду, протягом 9 декади відбувся ще один максимум приростів – до 216 г/м<sup>2</sup> за декаду. Після цього до кінця вегетації відбувалося зменшення приростів ММУ і наприкінці періоду вони становили 30 г/м<sup>2</sup> за декаду.

#### 4.3 Вплив змін клімату на урожайність кукурудзи в Черкаській області

У таблиці 4.2 представлені основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду кукурудзи для Черкаської області. Дослідження проводилися за аналогічним алгоритмом, який було застосовано для досліджень на території Полтавської області. Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність кукурудзи проводилися шляхом порівняння показників за базових умов (період 1986-2015 рр.) та сценарного варіанту (на прикладі сценарію RCP8.5 до 2050 р.).

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування кукурудзи за базовими даними та за сценарієм зміни клімату RCP8.5 (Черкаська область)

Період	Сума активних температур, °С	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
		мм	% від клім. норми			
Базові дані						
Базовий	2424	272	100	350	503	70
Сценарій RCP8.5						
до 2050	2400	236	87	314	461	68
Різниця	-24	-36	-13	-36	-42	-2

Аналіз даних таблиці 4.2 дозволяє зробити висновок, що на території Черкаської області сценарні суми температур за вегетаційний період кукурудзи будуть дещо меншими, ніж базові. Так, сума температур за базових умов становить 2424°С. За умов реалізації сценарію RCP8.5 очікується її значення на 24°С менше: 2400°С. У цілому можна сказати, що умови теплозабезпеченості вегетаційного періоду кукурудзи у період до 2050 р. на території Черкаської області за сценарієм RCP8.5, що вважається “жорстким” зміняться несуттєво і посіви цієї культури будуть забезпечені теплом повністю.

Як і у попередньому випадку, значних змін за умов реалізації сценарію змін клімату зазнають умови вологозабезпечення посівів. З таблиці 4.2 видно, що кількість опадів за вегетаційний період на території дослідження суттєво зменшиться.

На території Черкаської області базова сума опадів за вегетаційний період становить 272 мм. За умов реалізації сценарію RCP8.5 сценарна сума опадів зміниться досить суттєво – до 236 мм або на 13%.

Зменшення сценарної кількості опадів за вегетаційний період призведе до зменшення сумарного випаровування в порівнянні з базовим по території дослідження. В Черкаській області базове значення становить 350 мм. Сумарне випаровування зменшиться за умов реалізації сценарію RCP8.5 до 461 мм. Різниця з базовими умовами становить 42 мм. Також за умов реалізації сценарію RCP8.5 дещо зміниться і величина випаровуваності. Для Черкаської області базове значення становить 503 мм. Випаровуваність за “жорстким” сценарієм зменшиться до 461 мм, різниця у цьому випадку становить 42 мм

Основним показником, що характеризує умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності. Умови зволоження вегетаційного періоду кукурудзи в Черкаській області за умов реалізації сценарію RCP8.5 до 2050 року незначно погіршаться. Про це свідчать значення вологозабезпеченості в межах 68 %, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 70 %.

Таким чином, можна зробити висновок, що за сценарієм RCP8.5 у період до 2050 р. на досліджуваній території не очікується значних змін температури повітря, то ж і теплозабезпечення вегетаційного періоду кукурудзи найімовірніше суттєво не зміниться.

Але у зв'язку із досить суттєвим зменшенням кількості опадів вегетаційного періоду, яке прогнозується за сценарієм, ймовірно погіршення

вологозабезпечення посівів кукурудзи по території Черкаської області України.

Також нами було проаналізовано динаміку урожаїв різних агроекологічних категорій та їх приростів, так же, як і для Полтавської області.

На рис. 4.3 представлена динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи за базових умов і за умов реалізації сценарію RCP8.5 у Черкаській області.

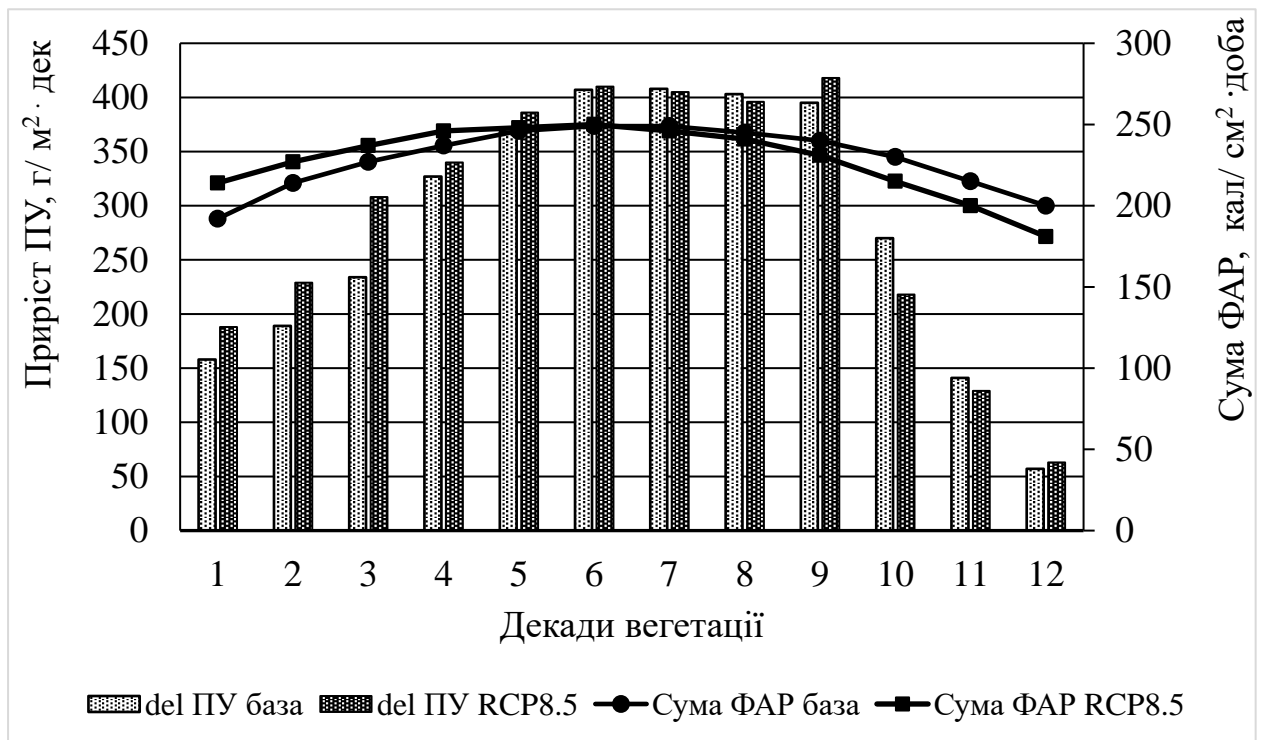


Рисунок 4.3 – Динаміка декадних приростів ПУ кукурудзи та сум ФАР в Черкаській області за базових умов і за сценарієм RCP8.5

Аналогічно ситуації в Полтавській області у Черкаській за базових і за сценарних умов прирости збільшуються до 6-7 декади вегетації. Це співпадає з періодом активного листоутворення. Максимум приростів становить для базового і сценарного варіантів відповідно 407 та 410 г/м<sup>2</sup> дек. З шостої по дев'яту декаду прирости майже не змінюються, і лише після 9 декади відбувається поступове зменшення приростів за обома досліджуваними

варіантами. До кінця вегетації за базовим варіантом він становить  $57 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$ , а за сценарним дещо вище -  $63 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$ .

На рис.4.4 представлено динаміку накопичення приростів урожаїв усіх агроекологічних категорій за базовим варіантом і за варіантом реалізації сценарію RCP8.5.

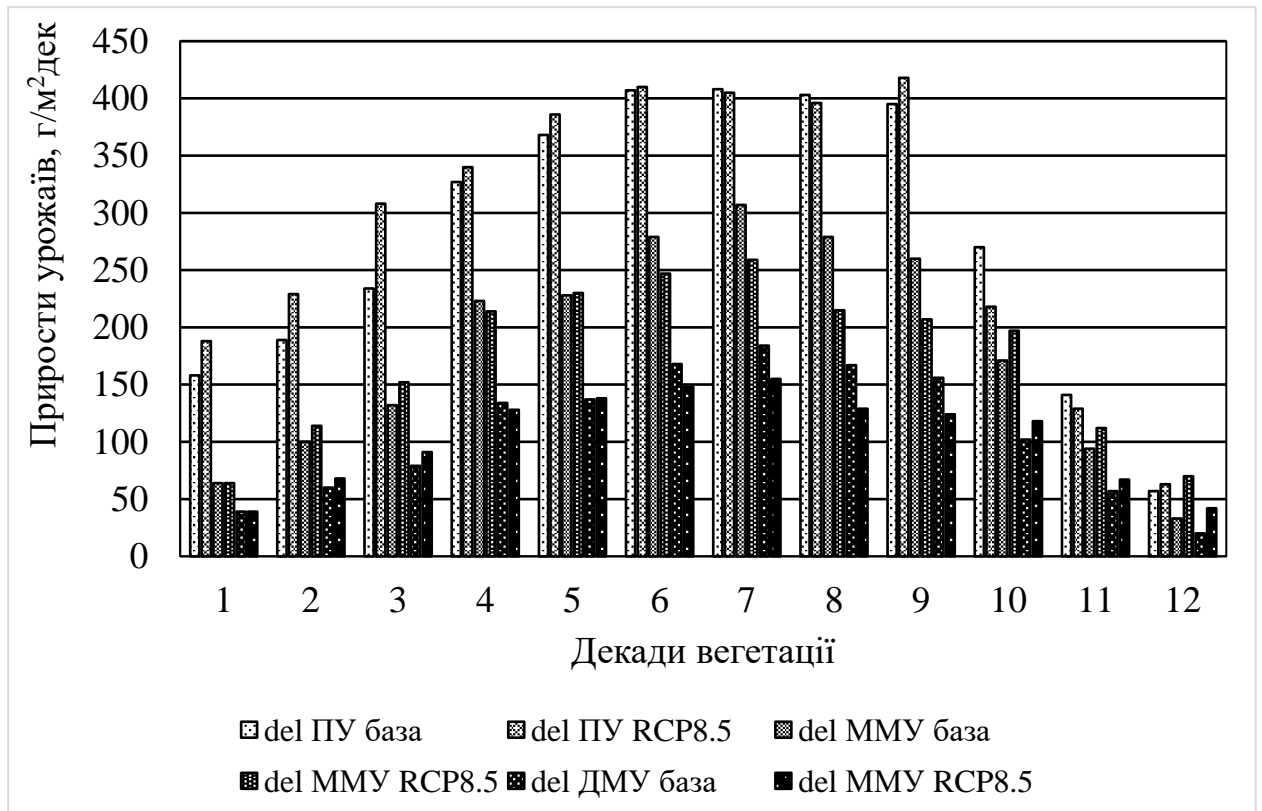


Рисунок 4.4 – Динаміка приростів урожаїв всіх агроекологічних категорій в Черкаській області за базових умов і за сценарієм RCP8.5

Можна бачити, що для всіх досліджуваних варіантів є загальна закономірність. Найбільші за величиною прирости мають потенційні урожаї кукурудзи, причому базовий і сценарний варіанти відрізняються між собою досить несуттєво. Це можна пояснити тим, що суми ФАР за сценаріями змінюються також дуже несуттєво.

Величини приростів ММУ менші за прирости ПУ, але їх найбільші значення також відмічаються у 6-8 декаду і для базового варіанта досягають

307 г/м<sup>2</sup> дек, тоді як сценарні - лише 259 г/м<sup>2</sup> дек. Це можна пояснити тим, що за сценарним варіантом дещо зменшиться величина вологозабезпеченості, яка разом із функцією температури визначає величини ММУ.

Найменшими за величиною є прирости ДМУ, які змінюються паралельно величинам приростів ММУ, враховуючи вплив на останні балу ґрунтового бонітету. Прирости всіх урожаїв кукурудзи поступово зростають до 6-8 декад вегетації, що співпадають з періодом активного листоутворення, а потім також поступово зменшуються до кінця вегетації.

#### 4.4 Оцінка продуктивності агрокліматичних ресурсів областей Центральної України для вирощування кукурудзи

Оцінка продуктивності агрокліматичних ресурсів зроблена на основі виконаних нами розрахунків.

Максимальні прирости на рівні потенційної урожайності, метеорологічно можливого урожаю, дійсно можливого урожаю, урожаю у виробництві кукурудзи по областях Центральної України представлені в табл. 4.3.

Максимальні прирости врожаю на рівні ПУ в Полтавській області коливаються в межах від 398 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (базовий варіант) до 406 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (за сценарієм RCP4.5). Для Черкаської області ці прирости становлять 408 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (базовий) та 418 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (за сценарієм RCP8.5)

Максимальні прирости врожаю на рівні ММУ в досліджених областях коливаються в межах 215 – 307 г/м<sup>2</sup>.

В межах максимальних приростів урожаю на рівні ДМУ в Полтавській області спостерігаються такі величини: від 175 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (базовий варіант) до 129 г/м<sup>2</sup> за вегетаційний період (за сценарієм RCP4.5). Для

Таблиця 4.3 - Узагальнені характеристики фотосинтетичної продуктивності кукурудзи в умовах зміни клімату

Загальні показники за вегетаційний період	Полтавська		Черкаська	
	Базовий	Сценарний	Базовий	Сценарний
Максимальні прирости врожаю на рівні, ПУ, г/м <sup>2</sup>	398	406	408	418
Максимальні прирости врожаю на рівні, ММУ, г/м <sup>2</sup>	292	215	307	259
Максимальні прирости врожаю на рівні, ДМУ, г/м <sup>2</sup>	175	129	184	155
Кгосп , відн.од	0,46	0,46	0,46	0,46
ПУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	3217	3271	3354	3648
ММУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	2035	1819	2170	2120
ДМУ всієї сухої біомаси, г/м <sup>2</sup>	1221	1091	1302	1272
Урожай зерна при стандартній вологості у виробництві, ц/га	70	62	74	72

Черкаської області ці прирости становлять  $184 \text{ г/м}^2$  за вегетаційний період (базовий) та  $155 \text{ г/м}^2$  за вегетаційний період (за сценарієм RCP8.5).

Важливим показником продуктивності фітоценозів являється коефіцієнт господарської ефективності врожаю  $K_{\text{госп}}$ , який показує відношення кількості сухої фітомаси господарської частини урожаю кукурудзи на досліджуваній території до загальної сухої маси посіву.

Аналізуючи показник  $K_{\text{госп}}$ , видно, що по усім областям та варіантам дослідження та для усіх рівнів урожайності ця величина має однакове значення і складає для кукурудзи – 0,46 відн. од.

ПУ для всієї сухої біомаси коливається в межах від 3217 та 3271  $\text{г/м}^2$  (відповідно базова і сценарна величини в Полтавській області) до 3354 та 3648  $\text{г/м}^2$  (відповідно базова і сценарна величини в Черкаській області пункт).

ММУ кукурудзи в областях Центральної України коливається від 1819  $\text{г/м}^2$  (Полтавська, сценарій RCP4.5) до 2170  $\text{г/м}^2$  (Черкаська, базовий варіант). Величина дійсно можливого урожаю для всієї сухої біомаси становить для Полтавської області 1221 та 1091  $\text{г/м}^2$  (базовий і сценарний варіанти), і для Черкаської відповідно 1302 та 1272  $\text{г/м}^2$ .

Урожай у виробництві кукурудзи на території Полтавської області на сьогоднішній день становить 70 ц/га, за умов реалізації “м’якого” сценарію до 2050 р. він становитиме 62 ц/га. Виробничий урожай кукурудзи в Черкаській області наразі становить 74 ц/га, за умов реалізації “жорсткого” сценарію очікується незначне зниження урожаю – до 72 ц/га.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз динаміки середньообласних урожаїв кукурудзи на території Полтавської і Черкаської областей за період з 1975 по 2024 рр., виконаний за допомогою традиційного в агрометеорології методу гармонійних ваг, показав, що на сьогоднішній день господарські урожаї кукурудзи досить великі – 70 ц/га для Полтавської і 73 ц/га для Черкаської області. Це свідчить про дуже суттєве зростання рівня культури землеробства при вирощуванні кукурудзи. Але так було не завжди і протягом 90-х років минулого століття спостерігалось вельми суттєве падіння культури землеробства, що спричинило зменшення трендової компоненти і загальних урожаїв у цей період.

Середня за всі 50 років урожайність становить для Полтавської області 43 ц/га, тенденція урожайності, яку ми визначили за методом гармонійних ваг, додатна і становить 1,1 ц/га.

Середня за всі 50 років урожайність в Черкаській області становить 49,8 ц/га, тенденція урожайності, яку ми визначили за методом гармонійних ваг, додатна і становить 0,8 ц/га.

2. Динаміка відхилень урожайності від тренду свідчить, що за 50 досліджуваних років приблизно половина були з несприятливими для вирощування кукурудзи погодними умовами. Друга половина відзначалася умовами сприятливими. В залежності від цього за рахунок погодних умов можна було отримати або приріст до трендової компоненти, або навпаки її зменшення за рахунок несприятливих умов. Найбільш несприятливим для вирощування кукурудзи за всі досліджені 50 років у Черкаській області був 2020 р., коли від'ємне відхилення від тренду становило 37 ц/га. Найбільш сприятливим був 2011 рік, коли додатне відхилення від тренду становило 24 ц/га. У Полтавській області найбільш несприятливим для вирощування кукурудзи за всі досліджені 50 років був 2017 р., коли від'ємне відхилення від

тренду становило 18 ц/га. Найбільш сприятливим був також 2011 рік, коли додатне відхилення від тренду становило 20 ц/га.

3. Ймовірнісний аналіз урожайності показав, що Полтавській області високі урожаї зерна порядку 28 ц/га можна зібрати в семи роках з десяти (з ймовірністю 70 %), а в Черкаській області урожаї порядку 38 ц/га можна зібрати в семи роках з десяти (з ймовірністю 70 %).

4. Аналіз теплового та вологісного режиму, що очікується до 2050 р. на території досліджуваних областей за “м’яким” (RCP4.5) та “жорстким” (RCP8.5) сценаріями показав, що термічний режим досліджуваних областей зміниться не дуже суттєво. Але очікуються дуже суттєві зміни вологісного режиму – зменшення кількості опадів і зростання посушливості території.

В цілому за рік на території Черкащини опадів випадає 570 мм, в розрахунковий прогностичний період до 2050 рр. за двома сценаріями зміни клімату очікується зменшення кількості опадів: до 517 мм за сценарієм RCP4.5 і до 521 мм за сценарієм RCP8.5. В цілому за рік на території Полтавщини опадів випадає 570 мм, в розрахунковий прогностичний період до 2050 рр. за двома сценаріями зміни клімату очікується зменшення кількості опадів: до 518 мм за сценарієм RCP4.5 і до 526 мм за сценарієм RCP8.5.

5. Для ґрунтово - кліматичних умов досліджуваних областей адаптована і модифікована модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування врожаю сільськогосподарських культур відповідно до умов вегетаційного періоду кукурудзи: визначені параметри моделі і функції впливу агрокліматичних умов на продуктивність кукурудзи; визначено вплив змін клімату на агрокліматичні умови та динаміку формування приростів різних рівнів агроекологічної врожайності.

6. Оцінено щодакдадна динаміка показників приростів агроекологічних категорій врожайності за умов реалізації сценарію RCP4.5 для Полтавської області у порівнянні з базовим періодом 1986-2015 рр. та за умов реалізації сценарію RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом 1986-2015 рр. для Черкаської області.

Встановлено відмінності в оптимальних значеннях сум ФАР, температури повітря і характеристик зволоження для різних сценаріїв

7. Виконано оцінку агроекологічних категорій врожайності всієї сухої маси і врожаю зерна кукурудзи. Так, в Полтавській області базовий потенційний урожай сухої маси кукурудзи становить  $3217 \text{ г/м}^2$ , а сценарний -  $3271 \text{ г/м}^2$ ; метеорологічно можливий урожай відповідно  $2035$  та  $1819 \text{ г/м}^2$ ; дійсно можливий урожай –  $1221$  та  $1091 \text{ г/м}^2$ . У зв'язку з тим, що посушливість вегетаційного періоду кукурудзи за сценарними умовами зросте, то урожай зерна кукурудзи до 2050 р. дещо зменшиться і становитиме  $62 \text{ ц/га}$  проти базових  $70 \text{ ц/га}$ . Аналогічна ситуація спостерігається і для Черкаської області.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рожков А.О., Огурцов Є.М. Рослинництво: навч. посібник. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
2. Рослинництво: підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
3. Мойсієнко В.В. Пріоритетність та шляхи підвищення продуктивності зернової та силосної кукурудзи. Вісник ЖНАЕУ. Серія Рослинництво, селекція та насінництво. 2015. 1(47). Т.1. С.190-203.
4. Селекція та насінництво польових культур: підручник / М. Я. Молоцький, С.П. Васильківський, В.І. Князюк. Київ: Вища школа, 1994. 454 с.
5. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнєв С. В., Гайдай О. І. Десять кроків України для відмови від російського природного газу. Аналітична записка УАВІО. 2022. № 28. 47 с.
6. М. Б. Грабовський, К. В. Павліченко, Л. А. Козак, Л. М. Качан Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрих. Зернові культури. 2022. Том 6. № 1. С. 100–107 <https://doi.org/10.31867/2104523-4544/0212>
7. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіку України: [монографія] /за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового Одеса: Екологія, 2011. 696 с.
8. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: [монографія] /за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.
9. Заєць С.О., Вольвач О.В., Юзюк С.М. Агрокліматична оцінка впливу змін клімату на теплові ресурси території Північно-західного Причорномор'я. Climate-smart agriculture: science and practice: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. Pp. 18-36.

10. Адаменко Т.І., Кульбіда М.І., Прокопенко А.Л. Агрокліматичний довідник по території України. За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. Житомир: «Полісся», 2019. 82 с.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2023 році. Полтава, 2024. 163 с. Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/10lcdbk2ap5WnDoqdDrMhRhhpBEFpCBvB/view>
13. Агрокліматичний довідник по Полтавській області (1986–2005 рр.). За редакцією Адаменко Т.І. та Прокопенко А.Л. Прокопенко. Полтава, 2010. 120 с.
14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2022 році. Черкаси, 2023. 226 с. Режим доступу: <https://drive.google.com/drive/folders/1S-5ohyDONkyVIyWMWYNmZMzZ7atbBTMH>
15. Агрокліматичний довідник по Черкаській області (1986–2005 рр.). За редакцією Адаменко Т.І. та Прокопенко А.Л. Прокопенко. Черкаси, 2010. 127 с.
16. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ “Українські технології”, 2006. 730 с.
17. Козубенко Л. В, Чупіков М.М. Селекція гібридів кукурудзи різних груп стиглості в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр’єва. Селекція і насінництво. 2007. №94. С. 3-10.
18. Сатановська І.П. Тривалість вегетаційного періоду різностиглих гібридів кукурудзи залежно від біологічних препаратів та погодних умов. Агропромислове виробництво Полісся. 2013. Вип. 6. С. 148-152.
19. Христенко М.І. Кукурудза: монографія. Київ: Голов. спеціаліз. ред. літ. мовами нац. меншин України, 2000. 302 с.

20. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк», 2020. 352 с.

21. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2010 року. Бюлетень Статуправління України. Київ, 2010. 53 с.

22. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2013 року. Бюлетень Статуправління України. Київ, 2013. 53 с.

23. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Ситов В. М., Ярмольська О. Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Одеса: ТЕС, 2001. 400 с.

24. Я.С. Цимбал, П.І. Бойко, І.В. Мартинюк, М.М. Пташнік Продуктивність короткоротаційних сівозмін в зоні Лісостепу за різних рівнів інтенсифікації. Вісник аграрної науки. 2022. Вип. 4 (829). С. 23- 229.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-03>

25. Камінський В.Ф., Бойко П.І. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. Вісник аграрної науки. 2013. № 6. С. 5 – 9.

26. Sulfiana, Andi Tenri Fitriyah, Baharuddin The influence of modern agricultural technology on the productivity of local food crops. International Journal of Social and Education. 2024. Vol. 1. No. 3 Pp. 621-631.

27. Ahmed Abd-El-Ghany Ali (2021). Seed Technology and Improvement Productivity of Field Crops. In: Awaad, H., Abu-hashim, M., Negm, A. (eds) Mitigating Environmental Stresses for Agricultural Sustainability in Egypt. 2021. Pp. 409–436. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64323-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64323-2_15)

28. Gebru A., Mesganaw M. Improving faba bean production and productivity through the integrated management of *Orobanche Crenatae* at Kutaber, Amhara Region, Ethiopia. Journal Agricultural Science and Food Technology. 2021. Vol. 7(1). Pp. 114-117. DOI: <https://dx.doi.org/10.17352/2455-815X.000097>

29. A. Akbar, K. Khairunnisa, C.S. Meutiasari, M.T. Sari, S.R. Mahyuni The Influence of Biosaka as an Elisitor to Increase Productivity of Food Crops

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) as Eco-Friendly Agricultural Innovation. *Jurnal Biologi Tropis*, 2024. Vol. 24(1). Pp. 821–826. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1.6180>

30. Петрик О.М., Вольвач О.В. Вплив сучасних та майбутніх кліматичних змін на тепловий режим території Полтавської області. Збірник матеріалів Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених «Наукові основи реалізації принципів кліматично орієнтованого сільського господарства в агросфері України», з нагоди Дня науки в Україні. (Одеса, 17 травня 2024). С. 170-172.

31. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Pp. 3–32.

32. Польовий А.М. Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2004. Вип. 48. С. 195-205.

33. Польовий А.М., Костюкевич Т.К., Толмачова А.В., Барсукова О.А. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. №1(109). С. 29-34. [doi: 10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-4)

34. Вольвач О.В., Жигайло О.Л., Колосовська В.В., Ярмолінський О.Ю. Агрокліматична оцінка перспектив вирощування світчграсу (*Panicum virgatum*) в лісостепових областях за умов зміни клімату. *Екологічні науки*. 2022. Вип. 3(42). С. 123-130.

35. Польовий А. М., Заєць С. О., Вольвач О. В., Барсукова О. А. Вплив змін клімату на агрометеорологічні умови формування врожаїв жита озимого в Поліссі / Збалансований розвиток екосистем: сучасний стан і перспективи: колективна монографія. Полтава, 2024. Розділ у монографії. С. 244-255.