

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Оцінка впливу кліматичних змін на формування
врожайності кукурудзи на Поділлі

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-19 з/ф
Спеціальність 101 «Екологія»,
(шифр і назва)

Освітня програма «Агроекологія»
(назва)

Фірсова Юлія Віталіївна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.,
Костюкевич Тетяна Костянтинівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Ільїна Валентина Григорівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра агрометеорології та агроекології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма Агроекологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 26 » жовтня 2020 року

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

Фірсовій Юлії Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка впливу кліматичних змін на формування врожайності кукурудзи на Поділлі
керівник роботи Костюкевич Тетяна Костянтинівна, к.геогр.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 16 » жовтня 2020 року № 194 «С»
2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: 1.Агрокліматичні дані по Вінницькій області за 1991-2010 рр.. 2. Програма моделі формування продуктивності сільськогосподарських культур; 3.Дані державної статистичної служби України
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Описати народногосподарське значення та сучасний стан виробництва кукурудзи; 2. Описати особливості росту, розвитку та органогенезу кукурудзи, її сучасні сорти та гібриди, що вирощуються в Україні; 3. Описати сучасний стан досліджень кліматичних проєкцій майбутнього; 4. Оцінити агрокліматичні умови вирощування та продуктивність посівів кукурудзи в умовах зміни клімату; 5.Оцінити динаміку фактичної врожайності зерна кукурудзи.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1.Графік динаміки виробництва кукурудзи в Україні; 2. Графік агрокліматичних умов періоду вегетації кукурудзи; 3. Графіки динаміки площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу, інтенсивності фотосинтезу, загальної сухої біомаси цілої рослини; 4. Графіки динаміки та відхилень врожайності кукурудзи в Вінницькій області впродовж вегетаційного періоду.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою магістерської кваліфікаційної роботи.	26.10.2020 р. - 05.11.2020 р.	94,0	5 <i>(відмінно)</i>
2	Проведення чисельних розрахунків на ПОЕМ. Оформлення текстової частини першого та другого розділів магістерської кваліфікаційної роботи.	06.11.2020 р. - 15.11.2020 р.	92,0	5 <i>(відмінно)</i>
	<i>Рубіжна атестація</i>	<i>16.11.2020 р. 21.11.2020 р.</i>	<i>93,0</i>	<i>5 (відмінно)</i>
3	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків.	22.11.2020 р. - 26.11.2020 р.	92,0	5 <i>(відмінно)</i>
4	Оформлення текстової частини третього та четвертого розділів магістерської кваліфікаційної роботи.	27.11.2020 р. - 2.12.2020 р.	93,0	5 <i>(відмінно)</i>
5	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	3.12.2020 р. - 07.12.2020 р.	94,0	5 <i>(відмінно)</i>
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		93,0	

АНОТАЦІЯ

Фірсова Ю.В. Оцінка впливу кліматичних змін на формування врожайності кукурудзи на Поділлі

Проблема зміни клімату та глобального потепління як в цілому, так і зокрема сьогодні є одним з найсерйозніших і актуальних напрямків науково-технічної діяльності.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема, кукурудзи, необхідне детальне вивчення агрометеорологічних 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 агрометеорологічні умови формування врожайності кукурудзи на Поділлі.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розрахувати основні агрометеорологічні показники вегетаційного періоду кукурудзи за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за період 2021-2050 рр.;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та врожайність кукурудзи за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP6.0.

Об'єкт дослідження - агрометеорологічні умови формування врожайності кукурудзи в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - оцінка впливу агрометеорологічних умов на врожайність кукурудзи на Поділлі.

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

Вперше встановлені закономірності впливу змін клімату на агрометеорологічні умови вирощування кукурудзи та її продуктивність на Поділлі.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування кукурудзи та оптимізації розміщення її посівних площ за умов реалізації сценарію RCP6.0 зміни клімату на Поділлі.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 79 сторінок, 9 рисунків, 4 таблиці. Список використаних літературних джерел містить 45 найменування.

Ключові слова: кукурудза, урожай, зміна клімату, сценарій.

SUMMARY

Firsova Y. Evaluation of climate change influence on on the formation of corn yield in Podillya

The problem of climate change and global warming both in whole and in particular has become one of the most serious and urgent directions of scientific and technical activity at the present stage.

The relevance of the chosen topic due to the fact that to obtain stable and high yields of any corn, it is necessary for a detailed study of agrometeorological conditions of its cultivation in the study area with the aim of rational use of these conditions and the optimal placement of winter rye.

Particular importance is the decision of this question in connection with climate changes on the planet that give Ukraine the opportunity to become one of the largest producers of agricultural products.

The aim of this study is to assess the impact of climate change on conditions of formation of winter rye productivity in the Podillya.

To achieve this goal it was necessary to solve following *tasks*:

- to calculate the basic agrometeorological indicators of vegetation period corn in Podillya on the basic conditions and taking into account climate change during the period of 2021-2050-pp;

- to determine the influence of possible climate change on photosynthetic productivity and corn yield under the conditions of realization of climate change scenario RCP 6.0.

The object of study - agrometeorological conditions of formation of corn yield in climate change conditions.

The subject of the study was to assess the influence of agrometeorological conditions on yield of corn in Podillya.

Research methods - methods of mathematical modeling producing process plants, statistical and probabilistic methods.

For the first time: the regularities of the effect of climate change on agrometeorological conditions for corn cultivation and it's productivity in Podillya.

The results can be used when performing a comprehensive assessment of agrometeorological resources in relation to corn cultivation and optimize the placement of the acreage in the conditions of realization of the RCP6.0 climate change in Podillya.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references. Full work is 66 pages, 9 graphics, 4 tables. The list of used literary sources contains 45 items.

KEYWORDS: corn, crop, climate change, scenario.

ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	9
1.1	Народногосподарське значення кукурудзи	9
1.2	Сучасних сорти та гібриди, що вирощуються в Україні	13
2	ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ТА ОРГАНОГЕНЕЗУ КУКУРУДЗИ	18
2.1	Фенологічні фази росту та розвитку кукурудзи	18
2.2	Етапи органогенезу кукурудзи	20
2.3	Вплив умов зовнішнього середовища на особливості розвитку та росту кукурудзи	25
2.4	Закономірності ярусної мінливості окремих частин кукурудзи в залежності від морфофізіологічного типу	33
2.5	Вплив мінерального харчування на продуктивність кукурудзи	37
3	ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ НА ПОДІЛЛІ	44
3.1	Сучасний стан досліджень кліматичних проєкцій майбутнього	44
3.2	Оцінка агрокліматичних умови вирощування кукурудзи в умовах зміни клімату	50
3.3	Оцінка продуктивності посіви кукурудзи в умовах зміни клімату	54
4	ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ПОДІЛЛЯ	62
4.1	Динаміка виробництва кукурудзи в Україні	62
4.2	Просторово-часова оцінка мінливості врожайності кукурудзи	64
ВИСНОВКИ.....		71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		73

ВСТУП

Будь-яка зміна кліматичних умов відбивається на сільському господарстві і перш за все на рослинництві. З іншого боку, вдосконалення технологій, поява нових сортів і гібридів зернових і олійних агрокультур укупі з потеплінням клімату дозволяє з певною часткою успіху вирощувати в північних областях агрокультури, що вважалися раніше невідповідними для цих місць.

Зернові культури досягають піку своєї врожайності тільки при поєднанні певних умов. Етапи їх життєвого циклу прихильність до конкретних подій і конкретного часу, вони не можуть не реагувати на порушення звичного порядку речей. Збільшення температури змушує проростати насіння раніше, а рослини швидше. Період цвітіння і дозрівання таких культур як пшениця і кукурудза може наступити на один-три тижні раніше, ніж звичайно. Однак через більш швидке зростання в умовах підвищених температур зерновим не вистачає часу для формування достатньої кількості біологічного матеріалу, що в свою чергу може призвести до зниження врожайності.

Сьогодні вчені виробляють майбутні кліматичні прогнози з використанням загальних моделей циркуляції, в яких змінюється кількість парникових газів. Оскільки неможливо знати їх точні майбутні концентрації, ці загальні моделі циркуляції запускають з різними потенційними сценаріями кількості парникових газів. Ці сценарії називаються Репрезентативні траєкторії концентрацій (RCP) [5].

Надійне забезпечення населення країни продовольством має стратегічне значення в умовах глобальної світової фінансової та економічної кризи. У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значимому продукту. Велике значення кукурудзи в виробництві кормів. У якості високоенергетичного корму зерно кукурудзи придатне для годування всіх видів тварин і птахів.

Сьогодні кукурудза також є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі. Це обумовлено її високою врожайністю і відсутністю проблем у вирощуванні.

Метою даного дослідження є оцінка впливу кліматичних змін на агрометеорологічні умови формування продуктивності кукурудзи на Поділлі на прикладі Вінницької області.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розрахувати та оцінити основні агрометеорологічні показники вегетаційного періоду кукурудзи за багаторічними даними та з урахуванням змін клімату за період 2021-2050 рр.;
- визначити вплив очікуваних змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та врожайність кукурудзи за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP6.0.

Для дослідження впливу кліматичних змін на темпи розвитку та формування продуктивності кукурудзи на Поділлі нами розглядались такі варіанти - базовий (1991-2010 рр.), кліматичні умови за сценарієм RCP6.0 (2021-2050 рр.).

Вихідною інформацією стали дані спостережень на мережі гідрометеорологічних станцій Управління з гідрометеорології Державної служби із надзвичайних ситуацій України [34], дані з державних сортодослідних ділянок. Розрахунки виконувались за моделлю з використанням ПЕОМ.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

1.1 Народногосподарське значення кукурудзи

Надійне забезпечення населення країни продовольством має стратегічне значення в умовах глобальної світової фінансової та економічної кризи. У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значиму продукту.

Кукурудза - (*Zea mays* L.) - однорічна рослина. До недавнього часу не було відомо слідів дикорослих форм ні в одному з районів земної кулі [28]. Суперечка про те, чи існувала кукурудза в дикому стані або вона є похідних від інших родів, було вирішено тільки в результаті археологічних і генетичних досліджень, проведених в останні 50 років.

Знайдено статуетки кукурудзяних божеств, шанованих племенем майя, жертівні чаші із зображенням кукурудзяних качанів, що належать ацтекам, судини із зображенням кукурудзи і процесів її обробітку. Археологами виявлені стародавні японські герби із зображенням качанів кукурудзи, що свідчить про те, що населення Азії віддавало цій рослині перевагу як одного з головних джерел життя [3]. Кукурудза була завезена в Європу з Америки під назвою «маїс». Слово «кукурудза», як вважають багато вчених, турецького походження і з'явилося воно в балканських країнах.

Перше європейське згадка про кукурудзу - це замітка в судовому журналі Колумба від 6 листопада 1492 року. Потенційне економічне значення культури було встановлено швидко, і протягом життя лише одного покоління її стали вирощувати в країнах центральної Європи і на узбережжі Африки. Ще до кінця XVI ст. кукурудза досягла Китаю [30].

У зерні кукурудзи міститься багато жиру і крохмалю, а також провітаміну А. Так як в кукурудзяній муці низький вміст клейковини, то для хлібопечення вона не використовується, але її можна додавати в

хлібобулочні і кондитерські вироби. З зерна можна виготовляти велику кількість харчових продуктів (крупа, борошно, цукровий сироп, пластівці і палички, консерви, глюкоза та інше) [20].

У зародках є багато жиру (близько 30-40%), тому їх можна використовувати для отримання харчового дієтичного масла, різних лікарських препаратів і вітаміну Е. В останні роки найбільш популярними були недостиглі качани, які споживають в свіжому, вареному і консервованому вигляді. Цукрова кукурудза за кількістю вітамінів і мінеральних солей не поступається зеленому горошку [9].

Промисловість переробляє не тільки зерно, а й стрижні, стебла, обгортки качана, виготовляючи з них рідку смолу, етиловий спирт, фурфурол, ізоляційні прокладки, лінолеум, фарби, клей, медикаменти. В даний час в усьому світі з кукурудзи виготовляють понад 500 різних основних і побічних продуктів [9].

По кормових достоїнств (змістом кормових одиниць, обмінної енергії і перетравлюванні) зерно кукурудзи перевершує зерно інших фуражних культур, через що є невід'ємною частиною комбікормів. Цінним кормом є шрот з качанів і обгортки, зерноостержнева маса, сухе і консервоване зерно [18].

Для приготування кормів використовуються як цілі рослини кукурудзи, так і качани, зерно різної стиглості. Найбільш калорійним кормом для всіх видів тварин і птиці є зерно, так як має майже всі необхідні поживні речовини в легкозасвоюваній формі. Однак воно бідно незамінними амінокислотами (лізин і триптофан), тому в комбікорми додають зерно сої та інших зернобобових культур [9].

Велике й агротехнічне значення цієї культури. При вирощуванні після неї залишається добре очищене від бур'янів поле, поліпшується фізичний стан ґрунту, що сприяє накопиченню більш високих запасів вологи, ніж після культур суцільної сівби. При збиранні на зерно ця культура - хороший

попередник для ярих культур, а при обробленні на зелений корм - для озимих.

У сівозмінах, насичених зерновими, кукурудза знижує ураженість їх збудниками інфекційного вилягання, чорної ніжки та зерновими нематодами. У сівозміні з цукровим буряком, кукурудза сприяє меншому зараженню цієї культури буряковими нематодами. Також кукурудза покращує родючість ґрунту, її коренева система залишає в ній велику кількість органічної маси [29].

Сьогодні кукурудза є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі. Це обумовлено її високою врожайністю і відсутністю проблем у вирощуванні. Однак, для забезпечення необхідною кількістю біомаси, її виробництво має досягти високих показників ефективності [10, 12].

Науковий і виробничий досвід показує, що отримання високого гарантованого врожаю зерна кукурудзи можливо тільки при використанні високопродуктивних гібридів і оптимальному рівні технології обробітку, тобто при дотриманні всього комплексу агротехнічних заходів позитивно впливають на формування врожаю. Внесок сорту в приріст врожайності становить 50%, решта 50% - це добрива, пестициди та інше. Без збалансованих технологій вирощування сільськогосподарських культур неможливо економічно ефективно використовувати досягнення в землеробстві, агрохімії, рослинництві і селекції рослин [27].

Особливо важливу роль відіграє значення сортової агротехніки для екологічно спеціалізованих сортів і гібридів, які відрізняються вузькими межами пристосованості до різних умов зовнішнього середовища. Причому величина і якість врожаю сортів і гібридів по різному змінюється не тільки за рахунок погодних умов, але і рівня агротехніки. Саме цим і пояснюються ситуації, коли інтенсивні сорти виявляються менш врожайними в порівнянні з місцевими сортами в несприятливих ґрунтово-кліматичних і погодних умовах, а також при обмежених можливостях оптимізації умов зовнішнього

середовища за рахунок добрив, пестицидів, зрошення та інше. Тому управління зростанням рослин є одним із головних завдань сортової агротехніки.

У більшості господарств зернова продуктивність кукурудзи залишається досить низькою. Основною причиною є те, що її посіви засмічені і мають високу потенційну засміченість. Без чіткого визначення її в сівозміні неможливо застосовувати комплекс відповідних агротехнічних заходів як безпосередньо на полі, так і на полях її попередників. При правильному чергуванні культур з різними параметрами, глибиною залягання основної маси кореневої системи, засвоєнням елементів живлення досягається найбільш повне і рівномірне використання поживних речовин і запасів вологи [25].

Основний резерв формування високих і стабільних врожаїв кукурудзи звиси, перш за все, від науково обґрунтованої сівозміни та системи удобрення. В умовах недостатнього зволоження особливу увагу потрібно приділити такому ефективному агротехнічному заходу, як основний обробіток ґрунту. Вона повинна забезпечити сприятливі умови для накопичення запасів продуктивної вологи в осінньо-зимовий період і закладення добрив

У різних ґрунтово-кліматичних зонах, в залежності від ступеня і характеру засміченості полів, після збирання попередника застосовують різні базові системи основного обробітку ґрунту.

Сьогодні дуже часто використовують систему нульового обробітку ґрунту - No-till. Це сучасна система землеробства, яка виключає оранку і всі інші види механічного обробітку ґрунту. Одна з основних особливостей цієї технології - збереження пожнивних залишків на полі. Пожнивні залишки після збирання рівномірно розподіляються і не підлягають ніякому механічного впливу до сівби наступної культури. Вони зберігають вологу в ґрунті і захищають її від водної та вітрової ерозії.

1.2 Сучасних сорти та гібриди, що вирощуються в Україні

Значним резервом підвищення врожайності кукурудзи є впровадження нових більш продуктивних гібридів, науково-обґрунтованих, оптимальних за рівнем інтенсифікації технологій вирощування.

Сорт - це група культурних рослин з певним набором характеристик, що відрізняють цю групу від інших рослин того ж виду. Сорт може бути представлений одним або кількома рослинами, частиною або декількома частинами рослини, за умови, що така частина може бути використана для відтворення цілих рослин сорту. Можливість відтворення - це ключова характеристика сорту, що відрізняє його від гібрида.

Гібрид - це результат контрольованого схрещування між відібраними батьками-сортами, метою якого є отримання певних характеристик: скоростиглість, підвищена врожайність, стійкість до несприятливих умов, хвороб, шкідників, самозапилення, стійкість до вилягання. Отримана від батьків життєва сила (гетерозис) з найбільшим ефектом проявляється в першому поколінні гібрида, яке отримало позначення F1. "F" означає діти (від італійського "Filli"), "1" - номер покоління. Перше покоління гібридів має підвищену життєздатність, потужністю розвитку і врожайністю. Однак проявляються закладені властивості тільки при високому рівні агротехніки і відповідному агрофоні - стан ґрунту, рівень мінеральних речовин, підгодівля, вологість ґрунту і повітря, захищений ґрунт [35].

В даний час основні зусилля найбільших біотехнологічних компаній, що займаються створенням трансгенних рослин, спрямовані на поліпшення якості зерна кукурудзи, а також з метою охорони навколишнього середовища від забруднення поряд з традиційними методами з'явилася можливість використання новітніх прийомів з області генної інженерії. Створення міжнародною спільнотою вчених генетично модифікованих організмів і, зокрема, трансгенних рослин – найбільше наукове відкриття останньої третини двадцятого століття [19].

В Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні [31] станом на 25 березня 2020 року внесено понад 400 сортів, які є різноманітними за рівнем реакції на використовувану технологію обробітку. Найбільший інтерес для підвищення врожайності і валового виробництва зерна кукурудзи є сучасні гібриди, що внесені в Державний реєстр в останні 10-15 років. Вони відповідають вимогам обробітку за інтенсивними технологіями, мають цінне за якістю зерно, відносяться до різних груп стиглості. Серед них високоврожайні, стійкі до ураження хворобами і шкідниками, посухами та придатні для обробітку за інтенсивними технологіями: європейської селекції – Муасон, Марсель, ГТК, Фотон, Канзас, ЛГ 30254, Амарос, Ротанго, Фортаго; вітчизняної селекції – Дніпровській 257, Гран 310, ДН Хотин, ДМС Прайм, Любава та інші.

Сьогодні на українському ринку є безліч гібридів кукурудзи різного секціонування. Основною перевагою вітчизняних гібридів є в тому, що вони створені безпосередньо під наші ґрунтово-кліматичні умови, а це в свою чергу позитивно відбивається на врожайності, на стійкості рослин до різних негативних чинників, на якість продукції. Більшість українських виробників насіння кукурудзи орієнтуються на європейські норми і використовують найсучасніші технології як під час створення гібрида, так і при очищенні та обробки вже самого насіння. Так само як перевага варто враховувати невисоку ціну, яка часто в рази нижче зарубіжних аналогів [33].

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

Селекціонери постійно працюють над збільшенням асортименту насіння. Велика частина продукції вже встигла добре зарекомендувати себе на українських полях. Але досвідчені аграрії частіше вибирають високоврожайні сорти кукурудзи.

Загальною популярністю користуються і прості сорти української селекції: ДБ Хотин і Солонянський 298. Вони мають відмінні показники по рентабельності, хорошу вологовіддача і доступну ціну [35].

ДБ Хотин. Цей гібрид відноситься до простих, середньоранніх і модифікованих сортів. Він систематично показує високу врожайність і хорошу рентабельність. Сорт занесений до реєстру гібридів в 2015 році. Серед переваг кукурудзи ДБ Хотин варто виділити такі моменти: хороша вологовіддача; мета вирощування - зерно; рослина стійка до вилягання; підходить для Степової, Лісостепової зони і Полісся, добре переносить посуху; сприятлива реакція на застосування інтенсивних технологій.

Солонянський 298 - це середньостиглий універсальний сорт. Він визнаний за стандартом в офіційному сортовипробуванні нашої держави, і занесений до реєстру в 2006 році. Серед переваг кукурудзи Солонянський 298 варто виділити такі моменти: стійкий до захворювань, основних шкідників, посухи і холоду; підходить для вирощування в Степу, Лісостепу і на Поліссі; стійкий до вилягання і ламкості; застосування - на зерно і силос.

Любава 279 МВ - дин з найпоширеніших гібридів кукурудзи. Культивується в степовій, лісостеповій зоні та Поліссі. Рослина характеризується середньоранніх дозріванням. Стебло досягає 250-270 см у висоту. Циліндричний початок має стрижень червоного кольору і виростає до 23 см. Кременисто-зубовидне зерно жовтого кольору. Урожайність становить 12 т/га. Гібрид проявляє стійкість до захворювань і атак шкідників.

Дніпровський 257. Високоврожайний гібрид кукурудзи від виробника НААН України. Простий модифікований гібрид з міцними рослинами і потужною кореневою системою. Підходить для вирощування на зерно і силос. Характеризується відмінною стійкістю до поширених захворювань кукурудзи. Прекрасно переносить посуху і загущення посівів. Демонструє швидкі темпи початкового росту. Добре реагує на внесення мінеральних добрив. Підходить для вирощування на всій території України [33].

Монблан - дуже пластичний середньоранній гібрид кукурудзи зернового напрямку з високими показниками врожайності. Період вегетації становить 106-108 днів. Характеризується потужною кореневою системою. Посів можливо проводити при температурі ґрунту + 10 °С. Демонструє високі показники стійкості до вилягання. Потенціал врожайності зерна - 120-150 ц/га. Толерантний до гельмінтоспоріозу та стійкий до кукурудзяного метелика. Демонструє високу вологовіддачу. Придатний для вирощування на всій території України [33].

ДМС Прайм - новий простий модифікований гібрид кукурудзи української селекції. Відноситься до середньоранньої групи. Кращий гібрид в своїй групі стиглості за показниками стартового росту. Демонструє високі показники врожайності. Стійкий до пухирчастої та летючої сажки, має стійкість до кукурудзяного метелика. Мінімальна температура ґрунту для посіву насіння - 10-12 °С. Потенціал врожайності зерна - 14,7 т/га. Може вирощуватися на зерно (Лісостеп, Полісся) і силос (Полісся). Придатний для вирощування за інтенсивною технологією [33].

Лелека - це простий міжлінійний гібрид кукурудзи української селекції. Основними характеристиками цього гібрида є прекрасні показники врожайності і високий рівень вологовіддачі. Лелека прекрасно адаптується до зовнішніх чинників при вирощуванні і демонструє відмінну стабільність. Гібрид зернового і силосного напрямку. Відноситься до середньоранньої групи стиглості. Рослини мають висоту 250-280 см. Вміст білка - 9,8-10,2%, крохмалю - 74,6%. Потенціал врожайності гібрида - 13-14 т/га. Гібрид має червоний початок, який кріпиться на висоті 90-95 см. Довжина - 25-26 см. Зерно має зубовидний форму, кількість рядів становить 16-18. Має гарні показники стійкості до поширених захворювань кукурудзи. Гарна толерантність до посухи [33].

Гран 310 - це трилінійний гібрид середньоранньої групи стиглості на зерно та силос. Має дуже хороший потенціал врожайності. Характеризується високим виходом зерна. Відмінно переносить зниження температури на

початку вегетації. Тип зерна-кременисто-зубовидний. Колір зерна-помаранчевий. Висота рослин-290 см. Висота кріплення качана-115 см. Має гарні показники стійкості до поширених захворювань кукурудзи – гельмінтоспоріозу, фузаріозу, пухлякості голівки. Стійкий до вилягання, посухостійкий. Потенціал врожайності - 140 ц/га. Придатний для вирощування на всій території України [33].

В умовах виробництва нові гібриди розкрити свій потенціал продуктивності вони можуть тільки при високій агротехніці, добре підготовленому ґрунті, оптимальний термін і густоті посіву, достатньому мінерального живлення, застосування ростових речовин, своєчасної і ефективної захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників. У той же час для підвищення рентабельності виробництва кукурудзяного зерна мають значення агрономічний і економічний аналіз застосування не тільки окремих агротехнічних заходів, але і всього їх комплексу, що представляє собою технологію обробітку.

2 ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ТА ОРГАНОЗЕНЕЗУ КУКУРУДЗИ

2.1 Фенологічні фази росту та розвитку кукурудзи

Життєвий цикл кукурудзи, як і інших однорічних рослин, характеризується рядом послідовно йдуть змін розвитку і зростання. Ці зміни визначаються складною взаємозв'язком стадійних, вікових та органоутворювальних процесів. При фенологічних спостереженнях необхідно відзначати такі фази розвитку кукурудзи.

Набухання насіння: за достатнього зволоження ґрунту і відповідній температурі воно починається відразу ж після посіву і легко виявляється при огляді насіння через 24 години.

Проростання насіння: дату проростання насіння можна фіксувати при виявленні зародкового корінця у 70% переглянутих зернівок. У наступні дні відзначається подовження корінця і поява паростка.

Сходи визначаються, (коли у перших паростків, що з'явилися над поверхнею ґрунту, починає розгортатися 1 -й лист.

Фаза 3-го листка: зазначається момент розгортання 3-го листка. Ця фенофаза має певне значення для таких злаків, як (пшениця, ячмінь, у яких зародок має три листа: появи 3-го листка означає перехід рослини за рахунок фотосинтезу всіх розгорнулися зародкових листків. У кукурудзи, у якій в зародковій нирці формується п'ять зародкових листків, правильніше відзначати фазу п'яти листя - як завершення процесу розгортання зародкових листків.

Кущіння: початком кущіння можна вважати появу перших бічних пагонів (пасинків) з пазух нижніх листків.

Вихід в трубку, або початок стеблуння, визначається по появі першого (нижнього) стеблового вузла над поверхнею ґрунту.

Фази 7, 9, 11-го листя відзначаються в момент початку розгортання кожного з цих листів.

Викидання волоті визначається по появі верхівки волоті з розтруба верхнього листа.

Цвітіння волоті відзначається з початку висипання пилку з пиляків, що з'явилися зовні колосків.

Цвітіння качана визначається по появі з-під обгортки качанів ниткоподібних стовпчиків, несучих (роздвоєні рильця).

Молочна стиглість визначається станом зернівок. Для визначення стиглості зернівки обгортку качана, ще зберігає зелене забарвлення, розрізають уздовж, листя її злегка розгортають, потім із середньої частини качана відділяють по 20 зернин з 3-4 рослин і розчавлюють. Якщо при цьому з'являється «молочко», фаза молочної стиглості вважається наставшою.

Воскова стиглість вважається настала тоді, коли обгортка качана втрачає зелений колір, жовтіє і підсихає. Зернівки вже сформувалися і в середній частині качана набувають (воскову консистенцію, легко ріжуться ножем; при розрізанні зернівки уздовж «молочка» не виявляється. Нижні і частина середніх листя до цього часу підсихаю.

Повна стиглість визначається станом верхнього качана. Зернівка твердне. Рослини у більшості сортів повністю засихають. Спостереження за розвитком і ростом кукурудзи, за термінами проходження основних фенологічних фаз мали і зараз мають велике наукове і виробниче значення. Вони допомагають оцінювати сорти за скоростиглістю, дозволяють скласти календар проведення різних сільськогосподарських робіт, дають можливість правильно підійти до питання підбору і районування найважливіших сільськогосподарських культур і сортів рослин. Тому систематичне проведення фенологічних спостережень за розвитком і ростом кукурудзи є обов'язкові розділом роботи агрономів і науковців.

2.2 Етапи органогенезу кукурудзи

Фенологічні спостереження, фіксують появу вже сформованих органів плодоношення, виявляються, однак, недостатніми для з'ясування процесів формування качанів і зернівок і, найголовніше, для активного втручання в хід формування врожаю. Великий і дуже важливий період у розвитку органів, плодоношення-починаючи з освіти зародкових суцвіть і до викидання ниток качана - залишається зазвичай прихованим від фенологічних спостережень. Цей недолік фенологічних спостережень компенсують спостереження за проходженням основних етапів органогенезу [22].

Спостереження за процесами формування конусів наростання у різноманітних форм і сортів кукурудзи, дослідження зростання і диференціації органів у зв'язку зі зміною режиму харчування, освітлення, зволоження, температури і ін. (Дозволили встановити, що «розвиток рослин кукурудзи проходить через ряд послідовних етапів, які - ми називаємо етапами органогенезу. При цьому встановлено, по-перше, що для проходження кожного етапу органогенезу необхідний певний комплекс умов і, по-друге, що на кожному з етапів органогенезу формуються різні органи, які визначають продуктивність рослин.

Волоть і качан кукурудзи проходять ті ж основні етапи органогенезу, що й суцвіття інших злаків.

У волоті останній етап органогенезу завершується цвітінням, у качана - дозріванням насіння. На початку формування волоті і качана морфологія дуже схожа, але вже на четвертому етапі органогенезу виявляються значні відмінності в ході розвитку суцвіття, а на п'ятому - в ході розвитку квіток.

Волоть в своєму розвитку проходить дев'ять етапів органогенезу.

Перший етап характеризується, як і у всіх злаків, наявністю недиференційованого конуса наростання, який чітко можна розрізнити ще в зародку зернівки. Після появи сходів конус наростання є горбок з широкою основою. У підстави його видно зачатки 5 або 7 зародкових листків.

Другий етап характеризується диференціацією міжвузля і вузлів і зародкового стебла. Конус наростання при цьому кілька витягується в довжину. На цьому етапі визначається число майбутніх вузлів і міжвузлів стебла. Навіть за найоптимальніших умов зростання і диференціації стебла їх в подальшому зазвичай не буває більше, ніж закладено на другому етапі органогенезу. За умов, несприятливих для росту стебла, частина міжвузля не розростається; в дорослому стані деякі вузли можуть виявитися настільки зближують, що їх приймають іноді за один вузол.

Одночасно з диференціацією вузлів на другому етапі органогенезу закладаються також зачатки справжніх стеблових листя у формі так званих листових валиків. До кінця другого етапу органогенезу в пазухах за птокових стеблових листків утворюються точки зростання бічних пагонів. Іноді, при несприятливих для зростання стебла умовах, його міжвузля можуть не розтягуватися, і дна або кілька вузлів залишаються зближеними. При зближенні вузлів розташування листя стає замість спіральнo-чергового кільчастим. Іноді ж, що буває рідше, недорозвинений лист або його гумки. Найчастіше відзначається недорозвинення нирок пазух бічних »пагонів. Таким чином, на другому етапі органогенезу у кукурудзи визначається число справжніх стеблових листків головного втечі і число пагонів другого порядку.

Міжвузля кукурудзи на другому етапі органогенезу залишаються укороченими і загальна висота стебла у зв'язку з цим не перевищує 1-3 см лише завдяки зростанню перших 3-5, а іноді і піхви шостого-сьомого листя і їх листових пластинок загальна висота рослини часто досягає 40-70 см і навіть більше. Число вузлів, листя стебла визначається як спадковими особливостями сорту, так і умовами розвитку і росту рослин на другому етапі органогенезу.

Третій етап характеризується значним зростанням в довжину конуса наростання і сегментацією його середній частині. Сегменти конуса наростання розвиваються на наступних етапах органогенезу в членики

головної осі волоті. На цьому ж етапі біля основи конуса наростання формуються бічні гілки волоті.

Четвертий етап - формування колоскових лопатей; вони швидко роздвоюються, утворюючи два колоска. На цьому етапі органогенезу визначається можливе число колосків у волоті. При сприятливих умовах утворюється властиве кожному сорту число колосків; при нестачі на цьому етапі вологи або елементів мінерального живлення, особливо фосфору, частина гілочок волоті і частина колосків залишається недорозвиненою.

П'ятий етап характеризується формуванням квіток в колосках. Кожен колосковий горбок дає по два нерівних виросту, що утворюють два квіткових горбка, що є специфічним для колосків волоті кукурудзи. Спочатку на цьому етапі квіти розвиваються як двостатеві. У підстави квіткових горбочків утворюються випинання, що дають початок трьом тичинок. Із середньої частини квіткової горбка утворюється маточкова горбок, проте він незабаром відстає в розвитку і атрофується [14].

В кінці п'ятого етапу з онтогенетично молодих клітин промерістеми виникають новоутворення.

У кожному пильовику утворюються чотири подовжених мікроспорангія, в середній частині яких диференціюються (парогенне тканини - археспоріальні клітини. Утвориться археспоріальна клітина набуває явні ознаки відмінності від оточуючих її клітин меристеми; вона має більші розміри і більше ядро, густу, інтенсивно забарвлює цитоплазму, слабо вакуолізована.

На шостому етапі в пильовиках йде процес утворення пилку. На цьому етапі органогенезу зазвичай утворюються вже цілком відокремлені одноядерні пилкові - зерна. Несприятливі умови росту материнських клітин пилку, так само як і процеси, що ведуть до занадто швидкому завершенню шостого етапу органогенезу, призводять до недорозвинення і стерильності як частини пилку, так і суцвіть в цілому.

Сьомий етап характеризується посиленням ростом покривних органів квітки, що прикривають в цей час генеративні органи; зростанням в довжину всіх члеників суцвіття; витягуванням ниток; завершенням процесів формування статевих клітин; значним зростанням члеників суцвіття.

На восьмому етапі відбувається викидання волоті. Вона дуже швидко виноситься за межі піхви верхнього листа. Цей етап збігається з однойменної фенофази розвитку кукурудзи, зазвичай реєструється при фенологічних спостереженнях.

Таким чином, між фазами розгортання третього-п'ятого листа і викиданням волоті, чоловіче суцвіття кукурудзи проходить сім етапів органогенезу.

Дев'ятий етап - цвітіння «волоті - характеризується ще більш посиленням ростом ниток, які виносять пильовики назовні; після цього пильовики лопаються, і дозріла пилок висипається. Чоловіче суцвіття відмирає і засихає.

Початок в своєму розвитку проходить дванадцять етапів органогенезу. На першому етапі недиференційований конус наростання бічного пагона (качана) дуже важко відрізнити від конуса наростання волоті. Він також є горбок з широкою основою і гладкою поверхнею, тільки на відміну від конуса наростання первинного зародкового пагона у його підстави відсутні зачатки зародкових листків [14].

Другий етап органогенезу качана характеризується початком витягування конуса наростання. У підстави конуса йде диференціація укороченого втечі на вузли і міжвузля. У кожного вузла в цей час закладаються зачатті піхви, які в міру розвитку втечі і суцвіття перетворюються в листя обгортки качана.

Третій етап характеризується подальшим витягуванням конуса наростання і неглибокої сегментацією його заснування.

Четвертий етап характеризується утворенням колоскових лопаток і формуванням кожною лопаткою двох колосоносних горбків. Чим краще

умови росту кукурудзи на четвертому етапі органогенезу, там більше формується уздовж колоса колоскових лопаток і тим більша ймовірність формування крупного, довгого качана з великим числом зерен у рядах.

П'ятий етап характеризується диференціацією колосового горбка на два нерівних за величиною квіткових горбка (верхній значно більше нижнього). На кожному квітковому горбку з трьох сторін з'являються випинання туніки, перетворюються в подальшому в пилкові горбки, а в центрі утворюється горбок, що дає початок маточці. Таким чином, на п'ятому етапі органогенезу в качанах, як і в віничках, розвиваються зачатки обох статей квіток. Однак, уже в середині цього етапу маточковий горбок помітно обганяє в зростанні пилкові горбки. На верхівці маточки з'являється увігнутість і потім утворюються лопаті рильця. Тичинки припиняють своє зростання, на наступних етапах органогенезу вони виявляються лише у вигляді невеликих, часто безформних горбків.

Шостий етап характеризується формуванням жіночих генеративних органів, зародкового мішка, подовженням зав'язі, посиленням ростом стовпчиків маточки, появою опушення і часточкового рильця. Від умов, в яких проходить шостий етап органогенезу, залежить фертильність квіток жіночого суцвіття. В умовах недостатнього харчування або занадто швидкого зростання при повільному розвитку клітини зародкового мішка остаються недорозвиненими, відповідно, в подальшому спостерігається ряд аномалій в процесах запліднення.

На сьомому етапі посилено розростаються початок, нитки рилець і завершується процес формування статевих клітин зародкового мішка.

Восьмий етап - викидання ниток - рилець. На дев'ятому етапі органогенезу качана протікають процеси цвітіння, запилення і запліднення; потім рильце відмирає, стовпчики буріють і засихають. Десятий етап - формування зародка і зернівки, початок молочної стиглості. Одинадцятий етап - молочна стиглість. Дванадцятий етап - воскова стиглість - завершується дозріванням насіння, рр. е. фазою повної стиглості.

Загальна довжина вегетаційного періоду і тривалість кожного етапу органогенезу визначаються як сортовими особливостями кукурудзи, так і умовами проходження етапів органогенезу в весняний, літній та осінній періоди. Чим сприятливіші умови розвитку, тим швидше завершується життєвий цикл всієї рослини, тим коротше тривалість кожного етапу органогенезу.

Навпаки, чим менш сприятливі умови проходження кожної стадії розвитку кукурудзи, тим довше рослина затримується на відповідному етапі органогенезу, тим повільніше йде процес формування органів плодоношення. Тому вкрай важливо знати, які комплекси умов і як вони впливають на формування органів плодоношення на кожному з етапів органогенезу [14].

Ще до недавнього часу ботаніки обмежувалися описом морфологічного і анатомічної будови органів кукурудзи в дорослому стані. В даний час завдяки ряду досліджень розвитку і росту рослин відкрилися можливості не тільки опису морфогенезу органів рослин, а й, що вкрай важливо, управління їх формуванням на всіх етапах органогенезу з урахуванням умов, які необхідні для складних процесів.

2.3 Вплив умов зовнішнього середовища на особливості розвитку та росту кукурудзи

Пристаювання до різних кліматичних умов і тривала селекція рослин в різних напрямках визначили велику поліморфність виду, сортів і гібридів кукурудзи особливо за тривалістю вегетаційного періоду.

При цьому, як показали дослідження останніх років, генетичні відмінності сортів і гібридів з цього при знаку в першу чергу виявляється в різній тривалості етапом органогенезу як волоті, так і качана.

Тривалість етапів органогенезу в різні роки схильна до значних коливань в залежності від температурних умов. Встановлено [1, 13, 26],

що на кожному етапі органогенезу рослиною кукурудзи потрібна певна сума ефективних температур; величина цієї суми зменшується зі скоростиглістю сорти. Найбільші відмінності в сумах необхідних температур у сортів різної скоростиглості проявляються в першу чергу на II етапі органогенезу (що збігається зі стадією яровизації).

При запізненні строків сівби і підвищенні середньодобової температури тривалість I-II, IV-V етапів органогенезу у кукурудзи більш-менш різко скорочувалася. Чим більш вимогливим до тепла на II етапі органогенезу той чи інший сорт або гібрид, тим більше часу необхідно для диференціації листя кукурудзи і, отже, тим тривалішим II етап органогенезу, так як для закладки кожного окремого листового зачатка у кукурудзи необхідна сума температури залишається майже незмінною. Саме цим пояснюється причина відносної стійкості такої ознаки, як число листя у кожного сорту [22].

Тривалість II етапу органогенезу певною мірою відображає умови, в яких формувалися протягом тривалого періоду морфофізіологічні типи кукурудзи. В умовах субтропіків тепла весна змінюється тривалим жарким літом і тривалою восени. Тому тут складався і відбирався тип кукурудзяного рослини з тривалим II етапом органогенезу, коли закладається велика кількість листових зачатків, які потім встигають нормально розвернутися і забезпечити розвиток і зростання верхніх качанів. І, навпаки, в умовах помірних широт, з короткою навесні, порівняно зниженими температурами весни і осені і, відповідно, коротким річним безморозним періодом формувалися і відбиралися сорти з нетривалим II етапом органогенезу і з невеликим числом листя.

Рослини цих морфофізіологічних типів рано переходять до III-IV етапів органогенезу. Затримка на II етапі органогенезу в цих умовах загрожує недозрілий насінню кукурудзи частою загибеллю від заморозків. Цим пояснюється така тісний зв'язок тривалості II етапу органогенезу з сумою ефективних температур. Не можна погодитися з деякими авторами, які

вказують на абсолютну стабільність числа листя у того чи іншого сорту кукурудзи при будь-яких умовах [6, 7, 26].

У рослин, висіяних в ранні терміни з більш низькими температурами і більш тривалим II етапом органогенезу в середньому за 3 роки було на 0,3-1,4 листа більше в порівнянні з рослинами того ж сорту, але посіяні в більш пізні терміни [26]. При середньодобових температурах (+ 14) - (+ 22 °C) в конусі наростання закладається число листя, властиве сорту з відхиленням від середнього в межах ± 1 лист. При температурі 24-25 °C закладається на 2-3 листа менше. Так, в степовій зоні висока температура при проходженні рослинами II етапу органогенезу зумовлює знижений по правлінню зі звичайним число листків у кукурудзи.

В умовах різкої зміни температурних і фотоперіодичних умов, як наприклад, при перенесенні південних пізньостиглих сортів в північні райони тривалість II етапу органогенезу дуже сильно збільшується, перехід рослин до III етапу затримується і відбувається збільшення числа листя на 2-4 проти типового числа для сорту (гібрида) [8, 25].

На II етапі органогенезу визначається не тільки число листя, але в деякій мірі і їх величина. Так, у скоростиглих сортів зародкові листя (листові валики) утворюють меншу кількість провідних пучків (жілок) і тим самим визначається менша ширина листової пластинки; у пізньостиглих сортів, навпаки, закладається більше число жілок.

Що стосується довжини листя, то вона підкоряється певній закономірності: перші три-п'ять зародкових листя мають стабільні для кожного сорту розміри і мало залежать від умов зовнішнього середовища в період їх зростання; останні 3-4 листа (зверху вниз) завжди коротше листя, в пазусі яких укорочені пагони несуть продуктивні качани. Настільки ж закономірно йде процес розгортання листя.

Уже в перших дослідженнях з вивчення зв'язку між числом вийшли листя I і проходженням етапів органогенезу [14] була відзначена наступна закономірність: на IV етапі відбувається розгортання 50% всіх листя

рослини, а на VI етапі - приблизно 70-80% листя від загального числа що вийшли з піхви.

Відповідно числу листя і ритму розгортання листових пластинок йде зростання площі листкової поверхні. При цьому хоча величина площі листкової поверхні залежить від ступеня забезпеченості рослин вологою, а також від дії інших кліматичних чинників, характер кривої наростання листкової поверхні все ж підпорядковується основним морфофізіологічним зв'язкам, а саме визначається числом і порядком розгорнутого листя [26].

Ознакою нового листа вважається поява його верхівки з піхви попереднього листа. Таким чином, загальне число листя на головному стеблі, що закладаються на II етап органогенезу, знаходиться в прямій залежності від тривалості періоду вегетації.

За кількістю зародкових листків, що сформувалися до кінця II етапу органогенезу, до моменту переходу конуса наростання до диференціації зародковій волоті (початок III етапу), можна вже з великим ступенем точності визначити, до якої групи за скоростиглістю відноситься досліджуваний сорт або гібрид кукурудзи. можливість настільки ранньої діагностики скоростиглості має істотне значення для селекції кукурудзи.

На II етапі органогенезу, при проведенні морфофізіологічного аналізу розвитку і росту рослин, слід також визначати коефіцієнт органогенезу метамерів, який відображає не тільки тривалість етапу, але і різну інтенсивність формуванні органів, що утворюються на кожному етапі органогенезу [1].

Розподілом числа метамерних органів, що утворилися на тому чи іншому етапі, на тривалість етапу в днях або годинах визначається коефіцієнт органогенезу, що показує інтенсивність утворення органів на окремих етапах органогенезу.

Визначення коефіцієнтів органогенезу метамерних органів (листя), аналіз кореляцій між тривалістю II етапу і різними факторами зовнішнього

середовища показали наявність прямої залежності числа листя на рослині від суми температур, накопичених за цей етап розвитку [13, 22].

Одночасно показано недостатній зв'язок (при близьких середніх температурах) з тривалістю дня. Про це свідчить величина коефіцієнта кореляції числа листя з довжиною фотоперіоду. Цей коефіцієнт дорівнює 0,17 в межах території від 37 до 60 ° північної широти [26]. Однак треба думати, що якби при цьому аналізі враховувалася довжина дня в зв'язку з різними термінами сівби, різними температурами в період сівби і сортовим розмаїттям, то між фотоперіодичним впливом і тривалістю II етапу були б розкриті більш тісні зв'язки і коефіцієнт кореляції був би значно вищим .

Таким чином підтверджується, що на I-II етапах органогенезу, які збігаються з першою стадією розвитку (рослин, провідним фактором в помірних широтах є температура [13].

Із завершенням II етапу органогенезу рослини кукурудзи переходять до III і IV етапів, протягом яких починає формуватися вісь суцвіття - мітелки і закладаються колоскові горбки качанів. Від числа колосків залежить продуктивність качана: число колосків в ряду і число рядків.

Тривалість III і IV етапів органогенезу, а також коефіцієнт органогенезу для числа колосків в значній мірі залежать від температури повітря, запасів продуктивної вологи в пошті, а також від довжини фотоперіоду. Тут має місце пряма залежність між запасами вологи в ґрунті і числом колосків і між тривалістю фотоперіоду і числом закладаються колоскових горбків [6].

Є також певна кореляція між температурою і швидкістю проходження III і IV етапів органогенезу. Чим ближче до оптимуму запаси вологи і довше фотоперіод, тим вище число метамерів колосу, загальне число колосків, і тим триваліше, при оптимальних температурних умовах, III і IV етапи органогенезу. При середньодобовій температурі повітря вище 28-30 різко скорочується тривалість III і IV етапів і, отже, загальне число сегментів колосків [1].

Про вплив температури і запасів продуктивної вологи і ґрунті на освіту на III-IV етапах і потім на збереження числа колосків на наступних етапах (V-IX) можна судити за даними Чиркова [26].

Широко відомо, що кукурудза - рослина «короткого дня», що особливо проявляється у рослин третього-четвертого морфофізіологічних типів. Різка підвищення (середньодобової температури призводить до скорочення тривалості III і IV етапів і забезпечує їх проходження при значно більш подовженому дні, і навпаки, знижена температура затримує проходження III-IV етапів [13]. Такого роду явища, коли зміна ступеня впливу на розвиток рослини одного з факторів (тягне за собою можливість зміни (впливу та інших взаємодіючих з ним чинників, вимагають глибокого теоретичного аналізу. Знання такого роду явищ може мати особливе значення для селекції кукурудзи при просуванні її в нові райони.

При переході до V-VI етапах органогенезу зростає вплив спектрального складу світла на хід розвитку органів плодоношення кукурудзи. Розвиток органів плодоношення, особливо качанів, йде швидше в умовах укороченого дня; по-друге, не будь-який короткий день і не просте абсолютне подовження годин ночі необхідні рослинам кукурудзи для формування качанів [22].

Рослини, висвітлювалися в другій половині дня, відставали у розвитку не тільки від варіанту «короткий день», в якому виключалися ранкові та вечірні години освітлення, але і від варіанту «перша половина дня». Таким чином, виявилось як би гальмівний вплив ранкових і особливо вечірніх годин природного освітлення на розвиток рослин кукурудзи. Навіть незначної зміни в співвідношенні променів синьої і червоної частин спектра було досить для значних зрушень в темпі розвитку рослин на IV-VII етапах органогенезу в цілому і особливо в формуванні органів плодоношення.

На V-VI етапах органогенезу основне значення має не тільки абсолютна скорочення довжини дня; важливу роль відіграє певну якість світла. Для розвитку багатьох рослин «короткого дня», і в тому числі

кукурудзи, основне значення на цих етапах має те, в які відрізки доби рослини отримують світло. Зараз вже ясно, що переважання променів довгохвильової частини спектра, характерне в наших широтах для сонячного світла ранкових і вечірніх годин доби, затримує розвиток рослин «короткого дня». Навпаки, інтенсивне опромінення світлом, що наближається по спектральному складу сонячної радіації південних широт, відносно більше що містить короткохвильові промені (в поєднанні з високою інтенсивністю довгохвильового випромінювання в полуденний час), прискорює розвиток рослин кукурудзи [1, 14, 26].

Кукурудза як культурна рослина створювалася працею хліборобів протягом тисячоліть в тропічних і субтропічних районах Америки, що характеризуються високим сонцестоянням протягом більшої частини року і дуже швидкими переходами від ночі до дня і від дня до ночі. В результаті рослини пристосувалися до короткохвильового сонячного випромінювання, багатому ультрафіолетовими, фіолетовими і синіми променями. Ранкові та вечірні відрізки доби, відносно бідні короткохвильовим випромінюванням, в екваторіальних широтах дуже нетривалі. Переважання довгохвильового освітлення лише з незначним вмістом синьо-фіолетових променів спектру, властиве в утрені та вечірні години північних широт, до яких рослини кукурудзи в своєму філогенезі не пристосувалися, затримує розвиток сортів кукурудзи південного походження [22].

З переходом до VII-VIII та IX етапах органогенезу знову зростає роль вологості і температури для розвитку кукурудзи. Кукурудза – перехреснозапилюча рослина; на частку самозапилення доводиться менше 10% зав'язалися зернівок. У більшості випадків переважає різко виражена протерандрії, тобто більш раннє цвітіння волоті (до появи ниток на даній рослині основна маса пилку несеться вітром), і лише для невеликої групи форм кукурудзи характерне більш раннє цвітіння качана.

В умовах посухи поява ниток значно відстає від цвітіння волоті, внаслідок чого розрив у цвітінні може досягати 20 і більше днів. З

підвищенням температури проходження VII-IX етапів прискорюється - при цьому великий вплив робить вологість ґрунту і повітря.

Недостатність вологи також сприяє подовженню тривалості VII-VIII етапів органогенезу і при несприятливому поєднанні високої температури повітря і дефіциту ґрунтової вологи поява ниток затримується і проходить пізніше цвітіння волоті на 5-10 днів.

Тривалість IX етапу формування волоті, а також періоду між цвітінням волоті і початку (VII- г VIII етапи органогенезу качана) різні в залежності від морфофізіологічного типу. На відміну від VII-VIII етапів наступні IX-X етапи органогенезу качанів значно коротше при високих температурах і високій вологості ґрунту.

На X етапі розвивається зародок, ендосперм і йде зростання зернівки в довжину. Зигота починає ділитися через 20-30 годин після запліднення. Приблизно через 24 ч утворюється зародок. На 5-й день зародок набуває багатокліткової будови. На цьому ж етапі органогенезу залежність тривалості періоду викидання волоті - поява ниток від середньої температури повітря і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-50 см зростає. Вже на 16-й день починають накопичуватися крохмальні зерна і відбувається перехід до X етапу органогенезу [13].

На X етапі на 8-й день після запліднення в зародку можна спостерігати утворення горбка - зачатка конуса наростання. Приблизно через 20 днів після запилення зародок стає морфологічно і фізіологічно зрілим і при переході до XI етапу вже здатний до проростання. Зародок складається з конуса наростання, що утворює на XI етапі зачатки зародкових листків (від 3 до 7 в залежності від скоростиглості сорту), колеоптилю і головного зародкового корінця з кореневим.

В кінці X-початку XI етапу органогенезу змінюється будова стінок зав'язі. Їх активне зростання триває приблизно до 12 днів після запліднення; при цьому зав'язь швидко зростає головним чином в довжину, потім

відбувається диференціація тканин зав'язі на два шару зовнішній і внутрішній перикарпій.

На XI-XII етапі органогенезу ущільнені клітини перикарпію утворюють оболонку зернівки, а також формується шар тонкої напівпрозорої мембрани, яка не має клітинної структури. Мембрани зернівки кукурудзи виникають при потовщенні зовнішнього шару клітин епідермісу [1].

На XI і XII етапах органогенезу формується типова для різних підвидів кукурудзи будова зернівки. Тривалість XI і особливо XII етапу залежить від температури повітря, а також пов'язана з величиною дефіциту вологості повітря в 13 годин [26].

2.4 Закономірності ярусної мінливості окремих частин кукурудзи в залежності від морфофізіологічного типу

Так як кукурудза є культуру, в якій використовується не тільки зерно (зріле або молочно-воскової стиглості), але і зелена маса (у вигляді силосу або зеленого корму), то природно, що в процесі дослідження кукурудзи не могло бути обійдене вивчення деяких закономірностей росту стебла і листя. У зв'язку з масовим поширенням обробітку гібридних сортів кукурудзи і високу ефективність методу селекції шляхом гібридизації самозапиленних ліній селекціонери все частіше і частіше ставлять питання про необхідність вивчення ряду морфологічних ознак як показників, якими можна було «б керуватися при виборі рослини - родоначальника лінії для первісна самозапилення [14].

Багато дослідників намагалися в зв'язку з цим встановити корелятивні зв'язки між зовнішніми морфологічними ознаками і фізіологічними процесами, а також продуктивністю і довжиною вегетаційного періоду кукурудзи. Систематичними вимірами висоти рослин і приросту стебла, а також промірами довжини міжвузлів стебла вдалося встановити корелятивну

зв'язок між зростанням стебла і формуванням верхівкового і бічного суцвіття у кукурудзи [13, 26].

Темпи зростання головного стебла залежать від того, на якому етапі органогенезу знаходиться верхівкове суцвіття. До тих пір поки рослина знаходиться на першому і другому етапах органогенезу, середньодобовий приріст стебла, незалежно від сорту, вимірюється міліметрами. Як відомо, на цих етапах спостерігається посилений ріст кореневої системи. Рослини фактично знаходяться в фазі розетки.

Зі вступом рослин в третій етап органогенезу темп росту стебла кілька посилюється за рахунок розростання третього надземного міжвузля. Лише з переходом рослин до четвертого етапу органогенезу починається швидке зростання в довжину нижніх і середніх міжвузля. Середньодобовий приріст сягає 4-5 см, а іноді 7-8 см та більше. Найінтенсивніше збільшується довжина стебла на сьомому - восьмому етапах органогенезу [1].

У скоростиглих і особливо ультраскоростиглих сортів кукурудзи, де розрив у темпах і часу проходження шостого - восьмого етапів органогенезу волоті і верхніх 2-3 качанів не дуже великий, середньодобовий приріст може бути представлений одновершинною кривою з максимумом на шостому - сьомому етапах органогенезу.

У волоті і качанів пізньостиглих сортів є значний розрив у часі проходження шостого - сьомого етапів органогенезу (у одного і того ж рослини), особливо в умовах холодних регіонів, і крива середньодобового приросту довжини стебла має дві, а іноді три вершини.

Пояснити це явище можна тим, що після переходу волоті до цвітіння, коли приріст верхнього міжвузля у пізньостиглих сортів призупиняється, приріст стебла у висоту може йти за рахунок зростання того міжвузля стебла, в яких качани на бічних пагонах переходять до шостого - восьмого етапів органогенезу. Чим більше число качанів сягає шостого - восьмого етапів органогенезу, тим довше йде ріст стебла. Так як у більшості пізньостиглих сортів зазвичай розвивається і досягає восьмого етапу

органогенезу один, рідше два качана, то ріст стебла зазвичай завершується, навіть за найсприятливіших умов, одночасно з викиданням ниток верхнім початком [13, 26].

Багатопочаткові сорти вигідно відрізняються тим, що продовжують зростання протягом 8-12 днів після цвітіння волоті і тим самим можуть краще використовувати для зростання опади і тепло другої половини літа. Залежність приросту головного стебла кукурудзи від етапу органогенезу суцвіття перевірялася на багатьох сортах і формах кукурудзи різного походження [14].

Аналіз промірів зростання стебла в дослідях з вирощуванням кукурудзи в умовах короткого дня показує, що при зближенні термінів настання у волоті і верхніх качанів шостого - восьмого етапів органогенезу крива приростів приймає одновершинний характер [14]. Довжина міжвузля стебла не залишається постійною. Характер цих змін дуже різний у різних видів рослин. Найбільшою довжини у дозрілих рослин ультраскоростиглих сортів досягає міжвузля, що несе волоть.

У кукурудзи, як і у пшениці, ячменю і вівса, в районах з найбільш сприятливими умовами розвитку і зростання для районованих сортів закономірним є послідовне подовження міжвузлів від нижніх до верхніх; таким чином, кожне наступне міжвузля досягає більшої довжини в порівнянні з попереднім і найбільшої довжини досягає міжвузля, що несе суцвіття.

Відхилення від нормальної біологічної кривої зростання міжвузля свідчать про наявність несприятливих умов розвитку і зростання головного стебла. Починаючи з третього етапу перехід від одного етапу органогенезу волоті до іншого при нормальних умовах зростання тягне за собою на кожному етапі зміни в темпах росту стебла за рахунок чергових верхніх міжвузлів.

У пізньостиглих сортів третього морфологічного типу в ряді випадків самі верхні міжвузля залишаються укороченими і вузли, що

зближують. Такі сорти таять в собі великі потенційні можливості значного підвищення врожайності зеленої маси. В умовах високої агротехніки, при внесенні великих доз добрив ростові процеси верхніх міжвузлів можна значно підсилити [21].

Знання корелятивних зв'язків між органогенезу вегетативних та генеративних органів і продуктивністю рослин також має велике значення для оцінки вихідного матеріалу в селекції кукурудзи. Можливе число міжвузлів стебла і листя визначається на другому етапі органогенезу втечі, вже в цей час у гібридів і самозапилених ліній в першому поколінні можна визначати гетерозис рослин по числу зародкових вузлів і виробляти за цією ознакою бракування гібридів на дуже ранніх етапах їх розвитку та зростання.

Вивчаючи конуси наростання, ступінь і інтенсивність диференціації вегетативних та генеративних органів у кращих гібридів кукурудзи і самозапилених ліній встановлена можливість використання морфофізіологічного методу попереднього (в фазі 5-7 листків) бракування генетичних комбінацій кукурудзи шляхом вирощування самозапилених ліній і гібридних форм в осінньо-зимовий період в парниках або теплицях [14].

При цьому дуже важливо, щоб довжина дня встановлювалася близькою до природних умов зростання кукурудзи в тій чи іншій зоні. За кількістю стеблових вузлів можна судити про довжину вегетаційного періоду майбутнього гібрида, а за розміром і кількістю колосків чоловічого і жіночого зародкових суцвіть - про продуктивність рослини. В даний час метод ранньої оцінки гетерозисних властивостей самозапилених ліній кукурудзи (або так званих комбінаційних якостей) за допомогою морфофізіологічного аналізу вихідних форм і гібридів на II-IV етапах органогенезу вже застосовується багатьма селекціонерами і може бути рекомендований всім селекційним станціям.

Найбільш широко використовується морфофізіологічний аналіз в селекційній роботі, що проводиться для ранньої діагностики на основі

корелятивних зв'язків між числом міжвузля, скоростиглістю і продуктивністю гібридів кукурудзи.

Про ступінь скоростиглості сорту можна судити і за темпами проходження етапів органогенезу. Перехід від одного етапу органогенезу до іншого чітко розмежовано і зі зміни розмірів конусів наростання волоті.

Більшість зубовидних сортів і гібридів кукурудзи відноситься до середньо-і пізньостиглі типам і тому утворюються в невеликому числі пасинки нормальних качанів не несуть. Вони можуть мати деяке значення як додатковий асиміляційні апарат, але в посушливі роки випаровують воду і негативно впливають на величину врожаю.

Продуктивність рослин залежить в першу чергу від ваги продуктивного качана. Елементи продуктивності качана формуються на III-V етапах органогенезу, коли визначається число рядків в качані і число можливих квіток і зерен уздовж качана, довжина і діаметр качана і, отже, в подальшому загальне число зернин в качані.

Цим визначається порівняно високий коефіцієнт кореляції між загальною продуктивністю рослини, довжиною і діаметром качана. Чим останні більше, тим вище продуктивність особливо у однопочаткових форм. У той же час чітко виявилася особливо в посушливі роки зв'язок між загальною продуктивністю і двухпочатковістю рослин.

2.5 Вплив мінерального харчування на продуктивність кукурудзи

Мінеральне харчування - один із потужних факторів середовища, який надає всебічне вплив на життя рослин, їх продуктивність і найважливіші властивості. Багато дослідників, вирішуючи ті чи інші проблеми мінерального живлення, в якості піддослідного рослини використовували кукурудзу [2, 21].

Для нормального росту і розвитку кукурудзи, як і всіх рослин, необхідні кисень, водень, вуглець, які рослини отримують з води і вуглекислого газу. Крім того, необхідні азот, фосфор, сірка, калій, кальцій, магній (макроелементи); залізо, марганець, бор, мідь, цинк, молібден, кобальт (мікроелементи).

У тканинах кукурудзи часто виявляються також кремній, алюміній, олово, свинець, срібло, золото. Живильні елементи знаходяться в ґрунті в різних формах і станах: а) в розчиненому стані; б) адсорбованими на органічних і неорганічних колоїдах ґрунту; в) у формі нерозчинних неорганічних сполук; г) у вигляді складових частин органічних сполук, залишків рослин і тварин або в складі живих організмів,

Кукурудза дуже чуйна на добрива, що містять азот, калій, фосфор і кальцій. Ступінь чуйності змінюється в залежності від типу ґрунту, кліматичних умов, рівня агротехніки та інших факторів. Споживання кукурудзою елементів мінерального живлення відбувається нерівномірно протягом вегетаційного періоду. Встановлено позитивну кореляцію між накопиченням органічної речовини і споживанням елементів мінерального живлення рослинами кукурудзи [21].

При цьому виявлено, що вміст азоту, калію і кальцію в міру дозрівання рослин поступово зменшується, в той час як зміст магнію збільшується; вміст фосфору змінюється відносно мало, трохи зростаючи до середини вегетаційного періоду. Поглинання і споживання кукурудзою елементів мінерального живлення відбувається аж до настання повної зрілості насіння, причому основна маса речовин споживається в другій половині вегетації, в період утворення генеративних органів.

Встановлено [21], що накопичення азоту і фосфору в рослинах кукурудзи триває до фази повної стиглості включно, в той час як накопичення калію припиняється трохи раніше - в фазі молочно-воскової стиглості; після цієї фази вміст калію навіть дещо зменшується. Накопичення

найважливіших макроелементів відбувається неоднаково в різних органах кукурудзи.

Калій зосереджується у великих кількостях в стеблах, а потім в листі і зерні; коли настає період формування зерна, спостерігається зменшення калію в листках і стеблах. Кальцію найбільше міститься в листі, а в зерні небагато. Магнію багато в зерні. В ході вегетації кукурудзи співвідношення між азотом, фосфором і калієм в надземних частинах істотно змінюється, що, як правильно вказує Афендулов [2], необхідно мати на увазі при розробці системи добрив кукурудзи.

Морозостійкість кукурудзи підвищується під впливом цинку, молібдену, міді. Слабкіше впливають на її морозостійкість марганець і бор. Передпосівна обробка насіння кукурудзи солями алюмінію виявилася ефективним засобом підвищення її холодостійкості [6]. При низькій температурі ґрунту спостерігається кореляція між затримкою появи сходів, проходженням фаз розвитку рослин і зниженням надходження з ґрунту фосфору і азоту, а також їх подальшим метаболізмом в коренях рослин. При 10-12 °С у кукурудзи сильно сповільнюється перехід фосфору й азоту запасних речовин насіння в легкозасвоювані форми, з цим пов'язано уповільнене використання цих елементів проростками кукурудзи. Сповільнюється також поглинання фосфору корінням, пересування його в листя, а також включення в різні органічні з'єднання, особливо в нуклеопротеїди і розчинні фосфорні сполуки.

Не менш істотні зміни в рослинах кукурудзи під впливом високих температур відбуваються і в азотному обміні. Встановлено, що при обігріві кукурудзи (42 °С) в листі активується протеоліз. В зв'язку з чим збільшується зміст, небілкових форм азоту. Продукти протеолізу в умовах високої вологості швидко перетікають з листя в коріння і включаються в процес синтезу білка. У той час коли рослини оговтуються від перегріву, в їх коренях спостерігається посилене поглинання мінеральних сполук азоту, посилення синтезу амінокислот і амідів. Особливо різко зростає вміст

аланіну. При дії високої температури змінюється співвідношення між вільною і зв'язаною водою в бік збільшення останньої. після зняття дії підвищеної температури співвідношення між вільною і зв'язаною водою складається на користь вільної води [14].

Знижена температура ґрунту на ранніх етапах онтогенезу рослин негативно позначається не тільки на поглинанні азоту і фосфору, а й на поглинанні інших зольних елементів, що і є однією з основних причин поганого росту і розвитку рослин в цих умовах.

Використання тих чи інших елементів мінерального живлення залежить від складу і кількості супутніх іонів. Так, високий вміст в живильному середовищі нітратних іонів сприятливо позначається на поглинанні рослинами кальцію і магнію, тоді як іони амонію пригнічують поглинання кальцію, калію і в меншій ступені магнію.

Поглинання елементів мінерального живлення рослин в сильному ступені залежить від умов аерації. Кукурудза в цьому відношенні не є винятком.

Поглинання азоту, фосфору, кальцію, магнію, калію і води при різного ступеня аерації живильного розчину, показали, що продування живильного (розчину вуглекислим газом знижує поглинання елементів мінерального живлення. Ступінь зниження різна для різних елементів. Так, поглинання азоту, кальцію і магнію знижується набагато менше, ніж калію і фосфору з ґрунтового харчування. Вже давно встановлено залежність поглинання аніонів і катіонів від рН середовища. Характер цієї залежності такий, що в умовах кислої реакції середовища краще поглинаються аніони, а в середовищі з лужною реакцією - катіони; це пояснюється в значній мірі характером дисоціації амфотерних молекул білка при різних рН.

Амонійний азот рослини поглинають інтенсивно при нейтральної або слабокислотній реакції середовища; при високій кислотності середовища його поглинання значно знижується.

На ранніх етапах розвитку рослин кукурудзи поглинання ними азоту при різних рН змінюється в залежності від наявності зернівки. Поглинання елементів мінерального живлення тісно пов'язане також з фотосинтетичною діяльністю листя кукурудзи. В цьому випадку фотосинтез є постачальником енергії, необхідної для поглинання, пересування і засвоєння елементів мінерального живлення, а також першим джерелом органічних речовин, необхідних для включення елементів мінерального живлення в обмін речовин. Встановлено сприятливий вплив світла на поглинання нітратного і амонійного азоту, особливо останнього [16].

Поглинання елементів мінерального живлення йде по-різному на різних етапах життя рослин кукурудзи. Так, фосфор поглинається в значній кількості на ранніх етапах життя (близько 60%), приблизно близько 25% цього елемента поглинається в більш пізній період і тільки 10% в період дозрівання і повного формування врожаю.

Основну масу елементів мінерального живлення кукурудза отримує через коріння. Крім того, широко застосовуються позакореневе підживлення азотом, фосфором і особливо мікроелементами. Широко застосовується також спосіб намочування насіння кукурудзи в розчинах мікроелементів, що дає про багатьох випадках великий ефект продуктивності рослин і глибоко впливає на багато фізіолого-біохімічні процеси в рослинах кукурудзи.

Поглинання елементів мінерального живлення кореневою системою є першим етапом засвоєння їх рослинами. Склад і кількість поглинаються елементів мінерального живлення неоднакові у різних сортів і груп кукурудзи. Особливо чуйна до мінерального ґрунтового харчування гібридна кукурудза. Азотні добрива як при кореновому, так і при некореновим харчуванні позитивно впливають на вміст білка в зерні, але при цьому знижується кількість незамінних амінокислот (в зерні кукурудзи зростає відносна кількість зеїну і тим самим погіршується якість білка).

Якість білка поліпшується, якщо некореневі підгодівлі азоту поєднуються з додаванням марганцю. В цьому випадку якість білка

кукурудзи поліпшується за рахунок відносного збільшення незейнових фракцій. Частка зеїну в білку кукурудзи зменшується при внесенні фосфорних і калійних добрив, причому загальний вміст білка при цьому не знижується. Внесення тільки калійних добрив діє в тому ж напрямку. При внесення калію збільшується вміст деяких незамінних амінокислот у вегетативних органах кукурудзи [2].

Елементи мінерального живлення істотно впливають на процеси обміну речовин в рослинах кукурудзи, в яких вони беруть або безпосередню участь, або входять до складу з'єднань, що регулюють процеси обміну.

Виявом такої участі можуть бути такі інтегральні процеси, як процеси розвитку кукурудзи, зокрема досить чітко виражені зрушення співвідношення між чоловічим і жіночими суцвіттями.

Важливу роль відіграє калій при селекції кукурудзи на багатопочатковість. У кукурудзи багатопочатковість виникає при наявності великих площ харчування для кожної рослини, хорошою забезпеченістю вологою під час всього періоду вегетації і переважанню калію в живильній суміші на головних етапах життя рослин. При дотриманні цих умов властивість багатопочатковості може посилюватися з покоління в покоління.

Відомо, що явища росту й розвитку є інтегральним вираженням всіх обмінних процесів, що протікають в рослині. Специфіка мінерального живлення молодих рослин кукурудзи полягає в тому, що поряд з речовинами, що поглинаються із поживного середовища, що оточує коріння, використовуються і запаси зернівки, зокрема запаси азотистих речовин. Це триває до повного вичерпання запасів ендосперму. Інтенсивність використання запасів азотистих речовин зернівки і його масштаби в значній мірі визначаються рівнем забезпечення рослин азотом.

При удобренні кукурудзи азотом поряд зі збільшенням білку знижується вміст олії. Спільне застосування фосфорних і азотних добрив сприяє збільшенню вмісту олії. Аналогічна закономірність спостерігається

при спільному застосуванні азотних і калійних добрив з тією лише різницею, що вміст олії в цьому випадку ще більше зростає.

Збільшує накопичення жиру в рослині вапнування дерново-підзолистих ґрунтів. Комбінування органічного і мінерального добрив і вапнування позитивно діє на накопичення білку та олії.

3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІ КУКУРУДЗИ НА ПОДІЛЛІ

3.1 Сучасний стан досліджень кліматичних проєкцій майбутнього

Клімат - це довгострокове значення середньодобових погодних умов. Аналіз кліматичних даних забезпечує розуміння клімату в масштабах від всієї Землі до певного місця розташування. Місцеві кліматичні умови обумовлені складними взаємодіями атмосфери з усім, що знаходиться на земній поверхні.

На рубежі двадцятого століття вчені стали висловлювати здогади, що викиди парникових газів в атмосферу призводять до змін клімату. У справедливості цього твердження переконалися в 1970-х роках, коли ранні моделі базових кліматичних умов для недавнього минулого показали зміни. Було виявлено, що результати цих моделей корелюють з кількістю парникових газів, що викликаються природними і людськими процесами [5].

На сьогоднішній день швидкі темпи глобального потепління повністю відповідають першому прогнозу зміни глобального клімату, даним М.І. Будико [4]. Важливо зауважити, що цей прогноз був зроблений на підставі детального вивчення теплового балансу поверхні земної кулі, проведеного радянськими вченими, а також на основі математичних моделей, які включали в себе модель глобальної циркуляції атмосфери [40] і модель глобального круговороту вуглецю [38]. Тому збіг прогнозу з реальним ходом подій не є випадковим і, скоріше, вказує на високий рівень радянської геофізичної науки тих часів. Даний прогноз також передбачає повне зникнення морських багаторічних льодів в Арктиці до 2050 року. На сьогодні цей прогноз також виправдовується. На жаль, він не врахував фактор виходу метану, що в довгостроковому плані робить ці викладки безнадійно оптимістичними.

Згідно з останніми даними IPCC [42], супутникові спостереження фіксують швидке зникнення арктичних багаторічних льодів. За кількома сценаріями IPCC льоди, що залишилися, повинні зникнути в період між 2050-2100 рр., а то й раніше [43].

Такий розвиток подій добре вписується в найбільш агресивний на сьогоднішній день сценарій збільшення атмосферної концентрації вуглекислого газу, іменованій в IPCC як RCP 8.5, «business as usual» або сценарій з мінімальним контролем викидів.

До теперішнього моменту підвищення атмосферної температури також відповідає цим сценарієм, із застереженням на точність математичних моделей, які відрізняються один від одного за основним критерієм чутливості до подвоєння атмосферного CO₂. Зараз весь спектр цього параметра варіюється між 1.8 до 5.6 градусів потепління [45].

Останнім часом з'явилася нова інформація, яка була недоступна М.І. Будико і укладачам прогнозів IPCC в 2014 році. Перш за все, це перегляд сумарних оцінок запасів метану у вічній мерзлоті, які на сьогоднішній день складають 1670-1850 Пг (1 Пг = 1015 р, або мільярд тонн) вуглецю [36]. Це дуже великі величини. На масштабі 20 років парниковий потенціал метану приблизно в 86 разів перевищує потенціал вуглекислого газу. На масштабі в 100 років таке перевищення становить 34 рази. Одноразово при вивільненні лише 10% від загального вуглецю вічної мерзлоти в формі метану в атмосферу призведе до посилення парникового ефекту планети до такого ж рівня, як і збільшення атмосферної концентрації CO₂ в 7-8 разів, що призведе до збільшення середньої температури приблизно на 10 градусів і виключить стійкий стан обледеніння Гренландії та Антарктиди. Останній раз такий клімат був в пізньому Міловому періоді, приблизно 65-100 мільйонів років тому.

По-друге, вітчизняні вчені схиляються до того, що швидкість надходження метану в атмосферу продовжить своє збільшення в тому числі й через танення вічної мерзлоти і потепління в Арктиці. Ті ж автори

попереджають, що вже в найближчі десятиліття емісія метану тільки з многолетнемерзлих ґрунтів (ММГ) може зрівнятися з сучасним сумарним надходженням в атмосферу або навіть перевищити його. Більш того, деякі дослідження не виключають можливість «вибухового» виходу цього надзвичайно ефективного парникового газу в атмосферу [44]. Під вибуховим виходом мається на увазі вихід метану з поверхневого активного шару вічної мерзлоти на тимчасовому масштабі від декількох днів до декількох років.

Можливий вибуховий вихід метану на 2% площі вічної мерзлоти в північній півкулі призведе до таких же наслідків, як і поступове збільшення атмосферної концентрації вуглекислого газу по найбільш небажаного сценарію з прийнятих експертами ООН: IPCC RCP 8.5 [44]. На відміну від RCP 8.5, де збільшення температури до 5°C очікується тільки до 2100 г, сценарій вибухового виходу метану може привести до таких же кліматичних наслідків вже в 2030-2040 роках.

Хоча причини і масштаби потепління в минулому були різні, є підстави вважати, що вони можуть бути використані як аналоги для відтворення регіональної картини майбутнього клімату. В основі такого припущення лежить Палеокліматичні гіпотеза, згідно з якою просторові розподіли температури повітря і опадів для значної частини кулетів Землі, існували в різні епохи і очікуваних в майбутньому, досить схожі, і в малому ступені залежать від причин, що викликали потепління. Іншими словами, регіональні зміни температури повітря та опадів в різні періоди пропорційні зміні середньої річної глобально середньої температури повітря, яку можна використовувати в якості унормує функції для переходу від відомої в будь-якої початковий момент часу регіональної картини клімату до його наступним станам.

З практичної точки зору, для України підвищення глобальної температури на 5 і вище градусів є катастрофічним в повному сенсі цього слова, багато моделей передбачають збільшення частоти і тривалості посух в

центральных і південних районах країни, що також негативно позначиться на сільському господарстві півдня України.

Слід мати на увазі, що на короткому інтервалі часу після вибухового виходу метану економічні втрати будуть проявлятися практично миттєво, а економічні вигоди (наприклад приріст лісів) зажадають певного періоду очікування.

У світовому науковому співтоваристві давно встановився повний науковий консенсус щодо причин глобального потепління, пов'язаних з діяльністю людини. Однак, незважаючи на надії на можливість скорочення викидів, кожен раз звучать в обговоренні результатів наукових досліджень, ситуація продовжує розвиватися в бік погіршення. При цьому надходять нові дані, відбуваються події, що роблять негативний вплив на клімат (хвилі пожеж в Каліфорнії, Сибіру і Австралії), не кажучи вже про цінову війну, що розгорнулася на ринку нафти і газу, яка робить менш привабливими інвестиції у відновлювану енергетику на тлі падіння попиту на енергоресурси. Все це змушує знову повернутися до проблеми пошуку найбільш реалістичного сценарію розвитку ситуації.

На даний момент світове кліматичне співтовариство не має консенсусу з приводу ймовірності здійснення описаного вище сценарію вибухового виходу метану, який за умови накладення на сценарій RCP 8.5 ми могли б назвати Самим Поганим Сценарієм 2030 або, використовуючи ситуацію, що термінологію, RCP 8.5+. Дійсно, як показано вище, такий сценарій може призвести до зростання температури на кілька градусів практично миттєво, протягом лише кількох років. За словами кліматолога з Державного Університету Штату Нью Йорк Андрія Лапеніса, розробка Самого Поганого Сценарію, який передбачає швидкий вихід метану в атмосферу, зробить класичний сценарій RCP 8.5 аж ніяк не самим катастрофічним. Це тим більш актуально, оскільки деякі дослідники ратують за те, щоб RCP 8.5 розглядався як абсолютно екстремальний сценарій з дуже низькою ймовірністю здійснення. Такі дивні пропозиції з'являються з суто політичних мотивів і не

допомагають оцінці всього діапазону можливих впливів людини на клімат. Наприклад, недавня публікація в журналі Nature [39] закликає кліматологів не розглядати RCP 8.5 в якості сценарію з тією ж імовірністю, що і менш агресивні сценарії. Автори [39] аргументують це боязню створити у політиків враження про непоправності ситуації і, отже, відмови від подальших міжнародних переговорів щодо обмеження викиду парникових газів.

Також триває пов'язана з тим же питанням дискусія про роль країн ООН в зниженні викидів парникових газів. Так, наприклад, критикуються позиції Росії і Туреччини. Ці дві країни наводяться в якості країн, які досягли зниження викидів не через активної внутрішньої політики щодо переходу на енергозберігаючі технології, а через економічну занепаду або формального обліку викидів [41].

Втім, Австралія, яка є одним з провідних постачальників кам'яного вугілля в Китай. Недавні пожежі поставили питання про відповідальність країн за що відбуваються на їх території процеси з новою гостротою. Однак, можна стверджувати, що привабливість стратегій по зниженню викидів виявиться кілька зниженою в найближчому майбутньому через крайню доступності вуглеводнів внаслідок обвалу цін на нафту на світових ринках.

Ситуація ускладнюється тим, що в найнебезпечніших з точки зору зміни клімату юрисдикціях, що не ведеться серйозного моніторингу виходу парникових газів там, де це дійсно необхідно. Ми практично нічого не знаємо про те, що відбувається з метаном в районах боліт і на великих арктичних територіях.

Пропоновані заходи щодо визначення ймовірності сценарію вибухового потепління:

1. Необхідні інтенсивні і невідкладні заходи, спрямовані на встановлення реальної ситуації щодо можливого вибухового виходу метану з вічної мерзлоти, включаючи можливий «відгук» арктичних озер і боліт.

2. Так само очевидно, що нам необхідно вийти на новий рівень наукової комунікації, що неможливо без певного зміни підходів і, зрозуміло,

розвитку відкритої науки. Тільки публікація результатів досліджень в найкоротші терміни у відкритому доступі може створити умови, необхідні для реальної мобілізації наукового співтовариства для вирішення завдань, важливість яких, з точки зору людства, набагато вище, ніж у «атомного проекту», заради якого довелося створити цілу індустрію.

3. Необхідно в стислі терміни розробити національні пропозиції щодо подальшого реального скорочення викидів парникових газів, а також уточнення заходів адаптації України до тим, що відбувається і майбутніх змін клімату.

По всій видимості, саме завдання технологічної модернізації і зниження викидів повинні стати пріоритетним критерієм при виділенні коштів державної підтримки для компаній і корпорацій України та запобігання перетворення кліматичної кризи в глобальну природну катастрофу.

Сьогодні вчені виробляють майбутні кліматичні прогнози з використанням загальних моделей циркуляції, в яких змінюється кількість парникових газів. Оскільки неможливо знати їх точні майбутні концентрації, ці загальні моделі циркуляції запускають з різними потенційними сценаріями кількості парникових газів. Ці сценарії називаються Репрезентативні траєкторії концентрацій (RCP) [5]. У 2014 році Міжурядова група експертів зі зміни клімату прийняла чотири стандартних РТК з концентраціями парникових газів, які додають такі рівні радіаційного впливу: 2.6, 4.5, 6.0 та 8.5 Вт/м². Ці сценарії дають діапазон від найкращого (2.6) до гіршого (8.5) сценарію емісії парникових газів в атмосферу. Більшість кліматологів використовують ці сценарії для прогнозування майбутніх кліматичних проєкцій з 20-річним приростом, починаючи з 2020 року. Так, РТК 6.0 є сценарієм стабілізації, коли рівні радіаційного впливу стабілізуються, не перевищуючи 6.0 Вт/м² до 2100 року [37]. Сценарій 6.0 вважається реалістичною можливістю. Стандартні результати загальних моделей

циркуляції для цього сценарію включають проєкції на 2020-2039 та 2040-2059 роки.

3.2 Оцінка агрокліматичних умови вирощування кукурудзи в умовах зміни клімату

Кліматичні зміни суттєво впливають на сільське господарство. Вологість в регіонах розподілена дуже нерівномірно: на півночі кількість дощів збільшилася, на півдні їх, навпаки, не вистачає. Від посухи зараз найбільше страждає Середземномор'я і південний схід Європи (включно з Україною): продуктивних опадів мало, а температура повітря підвищується. Однак це дозволяє вирощувати деякі екзотичні культури.

У Східній і Центральній Європі збільшується ймовірність злив і підтоплення земель, що використовуються в сільському господарстві. А в північній частині Європи в зв'язку з глобальним потеплінням зараз нарешті з'явилася можливість успішного ведення агробізнесу. Надалі врожайність культур буде лише зростати, прогнозують експерти [37].

Одним із найпростіших методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-якої метеорологічної величини є порівняння з минулими даними, зокрема, середніми багаторічними величинами за базовий період. В даному дослідженні за базовий береться період з 1991 по 2010 рр. Для оцінки можливих змін клімату нами було використано сценарій RCP6.0 (репрезентативні траєкторії концентрації), як найбільш реалістичний.

Агрокліматичні умови періоду вегетації кукурудзи за умов кліматичних змін RCP6.0 на Поділлі на прикладі Вінницької області у порівнянні з середньо багаторічними даними (1991 - 2010 рр.) представлено на рис.3.1. Наочно бачимо, що період вегетації кукурудзи за умов реалізації сценарію «клімат» буде проходити на фоні значно підвищених температур та зменшеної кількості опадів в середині та наприкінці вегетації. А ось на

початку вегетації – в травні очікується збільшенням опадів протягом всього місяцю.

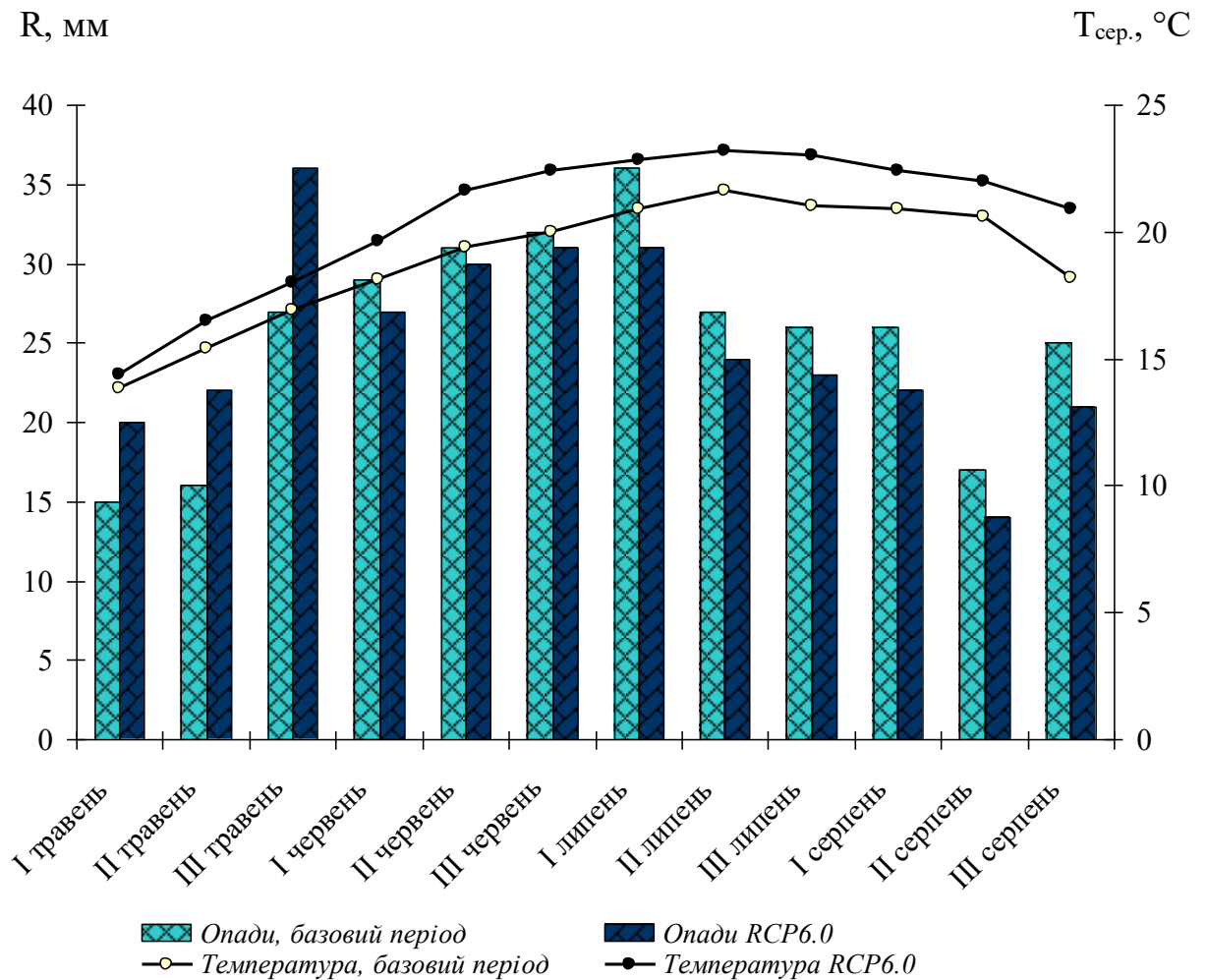


Рисунок 3.1 – Агрокліматичні умови періоду вегетації кукурудзи в Вінницькій області України за кліматичними змінами RCP6.0 у порівнянні з середніми багаторічними даними

Розглянемо, як під впливом сценарію RCP6.0 зміняться дати настання фаз розвитку кукурудзи, оцінимо агрометеорологічні періоду вегетації розвитку культури по між фазним періодам та порівняємо отримані результати (табл. 3.1 та табл. 3.2). В середньому сіють кукурудзу в даному регіоні наприкінці другої декади квітня (17 квітня). Під впливом кліматичних змін терміни сівби очікуються на п'ять днів раніше – 12 квітня. За

сценарними розрахунками поява сходів очікується 8 травня, що на три дні раніше, ніж за багаторічними даними (11 травня).

Таблиця 3.1 - Фази розвитку кукурудзи за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP6.0

Період	Сівба	Сходи	Викидання волоті	Молочна стиглість	Воскова стиглість	Тривалість періоду, дні
1991-2010	17.04	11.05	26.06	20.07	16.08	121
RCP6.0	12.04	8.05	20.06	17.07	2.08	112
Різниця	-5	-3	-6	-3	-12	-9

Сума активних температур, що накопичилась за період сівба-сходи за середніми багаторічними даними становить 300 °С, за сценарними даними очікується трохи більш – 328 °С, але й тривалість періоду за сценарними даними очікується на два дні довше. Показник середньої температури повітря за сценарними даними та за багаторічними очікується на рівні. Значні зміни очікуються за сумами опадів, так, за сценарієм – на 41% вище, ніж за багаторічними умовами (табл. 3.1 та табл. 3.2).

Викидання волоті у кукурудзи за багаторічних умов відбувається наприкінці червня (26 червня) при накопиченні суми активних температур близько 820 °С, за умов кліматичних змін ця фаза очікується 20 червня, що на шість днів раніше, тривалість періоду в цілому зменшиться на чотири дні, а сума активних температур буде близько 804 °С. За умов кліматичних змін середня температура повітря за період сходи-викидання волоті очікується на рівні 19,1 °С, що на 1,3 °С вище, ніж за базових умов. За сумами опадів значних на очікується.

Після викидання волоті у кукурудзи настає фаза молочної стиглості. За багаторічних умов вона відбувається при накопиченні суми активних температур близько 505 °С наприкінці липня (20 липня), за умов кліматичних

змін ця фаза очікується 17 липня (в цілому тривалість періоду зменшиться на два дні) при накопиченні суми активних температур близько 498 °С.

Таблиця 3.2 – Оцінка агрометеорологічних умов вирощування кукурудзи в період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценарієм RCP6.0

Сівба - сходи				
Показник	середня температура повітря за період, °С	сума активних температур за період, °С	сума опадів за період, %	Тривалість періоду
1991-2010	12,5	300	100	24
RCP6.0	12,6	328	141	26
Різниця	+0,1	+28	+41	+2
Сходи – викидання волоті				
1991-2010	17,8	820	100	46
RCP6.0	19,1	804	98	42
Різниця	+1,3	-16	-2	-4
Викидання волоті – молочна стиглість				
1991-2010	21,0	505	100	24
RCP6.0	22,6	498	88	22
Різниця	+1,6	-7	-12	-2
Молочна стиглість – воскова стиглість				
1991-2010	20,9	564	100	27
RCP6.0	23,0	483	76	21
Різниця	+2,1	-81	-24	-6
Сходи – воскова стиглість				
1991-2010	18,1	2189	100	121
RCP6.0	19,0	2113	96	111
Різниця	+0,9	-76	-4	-10

За умов кліматичних змін середня температура повітря за період викидання волоті-молочна стиглість очікується на рівні 22,6 °С, що на 1,6 °С

вище, ніж за базових умов. За сумами опадів також очікується різниця. Так, за кліматичних змін кількість опадів за період викидання волоті-молочна стиглість зменшиться на 12% (табл. 3.1 та табл. 3.2).

Фазою молочної стиглості неминуче йде воскова. За багаторічних умов вона відбувається при накопиченні суми активних температур близько 564 °С в середині серпня (16 серпня), за умов кліматичних змін ця фаза очікується 2 серпня (в цілому тривалість періоду зменшиться на шість днів) при накопиченні суми активних температур близько 483 °С. За умов кліматичних змін середня температура повітря за період молочно стиглість - воскова стиглість очікується на рівні 23,0 °С, що на 2,1 °С вище, ніж за базових умов. За кількістю опадів також очікується значна різниця - за кліматичних змін кількість опадів за період викидання молочно-воскова стиглість зменшиться на 24%.

В цілому за період вегетації значних змін не очікується, але є перерозподіл, іноді дуже значний. Так, за всіма періодами за сценарними даними, крім періоду сівба-сходи, очікується зниження кількості опадів. Аналогічна ситуація спостерігається й з іншими показниками. Також за кліматичних змін очікується скорочення тривалості міжфазних періодів, це пов'язано зі збільшенням середньої температури повітря, що в свою чергу викликає пришвидшення настання наступних фаз розвитку культури.

3.3 Оцінка продуктивності посіви кукурудзи в умовах зміни клімату

Вивчення впливу окремих технологічних прийомів на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, як правило, супроводжується спостереженнями за особливостями фотосинтетичної діяльності в посівах.

Це питання надзвичайно важливе, оскільки зміна умов зростання рослин неминуче, прямо або побічно, впливає на продукційний процес, а відповідно й на формування врожаю.

Численні дослідження [8, 16] свідчать, що продуктивність рослин тісно пов'язана з ростом і фотосинтезом - двома кардинальними фізіологічними процесами. Створення фотосинтетичного апарату високої активності є першою умовою для отримання значної продуктивності посіву. Друга не менш важлива умова - це створення фотосинтетичного апарату, достатнього за розміром, тобто отримання оптимальної площі листя.

Основними показниками, що характеризують продукційний процес в посівах, є площа листя, індекс листової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу.

Висока продуктивність кукурудзи обумовлена ще й тим, що асиміляція вуглецевого газу відбувається, як і інших тропічних рослин по дуже ефективному циклу. Фотосинтетична продуктивність на одиницю листової поверхні і на одиницю часу в 2-3 рази вище, ніж у сільськогосподарських культур з помірної кліматичної зони.

Розглянемо відмінності в інтенсивності нарощування площі листя у кукурудзи за всіма варіантами. Так, площа листя в період максимального розвитку в середньому за багаторічний період становить $3,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (табл. 3.3), за умовами зміни клімату RCP6.0 очікується зменшення площі листя до $4,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за умовами RCP6.0+CO₂, також очікується збільшення площі листя кукурудзи в порівнянні обома попередніми варіантами - до $4,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

На рисунку 3.2 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів кукурудзи на Поділлі в умовах зміни клімату RCP6.0 та RCP6.0+CO₂ у порівнянні з базовим періодом. Як бачимо, впродовж вегетаційного періоду динаміка наростання площі листя як за кліматичними змінами так й за багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються. Але у всіх випадках ці значення відповідають між фазному періоду вегетації викидання волоті – молочна стиглість.

Таблиця 3.3 - Показники фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

Період	Варіант	Період максимального росту			Суша біомаса цілої рослини, г/м ²	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, м ² /м ²	приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за добу	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу		
1991-2010	Базовий	3,7	264,6	8,5	954,8	100
2021–2050	RCP6.0	4,3	249,7	6,8	943,9	89
	RCP6.0+CO ₂	4,9	292,8	7,9	1099,2	98

L, м²/м²

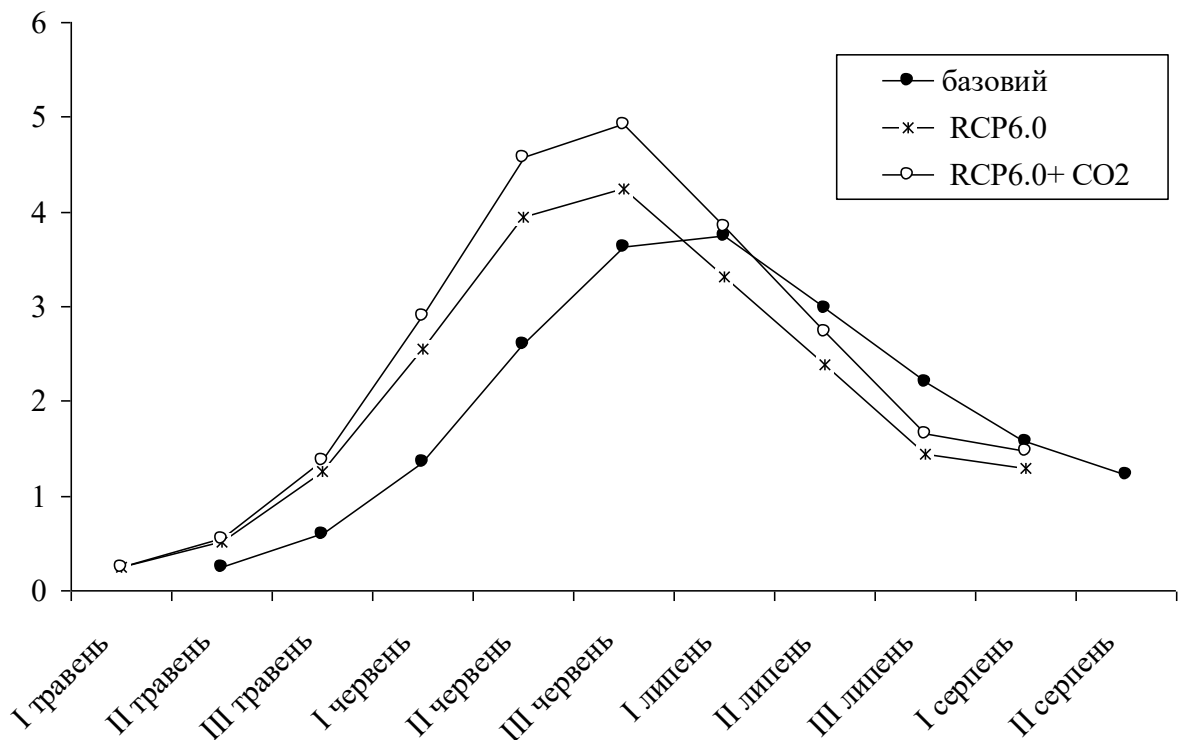


Рисунок 3.2 - Динаміка відносної площі листя (L) посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

На рисунку 3.3 представлена динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу посівів кукурудзи за умовами зміни клімату у порівнянні з середніми багаторічними значеннями.

Фотосинтез становить основу первинної біологічної продуктивності природних екосистем і визначає формування врожаїв в посівах сільськогосподарських рослин. На інтенсивність процесу фотосинтезу впливають освітленість, температура та інші фактори середовища.

Розглянемо графік динаміки середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу посівів кукурудзи на Поділлі в умовах зміни клімату RCP6.0 та RCP6.0+CO₂ у порівнянні з базовим періодом. Але у всіх випадках ці значення відповідають між фазному періоду вегетації викидання волоті – молочна стиглість.

ИФ, мгСО₂/(дм²*година)

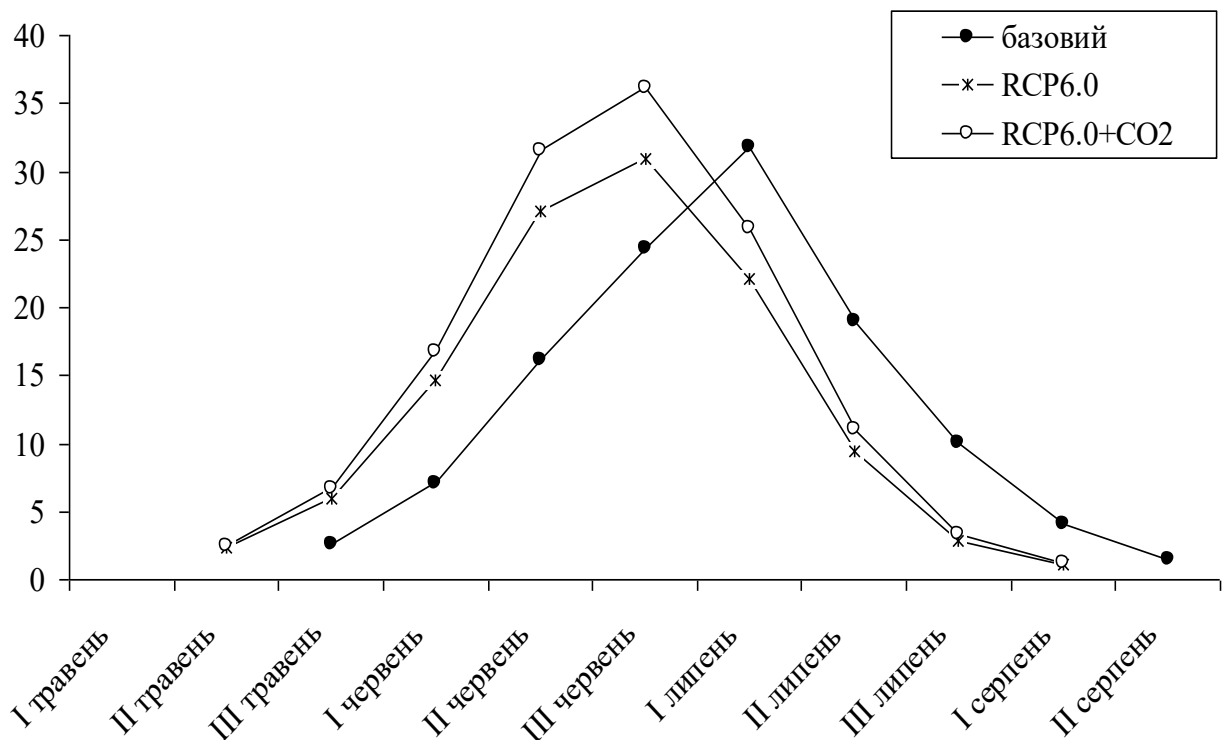


Рисунок 3.3 - Динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу (ИФ) посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

За кліматичним сценарієм RCP6.0 очікується незначне зменшення максимального значення інтенсивності фотосинтезу за декаду до $30,1 \text{ мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{годину})$ у порівнянні з базовими умовами ($31,8 \text{ мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{годину})$). А у випадку зі сценарієм RCP6.0+CO₂, навпаки очікується збільшення до $36,2 \text{ мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{годину})$. Але у всіх випадках ці значення відповідають між фазному періоду вегетації викидання волоті – молочна стиглість.

Взаємозв'язок рослин в агроценозах носить непостійний характер, що залежить від багатьох факторів. Головним завданням для отримання високих врожаїв є створення такого посіву, в якому б максимально розкривалися потенційні можливості фотосинтетичної діяльності рослин в агроценозах. Цього можна домогтися при створенні сприятливих умов для зростання і розвитку рослин.

Зростання рослини і його біологічна продуктивність - результат, насамперед, фотосинтетичної діяльності, в ході якої утворюється до 95% органічних сполук. Тому зростання рослини, формативний, орґаноутворювальний і зростання, як збільшення сухої біомаси починається, головним чином, слідом за формуванням фотосинтетичної системи листа і здійснення процесу фотосинтезу. Лист як орган фотосинтезу є центром утворення первинних продуктів, їх метаболізації і евакуації в органи запасів.

Одним з показників, що характеризують продукційний процес рослин, є чиста продуктивність фотосинтезу. На рисунку 3.3 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями.

Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи в середньому за багаторічними умовами становить $8,5 \text{ г/м}^2$ (табл. 3.4). За умовами кліматичних змін RCP6.0 значення чистої продуктивності очікується значно зменшеним – $6,8 \text{ г/м}^2$, за умовами кліматичних змін RCP6.0+CO₂ значення чистої продуктивності очікується на рівні $7,9 \text{ г/м}^2$. Це

пов'язано з реакцією рослин на підвищення CO_2 , так за умов збільшення CO_2 в повітрі відбувається збільшення площі листя.

ЧПФ, г/м^2

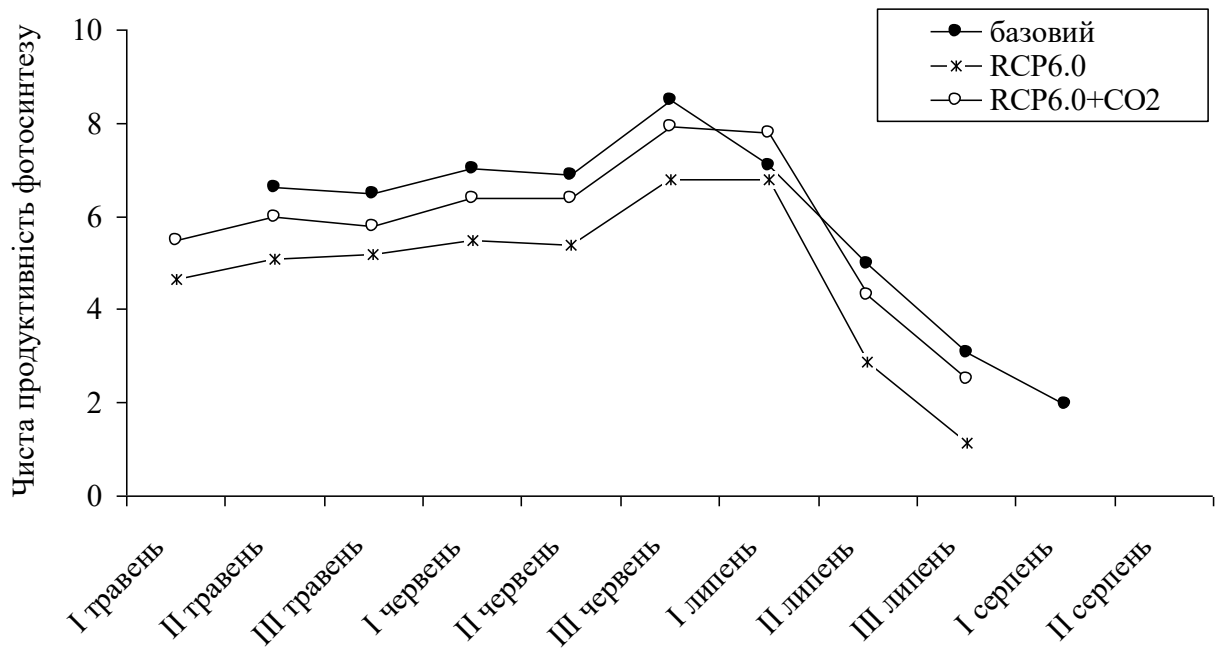


Рисунок 3.4 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

Така реакція рослин на підвищення CO_2 обумовила і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси кукурудзи та її приростів (табл. 3.3).

Динаміка приростів сухої біомаси цілої рослини кукурудзи в період сівба – воскова стиглість в очікуваних умовах зміни клімату у порівнянні з середніми багаторічними значеннями представлено на рис.3.5. Розглянемо ці зміни. Так, максимальні значення приросту загальної сухої біомаси посівів кукурудзи в середньому за багаторічними умовами становить $264,6 \text{ г/м}^2$ (табл. 3.3). Збільшення значення приросту очікується за кліматичним сценарієм RCP6.0+CO_2 – $292,8 \text{ г/м}^2$, а за умовами кліматичних змін RCP6.0 очікується на рівні $249,7 \text{ г/м}^2$.

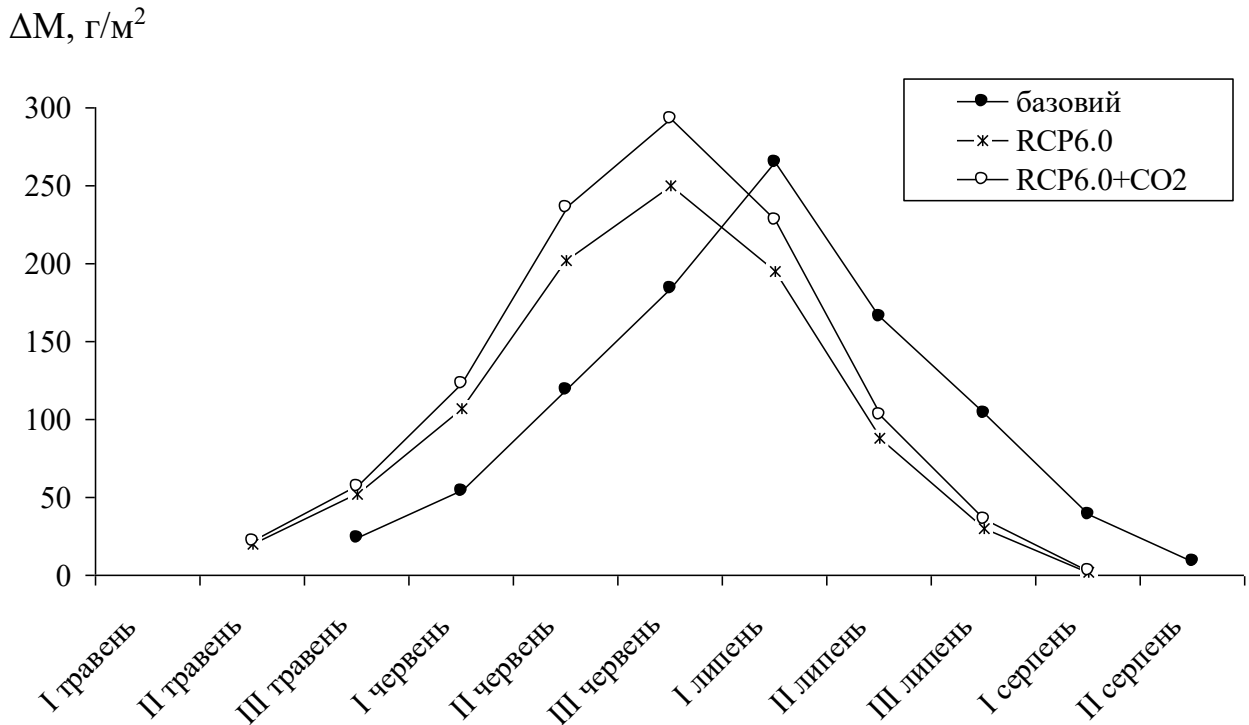


Рисунок 3.5 – Динаміка приростів загальної сухої біомаси посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

Динаміка сухої біомаси цілої рослини кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями представлено на рис. 3.6.

Розглянемо ці зміни, так, максимальне значення загальної сухої біомаси посівів кукурудзи в середньому за багаторічними даними становить $954,8 \text{ г/м}^2$ (табл. 3.3). Збільшення сухої біомаси очікується за сценарієм RCP6.0+CO₂ до $1099,2 \text{ г/м}^2$, а за умовами кліматичних змін RCP6.0 очікується зниження до рівня $943,9 \text{ г/м}^2$ (рис. 3.6).

Головним результатом обробітку будь якої зернової культури, що вирощується на продовольчі цілі, є отримання зерна високої якості. Так, за умовами кліматичних змін RCP6.0 очікується зменшення врожайності

кукурудзи на 11 %, а умовами кліматичних змін RCP6.0+CO₂ очікується збільшення врожайності на 5 %.

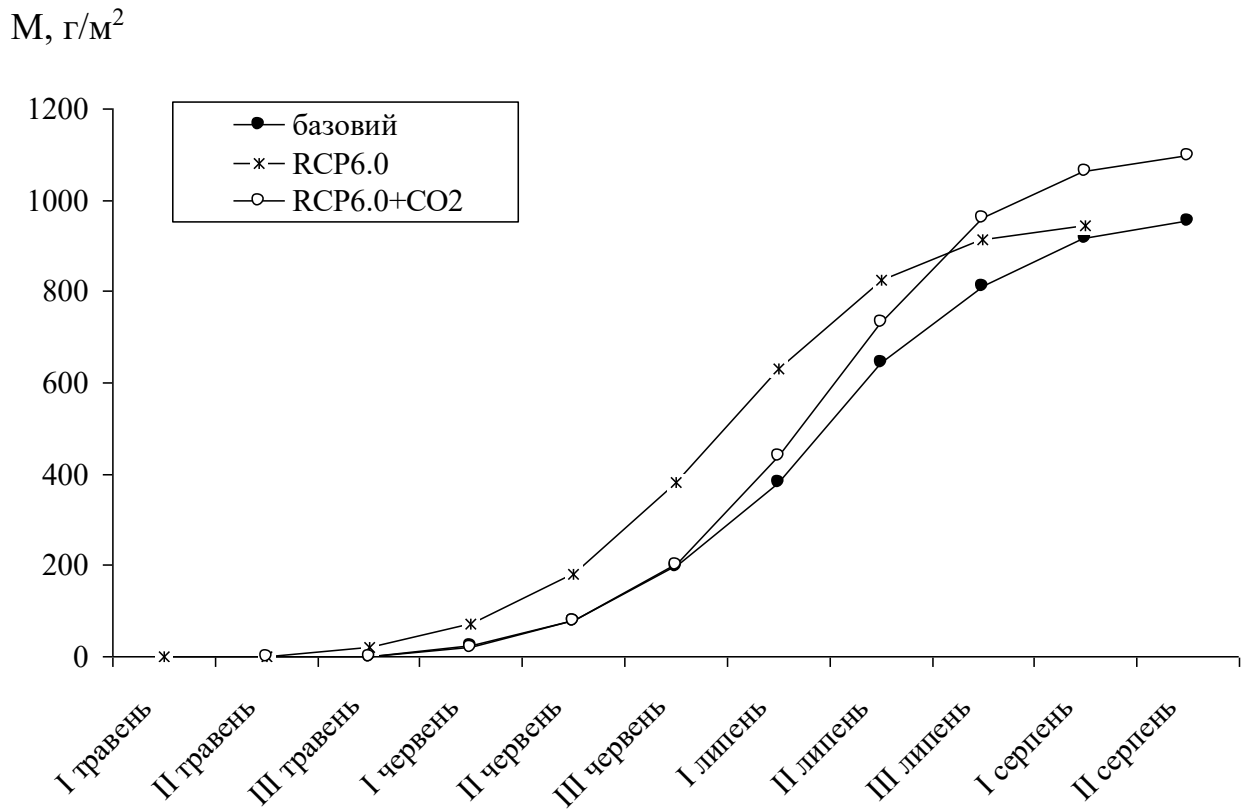


Рисунок 3.6 – Динаміка загальної сухої біомаси посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями

4 ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ПОДІЛЛЯ

4.1 Динаміка виробництва кукурудзи в Україні

Збільшення виробництва продуктів харчування безпосередньо залежить від підвищення валових зборів продовольчого і фуражного зерна. У рішенні зернової проблеми важлива роль відводиться кукурудзі як найбільш продуктивній зернофуражній культурі.

У світі за останні десятиліття кукурудза характеризується найбільш високими темпами зростання врожайності серед зернових культур. В останні роки намітилася тенденція збільшення площ, відведених під обробіток кукурудзи [23, 24].

Урожайність кукурудзи в Україні в 2019 році становила 7,2 т/га, що на 31% нижче від середньої врожайності в США. За посівними площами під кукурудзою Україна має 9-те місце в світі - 4,6 млн. га. Україна посідає шосте місце в світовому виробництві кукурудзи в 2019 році, з обсягом виробництва 35,5 млн. тонн.

Динаміка виробництва кукурудзи в Україні представлено на рис. 4.1. Наочно бачимо, що починаючи з середини 90-х рр. поступово відбувається збільшення обсягів виробництва зерна: якщо в 1990 році було отримано 4737 тисяч тонн, то в 2019 році - 35840 тисяч тонн. Настільки високий приріст досягнутий як за рахунок зростання посівних площ (більш ніж в 4 разів), так й за рахунок зростанням врожайності культури (на 85,8 %).

Станом на 2019 рік лідерами за обсягом посівних площ, що зайнято під кукурудзою по областях є: Чернігівська – 38,0 % , Сумська – 34,5%, Черкаська - 34,0%, Закарпатська - 26,5%, Вінницька – 25,0%, Кіровоградська – 22,4 % від рілля в області [32].

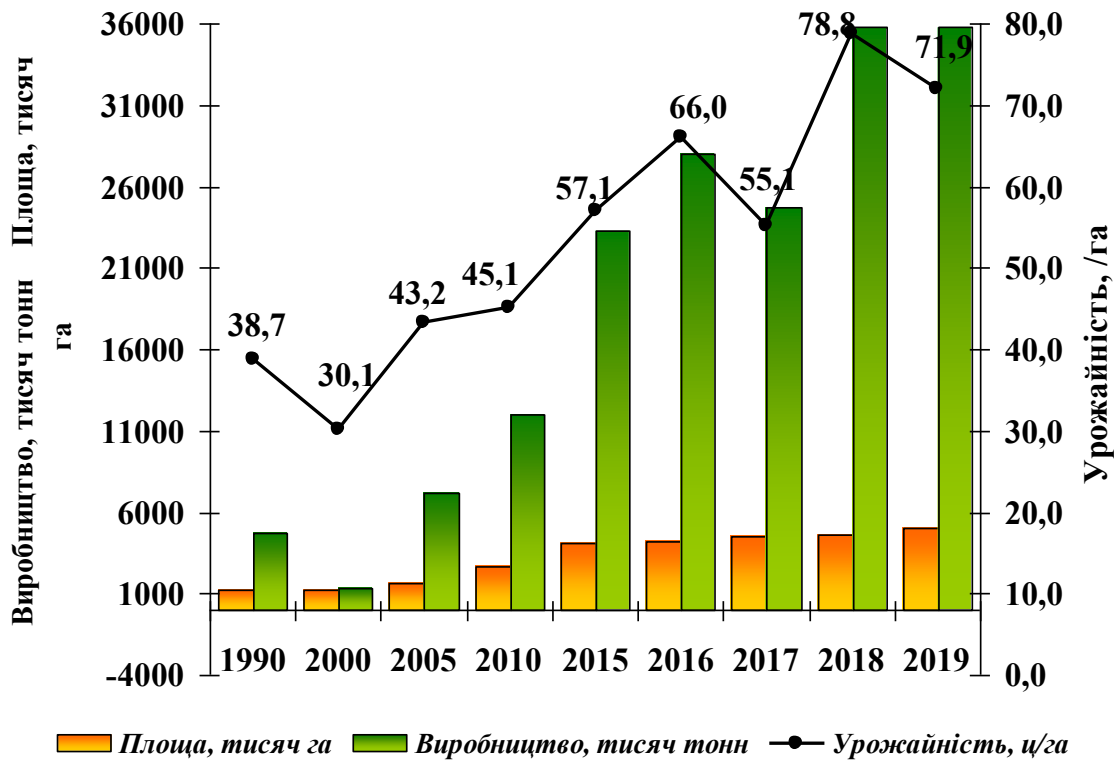


Рисунок 4.1 - Динаміка виробництва кукурудзи в Україні, побудовано за даними Державної служби статистики України [32].

Найбільші врожаї зерна кукурудзи в 2019 року отримано в Хмельницькій (94,1 ц/га), Волинській (93,3 ц/га), Тернопільській (91,9 ц/га), Вінницькій (86,7 ц/га) та Херсонській (32,2 ц/га) областях. Найнижчі врожаї насіння соняшнику в 2019 року отримано в Миколаївській (44,2 ц/га), Одеській (43,4 ц/га) та Донецькій (36,3 ц/га) областях [32].

Сьогодні поширення кукурудзи не зупинити - економічна сторона залишається занадто сильною, навіть з такими низькими цінами, як сьогодні. На кукурудзі досить просто заробити гроші. Звичайно, у господаря буде трохи більше роботи, йому буде потрібно більше обладнання, але на цьому можна підняти непогані гроші, тому він буде вирощувати кукурудзу.

Основні зміни почались на початку 2000-х років. Саме тоді дійсно почали поліпшуватися сорти кукурудзи. Біотехнології зіграли в цьому свою роль. Біотехнологічні сорти кукурудзи продовжували виводити, на відміну

від пшениці і ячменю. Тепер ми маємо багато варіантів, як отримати етанол, і широкий ринок його виробництва.

Збільшення обсягів вирощування кукурудзи змінило український пояс сільськогосподарського виробництва. Кукурудзяний пояс перемістився на північ і захід, поступово витісняючи пшеницю, овес і ячмінь. На сьогодні немає жодної культури, яка змогла б витіснити кукурудзу. Вирощування кукурудзи дає підприємцям можливість отримати більший прибуток через високу врожайність і розширення ринків. За рахунок цього вони стають багатшими і мають можливість купувати нове обладнання й ще більше розвивати виробництво кукурудзи.

4.2 Просторово-часова оцінка мінливості врожайності кукурудзи на Поділлі

Дослідження з проблеми аналізу динаміки врожайності сільськогосподарських культур і її прогнозування є дуже актуальними як в практичному відношенні, так і в теоретичному. Виробничий вихід таких досліджень конкретний аналіз і прогнозування врожайності різних сільськогосподарських культур в кожному з природних і економічних районів країни.

При цьому слід зазначити, що в кожному районі подібні дослідження необхідно повторювати заново з періодичністю не рідше п'яти років, з метою коригування параметрів тренда врожайності, коливання, а значить, і прогнозів урожайності на кожне наступне п'ятиріччя.

Теоретично-методичний аспект проблеми полягає в її об'єктивної складності, в залежності врожайності від дуже великого числа якісно різних факторів, вивченість впливу яких на врожайність ще дуже далека від точної і беззастережно прийнятною виробництвом кількісної характеристики.

Існуючі методики вирішення будь-якої приватної завдання далеко не вичерпують глибину проблеми, і є лише більш-менш близьким наближенням до її вирішення. Різні етапи дослідження динаміки врожайності та її прогнозування досліджені не в рівній мірі. Можна сказати, що в працях радянських статистиків Обухова В.М. [17], Манеллі А.І.[15] досить докладно розроблена методика визначення типу основної тенденції динаміки врожайності, періодизації динамічного ряду, методика обчислення параметрів рівняння тренду. Чимало зроблено ними для постановки і рішення задачі дослідження коливань врожайності, її зв'язку з природно-кліматичними і виробничими факторами, але все ж ця задача вирішена далеко не повністю. Зокрема, вимагає дослідження фактична закономірність розподілу ймовірностей відхилень врожайності окремих років від тренда для різних культур і районів країни, яка тільки в дуже грубому наближенні близька до нормального закону розподілу ймовірностей.

Ще багато невирішених питань міститься в методах прогнозування і моделювання врожайності, а також в практичному використанні результатів аналізу динаміки врожайності для характеристики ефективності застосовуваної агротехніки, рівня організації та управління виробництвом. Безсумнівно, завданням агрономічної науки і виробничої реалізації результатів її рішення по відношенню до врожайності повинна бути боротьба за досягнення двох цілей:

- 1) підвищення середнього рівня врожайності всіх культур при збереженні і навіть поліпшенні якості продукції;
- 2) зменшення коливання врожаїв, підвищення стійкості сільськогосподарського виробництва.

Досягнення цього можливе лише на основі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, мета якої - підвищення рівня і збільшення загального обсягу виробництва продукції сільського господарства, більш висока економічна ефективність цього виробництва,

наближення сільськогосподарської технології до технології промислового типу, і в тому числі забезпечення максимальної стійкості врожайності.

Нами був виконаний аналіз динаміки врожайності кукурудзи за період з 2000 по 2019 роки за даними Державної статистичної служби України [32] на Поділлі на прикладі Вінницької області. За допомогою методу гармонійних ваг нами була визначена тенденція врожайності, досліджувалися ряди врожайності. Також були визначені відхилення розрахункових значень тренду від фактичних, проведена оцінка правильності вибору виду тренда та перевірка гіпотеза про те, що випадкова компонента являє собою стаціонарний випадковий процес (табл. 4.1). Результати цієї роботи представлені на рис. 4.2 та рис. 4.3.

Таблиця 4.1 - Оцінка випадковості відхилень врожайності від тренда та оцінка правильності вибору тренда

Оцінка випадковості відхилень врожайності від тренда							
Рік	ε	$\varepsilon \downarrow$	Серії	Рік	ε	$\varepsilon \downarrow$	Серії
2000	-1,44	15,31	+	2010	3,92	0,96	-
2001	2,95	10,26	-	2011	10,26	0,87	-
2002	8,03	9,92	-	2012	-9,16	0,59	+
2003	0,87	8,03	+	2013	9,92	-1,04	-
2004	-3,54	7,4	+	2014	4,56	-1,44	-
2005	3,64	4,56	-	2015	-25,05	-3,54	+
2006	-1,04	3,92	+	2016	7,4	-7,43	-
2007	-14,54	3,64	+	2017	-7,43	-9,16	+
2008	1,04	2,95	-	2018	15,31	-14,54	-
2009	0,96	1,04	+	2019	0,59	-25,05	+
$\varepsilon_{med} = 1,00$							
Оцінка правильності вибору тренда							
Область	$k_{max}(n)$	$v(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n+1-1.96)\sqrt{n-1}$			
Вінницька	2	15	7,6	6,2			

На рисунку плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат. Як видно з рис. 4.2, на протязі всього досліджуваного періоду спостерігається пряmolінійне збільшення значення компоненти тренда, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за цей період.

Розглянемо більш детально - так, на початку періоду дослідження врожайність кукурудзи за трендом становить 37,4 ц/га, на протязі всього періоду досліджень спостерігається поступове зростання значення компоненти тренда - до 86,1 ц/га.

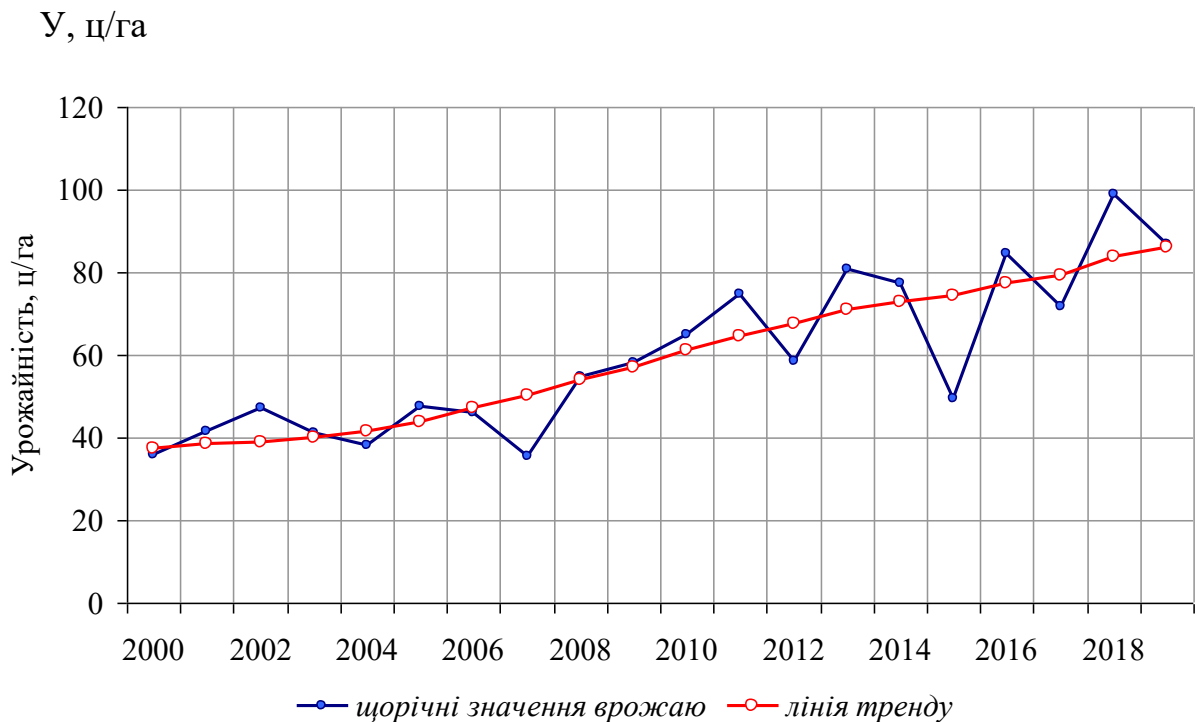


Рисунок 4.2 – Динаміка врожайності кукурудзи та лінія тренду в Вінницькій області

В середньому за роки дослідження врожайність зерна кукурудзи становила 59,7 ц/га. На початку періоду в 2000 році врожайність складала 36,0 ц/га. Стрімке збільшення врожайності відбулося в 2008 році – 54,9 ц/га

проти 35,5 ц/га в 2007 році та в 2018 році – 99,0 ц/га проти 71,8 ц/га в 2017 році. Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної врожайності культури на території дослідження – найбільшій такий стрибок відбувся в 2015 році - 49,3 ц/га, хоч в попередньому році врожайність становила 77,5 ц/га, а вже наступного становила 84,7 ц/га - це пов'язано з несприятливими погодними умовами. Незначні коливання зі знаком «мінус» відбулися в 2007 році – 35,5 ц/га, 2004 році – 38,0 ц/га

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю зерна кукурудзи в Вінницькій області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 4.3). За 20 років у 2 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить суттєвими – -25,1 ц/га в 2015 році та -14,5 ц/га в 2007 році. Трохи менші від'ємні відхилення спостерігались в 2017 та 2012 роках – -7,4 -9,2 ц/га, останні від'ємні відхилення від'ємні відхилення (2000, 2004 та 2006 роках) були незначними від -1,4 до -3,5 ц/га. Це свідчить про несприятливі та про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

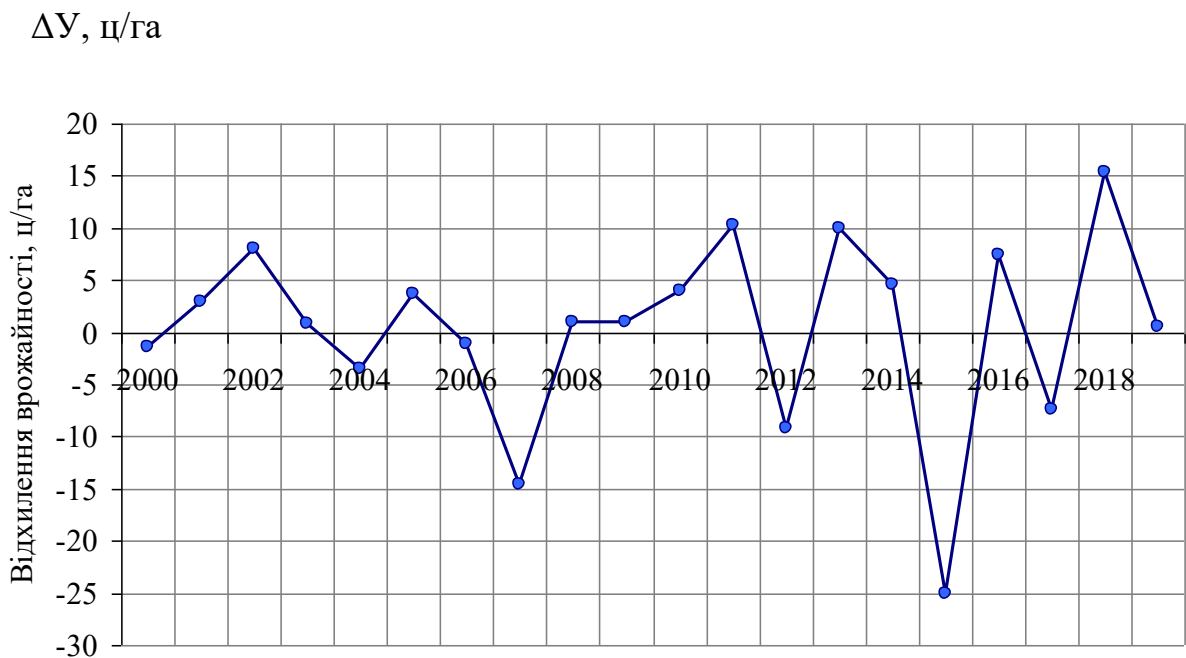


Рисунок 4.3 – Відхилення врожайності зерна кукурудзи від лінії тренду в Вінницькій області

У роки ж зі сприятливими погодними умовами, а таких виявилось аж 13, вдавалося отримати збільшення врожаю за їх рахунок і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи був 2018 рік, коли додатне відхилення від лінії тренду становило 15,3 ц/га. З рисунка 4.3 наочно бачимо, що трохи меншими додатні відхилення були в 2013 та 2011 роках – 9,9 та 10,3 ц/га відповідно. Також великі прирости врожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2016 та 2002 роках – 7,4 та 8,0 ц/га відповідно.

В роботі було виконано аналіз динаміки врожайності кукурудзи в Вінницькій області в період за 2000-2019 рр., розрахована лінія тренда методом гармонійних ваг і проведена оцінка правильності вибору виду тренду. В результаті детального дослідження видно, що в останні роки спостерігається значний приріст врожайності зерна кукурудзи, що свідчить про значні зміни у виробництві.

Стосовно вирощування кукурудзи на зерно агрометеорологічні умови Вінницької області сприятливі для вирощування та отримання стійких та сталих врожаїв, але при умовах дотримання технології обробітку.

Посіви кукурудзи можуть формувати цінну кормову і продовольчу продукцію, яка має високий біологічний потенціал продуктивності, що може бути в повній мірі реалізований в природно-кліматичних умовах Вінниччині.

Зважаючи на проведені порівняння, бачимо, що в останні роки мають місце значно більші обсяги посівних площ під кукурудзою, аніж рекомендовано науковими підходами до складання сівозмін. Враховуючи перенасиченість площ під посівами кукурудзи в сівозмінах, а також необхідність збереження об'єму виробництва цієї дуже привабливої культури, необхідним є виконання наступних заходів:

- використання різних за термінами дозрівання високопродуктивних, стійких й високотолерантних до основних патогенів технологічних гібридів і сортів;

- застосування ресурсозберігаючих, ґрунтозахисних систем основної і передпосівної обробітків ґрунту з урахуванням його агрофізичних властивостей, ступеня засміченості та видового складу бур'янів, захисту від переущільнення і ерозії, накопичення і заощадження вологи;

- забезпечення оптимального живлення рослин на основі ґрунтової і рослинної діагностики, застосування раціональних, економічно виправданих доз і способів внесення добрив;

- оптимальні строки сівби в добре підготовлений ґрунт;

- формування заданої густоти стояння рослин з урахуванням вологозабезпеченості ґрунту і біологічних особливостей включених до Державного реєстру сортів і гібридів;

- догляд за посівами;

- інтегрована система захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників;

- своєчасне і якісне прибирання та післязбиральна обробка врожаю;

- суворя технологічна дисципліна при виконанні всіх робіт.

Своєчасне виконання перерахованих факторів дозволить підвищити ступінь використання біокліматичного потенціалу для зростання врожайності кукурудзи і значно підвищити якість її зерна та дасть можливість частково скоротити площі під кукурудзою.

ВИСНОВКИ

Адаптація сільського господарства до сучасних та майбутніх змін клімату сьогодні має вирішальне значення - ефективне планування і реалізація адаптаційних заходів на різних рівнях державних установ може допомогти в цьому. Тому, питання оцінки майбутніх кліматичних змін сьогодні є дуже важливим, й не тільки для сільського господарства.

В результаті виконаної роботи можливо зробити наступні висновки:

1. Проведено аналіз сучасного стану вирощування кукурудзи. Наведена характеристика сучасних сортів та гібридів кукурудзи, особливої уваги приділено вітчизняним досягненням у селекції.

2. Проведена порівняльна характеристика дат настання фаз розвитку кукурудзи за середніми багаторічними даними та за умовами кліматичних змін RCP6.0. Так, за умовами кліматичних змін очікується скорочення проходження кукурудзою між фазних періодів, відповідно й скорочення періоду вегетації.

3. Аналіз агрокліматичних умов вирощування кукурудзи показав, що період вегетації за умов реалізації сценарію «клімат» буде проходити на фоні значно підвищених температур та зменшеної кількості опадів в середині та наприкінці вегетації. А ось на початку вегетації – в травні очікується збільшення опадів протягом всього місяцю.

4. Були розраховані показники фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи. Проведене дослідження виявило, що за умовами кліматичних змін RCP6.0 очікується зменшення врожайності озимого жита на 11 %, а умовами кліматичних змін RCP6.0+CO₂ - на 5 %.

5. Аналіз рядів середньо обласної урожайності зерна кукурудзи в Вінницькій області за період з 2000 по 2019 роки проведено за методом гармонійних ваг. Аналіз трендової компоненти урожайності свідчить про покращення рівня культури землеробства на території дослідження.

6. В цілому на території дослідження за умов кліматичних змін очікуються задовільні умови для вирощування кукурудзи на зерно. Значне підвищення температури повітря та зменшення кількості опадів під час проходження критичних періодів розвитку кукурудзи може негативно відбитися на кінцевому результаті – врожаю. Але завжди є вихід.

В нашому випадку для досягнення нових рубежів у виробництві кукурудзи необхідні кількісні та якісні зміни в землеробстві:

- перехід на більш високу сучасну перспективну технологію, яка базується на комплексному використанні біологічного потенціалу продуктивності сучасних гібридів і сортів в різних агроекологічних умовах вирощування;

- оптимізації водного і поживного режимів в ґрунтах;

- застосуванні інтегрованої системи захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників;

- сучасних комплексів машин для обробітку, збирання та післязбиральної обробки зерна кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев Н. Г. Кукуруза. М.: Сельколхозгиз, 1955. 64 с.
2. Афендулов, К.П. Минеральное питание и удобрение кукурузы. Киев «Урожай», 1966. 259 с.
3. Багринцева, В.Н. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы. Кукуруза и сорго. 2010. № 4. С.12- 14.
4. Будыко М. И. Влияние человека на климат. Л.: Гидрометеорологическое издательство. 1972. 46 с.
5. Вплив змін клімату на продукційний процес кукурудзи : кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : монографія / ред. С.М. Степаненко. Одеса : Тес, 2015. С. 369- 380.
6. Генкель П.А., Кушниренко С.В. Холодостойкость растений и термические способы ее повышения. М. : Наука. 1966. 223 с.
7. Грушка Я. Монография о кукурузе. Москва : Колос, 1965. 751 с.
8. Кефели В.И. Фотоморфогенез, фотосинтез и рост, как основа продуктивности растений. Пушино: ОНТИ ПНЦ АН СССР. 1991. 133 с.
9. Коломейченко В.В. Кормопроизводство: учеб. Санкт-Петербург: Лань. 2015. 656 с.
10. Костюкевич Т.К. Агрокліматична оцінка умов вирощування кукурудзи на біомасу для використання в енергетичній промисловості на території Поділля. Використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій: матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 22 листопада 2019 р.). Полтава, 2019. С.68-70.
11. Кулешов, Н. Н. Кукуруза - важнейшая зерновая культура. Москва: Знание. 1955. 32 с.
12. Костюкевич Т. К. Перспективы выращивания кукурузы в Украине в условиях изменения климата. Перспективы развития агропромышленного комплекса: региональные и межгосударственные аспекты: материалы

- международной научно-практической конференции (Новосибирск, 14–15 ноября 2018 г.). Новосибирск, 2018. С. 261–264.
13. Куперман Ф.М., Марьяхина И.Я., Байсугурова А. Кукуруза. М.: Изд-во МГУ, 1959.
 14. Куперман Ф. М. Морфофизиологическая изменчивость растений в онтогенезе. М.: Московский университет, 1963. 64 с.
 15. Манелля А.И. Построение районов синхронных колебаний урожайности зерновых культур. В кн.: Статистический анализ экономических временных рядов и прогнозирование. М.: Статистика, 1973. с.
 16. Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5 - 36.
 17. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 318 с.
 18. Петров, Н.Ю. Ресурсосберегающая технология возделывания кукурузы на зерно в условиях Волгоградской области. Аграрный вестник Урала. 2008. №10 С.52-53.
 19. Соколов М.С., Марченко А.И. Потенциальный риск возделывания трансгенных растений и потребления их урожая. С.- х. биология. 2002. № 2 С.3-22.
 20. Соловьев Б. Ф. Кукуруза - важнейшая зерновая и кормовая культура. Москва: Госкультпросветиздат. 1955. 44 с.
 21. Слухай С. И. Водный режим и минеральное питание кукурузы. Киев: Наукова Думка. 1974. 247 с.
 22. Физиология сельскохозяйственных растений. Физиология кукурузы и риса. Москва : изд-во Московского университета, 1969, Т. 5. 416 с.
 23. Фірсова Ю.В. Сучасний стан та перспективи вирощування кукурудзи в Сумській області : матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 38-39.

24. Фірсова Ю.В. Костюкєвич Т.К. Оцїнка мїнливостї врожайностї зерна кукурудзи в умовах Сумської областї : матерїали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Рубїновські читання» / Редкол. : В.П. Карпенко(відп. ред.) та ін.. Уманський НСУ : Редакційно-видавничий вїддїл, 2020. С.28-29.
25. Частная физиология полевых культур / под ред. Е.И. Кошкина. М.: КолосС, 2005. 344 с.
26. Чирков, Ю. И. Агроклиматические условия и продуктивность кукурузы. Л: Гидрометеиздат, 1969. 250 с.
27. Циков В.С. Технология возделывания кукурузы. М.: Агропромиздат, 1989. 244 с.
28. Шмаряев, Г.Е. Кукуруза (филогения, классификация, селекция). Издательство Колос. 1975. 303 с.
29. Шпаар Д., Кукуруза / под. ред. Д.Шпаар, В.Шлапунов, В.Щербаков, К.Ястер. Мн. «ФУАинформ». 1999. 192 с.
30. Bunting, E.S. Forage maize. Production and utilization / E.S.Bunting, V.F. Pain., R. H.Phips J. M.Wilkinson, R. EGunn. Agricultural research council, London. 1978. 342 с.
31. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 25 березня 2020 року. Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>. (дата звернення 21.10.2020 р.).
32. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 12.10.2020 р.).
33. Семена кукурузы украинской селекции. URL: <https://agroexp.com.ua/semena-kukuruzyi-ukrainskoy-selektcii> (дата звернення: 30.11.2020 р.).

34. Управління гідрометеорології Державної служби по надзвичайних ситуаціях України. URL: https://meteo.gov.ua/ua/33345/hmc/hmc_main/ (дата звернення: 6.09.2020 р.).
35. Урожайные гибриды кукурузы в Украине. URL: <https://expertseeds.com.ua/articles/urozhajnye-gibridy-kukuruzy-v-ukraine/> (дата звернення: 30.11.2020 р.).
36. AMAP. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic. In AMAP Report to the Arctic Council chapter 4. — 2017. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2002WR001512> (дата звернення: 30.11.2020 р.).
37. "Climate change: How do we know?" NASA Global Climate Change and Global Warming: Vital Signs of the Planet, accessed June 13, 2018, URL: <https://climate.nasa.gov/evidence/> (дата звернення: 2.12.2020 р.).
38. Hammond, A. L. (1972). Inadvertent Climate Modification. Report of the Study of Man's Impact on Climate (SMIC). M. I. T. Press, Cambridge, 1971. URL: <https://doi.org/10.1126/science.176.4030.38-a> (дата звернення: 3.11.2020 р.).
39. Hausfather, Z., & Peters, G. P. Emissions – the ‘business as usual’ story is misleading // Nature. 2020. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00177-3> (дата звернення: 2.12.2020 р.).
40. Manabe, S., & Wetherald, R. T. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. // Journal of the Atmospheric Sciences. 1967. URL: <https://climate-dynamics.org/wp-content/uploads/2016/06/manabe67.pdf> (дата звернення: 5.11.2020 р.).
41. Höhne N., Elzen M., Rogelj J., Metz B., Fransen T., Kuramochi T., Olhoff A., Winkle J. A., & H. , Fu S., Schaeffer M., Schaeffer R, Peters G.P., S. M. & N. K. D. . Emissions: world has four times the work or one-third of the time New synthesis shows what a wasted decade means for the climate pact made in Paris //Nature, 2020, 577 (January), 25–28. URL:

- <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00571-x> (дата звернення: 5.11.2020 р.).
42. IPCC. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf (дата звернення: 3.11.2020 р.).
43. Newton, R., Pfirman, S., Schlosser, P., Tremblay, B., Murray, M., & Pomerance, R. White Arctic vs. Blue Arctic: A case study of diverging stakeholder responses to environmental change. *Earth's Future*. 2016. URL: <https://doi.org/10.1002/2016EF000356> (дата звернення: 18.10.2020 р.).
44. Turetsky, M.R., Abbott, B.W., Jones, M.C. *et al.* Carbon release through abrupt permafrost thaw. *Nat. Geosci.* 13, 138–143 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0526-0> (дата звернення: 30.11.2020 р.).
45. Zelinka, M. D., Myers, T. A., McCoy, D. T., *et al.* Causes of Higher Climate Sensitivity in CMIP6 Models. *Geophysical Research Letters*. 2020. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019GL085782> (дата звернення: 30.11.2020 р.).