

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр
заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: спеціаліст

на тему: **Моделювання впливу змін клімату на**
продуктивність цукрового буряку в Житомирській області

Виконала студентка групи A-VI
спеціальності 101 «Екологія»
спеціалізація «Агроекологія»
Десяткіна Юлія Андріївна

Керівник к.геогр.н., доцент
Вольвач Оксана Василівна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти _____
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів
Рівень вищої освіти _____ спеціаліст _____ Спеціальність 101
«Екологія», спеціалізація «Агроекологія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та
агрометеорологічних
прогнозів

_____ Польовий А.М.
“ 13 ” березня 2017 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТЦІ

_____ Десяткіній Юлії Андріївні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту « Моделювання впливу змін клімату на продуктивність цукрового буряку в Житомирській області»

керівник проекту Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «16» січня 2017 року №3 -«С»

2. Строк подання студентом проекту 7 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали середньобагаторічних агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за цукровим буряком мережі агрометстанцій Житомирської області за період 1986-2005 рр.. Дані про щорічну середньообласну урожайність цукрового буряку по Житомирській області за період 1996-2015 рр.. Метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 зміни клімату за період 2021-2050 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості території Житомирської області; ознайомитись з методологією динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур; вивчити агроекологічні особливості цукрового буряку; провести аналіз динаміки урожайності цукрового буряку; оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у Житомирській області у зв'язку зі зміною клімату; визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та

урожайність цукрового буряку в Житомирській області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 зміни клімату в Україні.

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

динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду, ймовірнісна крива урожаїв цукрового буряку, графік відхилень від лінії тренду, графіки динаміки площі листя, фотосинтетичного потенціалу посіву, динаміки загальної біомаси рослин, динаміки біомаси коренеплоду.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			%	за 4-х бальною шкалою
	Отримання завдання, формування бази даних для виконання проекту. Написання теоретичної частини проекту.	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р.		відмінно
	Аналіз динаміки урожайності цукрового буряку, дослідження кліматичної складової урожайності, ймовірнісний аналіз урожайності. Оформлення текстової частини третього розділу дипломного проекту.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.		відмінно
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.		відмінно
	Розрахунки основних агрокліматичних показників вегетаційного періоду цукрового буряку за базовими та сценарними даними.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.		відмінно
	Розрахунки показників фотосинтетичної продуктивності посівів за допомогою динамічної моделі за базовими даними та за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5.	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.		відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.		відмінно
	Оформлення текстової частини четвертого розділу дипломного проекту. Оформлення висновку, здача проекту керівнику на перевірку.	07.05.2017 р.- 28.05.2017 р.		відмінно
	Виправлення помилок, дооформлення проекту. Підготовка презентації.	29.05.2017 р.- 06.06.2017 р.		відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			відмінно

Студент _____
(підпис)

Десяткіна Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Вольвач О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 1.1 Фізико-географічна характеристика та особливості геологічної будови.....	9
1.2 Кліматичні умови.....	
1.3 Ґрунтові ресурси та сільське господарство.....	
2 БОТАНІЧНИЙ ОПИС ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ	
2.1 Ботанічна характеристика буряку.....	
2.2 Особливості розвитку рослин цукрового буряку.....	
2.3 Агроекологічні особливості культури.....	
2.4 Особливості агротехніки цукрових буряків.....	
3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	
3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур.....	
3.2 Динаміка урожаїв цукрового буряку.....	
3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку.....	
4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ	
4.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України.....	
4.2 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку...	
4.2.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.....	

4.2.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини.....	
4.2.3 Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посівів...	
4.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у зв'язку зі зміною клімату.....	
4.4 Оцінка за допомогою моделі продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату.....	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Буряки цукрові – найважливіша технічна культура України, яку вирощують для отримання цукру, що легко засвоюється організмом і є засобом відновлення його енергетичної здатності. Вміст цукру в коренеплодах у середньому становить 17-18%.

Буряки цукрові – цінна кормова культура, яка за поживністю значно перевищує. Буряки кормові. В 100 кг коренеплодів міститься 26 корм.од., 1,2 кг перетравного протеїну, 0,5 кг кальцію та 0,5 кг фосфору [1].

Цукрові буряки є цінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур і підвищують загальну продуктивність польових сівозмін. Ряд країн, особливо в останні роки, переходить на виробництво біопалива з цукрових буряків. Піонерами в цій справі є Франція та Німеччина, де збудовані для цього спеціалізовані й змішані підприємства, об'єднані в крупні компанії [2, 3].

Нині у світі виробляють із цукрових буряків близько 40 % цукру і з цукрової тростини - 60 %. Цукрові буряки вирощують у багатьох країнах. Найбільші площі їх в Україні, Росії, Франції, США, Португалії, Німеччині, Італії, Румунії, Чехії, Словаччині, Англії, Бельгії, Угорщині, Туреччині. Близько 80 % усіх посівних площ та валового збору цукрових буряків припадає на Європу.

Бурякоцукрова галузь України – одна з найпотужніших у світі. Заснована ще в 1824 р. вона стала важливим важелем розвитку агропромислового комплексу, досягнувши у 70 – 80 рр. минулого століття найбільших у світі площ посіву цукрових буряків і насінників, обсягів виробництва буряків, насіння й цукру [4].

В 1990 р. площа посіву під буряками в Україні становила 1,6 млн га, а виробництво цукру – 5,0 млн т. У 2001, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2015 рр. посівна площа під буряками цукровими становила відповідно – 970,

610, 380, 322, 501, 532, 466 і 240 тис. га. Виробництво цукру відповідно у ці роки становило 1,33; 1,87; 1,57; 1,27; 1,55; 2,33; 2,23 та 1,50 млн т. За останні п'ять років (2011-2016 рр.) посівні площі буряків цукрових зменшилися майже вдвічі.

Враховуючи те, що для внутрішніх потреб України потрібні близько 1,8 млн т цукру на рік, необхідно розширити площі під цією культурою до рівня не менше 500 тис. га. У 2016 р. буряків цукрових посіяно на площі 282 тис. га. Більше половини площ під цією культурою було сконцентровано в чотирьох областях: Вінницькій (53 тис. га); Полтавській (38 тис. га); Хмельницькій (36 тис. га) та Харківській (21 тис. га) [1].

Досвід багатьох господарств Вінницької області свідчить, що при постійному підвищенні культури землеробства можна стабільно одержувати урожаї цукрових буряків не менше 400 – 450 ц/га. Однак, протягом останніх двадцяти років посівні площі під цукровими буряками в області постійно скорочуються. Наприклад, сільськогосподарські підприємства Вінницької області в 1996 році вирощували цукровий буряк на площі 167 тис. га, тоді як за підсумками 2015 року суб'єктами всіх форм господарювання було посіяно цукрових буряків на площі 52 тис. га [5].

В умовах загострення проблеми забезпечення нашої держави енергоносіями доречно використовувати цукрові буряки і продукти їх переробки для виробництва, крім цукру, біоетанолу як альтернативного пального. При цьому буде повністю забезпечена не лише потреба цукру на внутрішньому ринку, а й виробництво суміші бензину та біоетанолу для споживання в Україні та реалізація біоетанолу на зовнішньому ринку. Крім того, не буде необхідності скорочувати посіви площ цукрових буряків, а навпаки їх розширювати, що забезпечить додаткові робочі місця в цукробуряковій галузі [6].

У чинному дипломному проекті поставлені і вирішуються такі задачі:

1. Вивчити ботанічні та біологічні особливості цукрового буряку, вимоги культури до умов навколишнього середовища.

2. Вивчити існуючі сценарії зміни клімату для України сценаріїв на прикладі Репрезентативних траєкторій концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP).

3. Вивчити алгоритм динамічної базової моделі оцінки умов формування урожайності цукрового буряку А.М. Польового.

4. Проаналізувати вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку у Вінницькій області.

5. Проаналізувати вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність посівів цукрового буряку на його урожайність у Вінницькій області.

Для виконання роботи було використано метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за цукровим буряком (1986-2005 рр.) у Вінницькій області, дані про середньообласну урожайність та посівні площі під культурою та метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 змін клімату.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вінницька область – одна з областей зони Лісостепу України. Лісостепова зона простягається смугою понад 1 тис. км від Карпат до східних кордонів України. Загальна площа її становить понад 20,1 млн. га, або 33,6% території держави. Порівняно м'яка зима, помірно вологе й тепле літо та родючі ґрунти створюють найсприятливіші в Україні умови для одержання високих і сталих урожаїв майже всіх тепло- і вологолюбних культур.

У Лісостепу сконцентровано 37,5 % загальної площі посіву зернових, 34,2 - озимої пшениці, 41 - ярого ячменю, 27,4 - кукурудзи, 81 - цукрових буряків, 35,5 % овочевих культур.

При плануванні й проведенні заходів по дальшому розвитку та інтенсифікації сільського господарства необхідно враховувати агрокліматичні умови території. Це дасть змогу максимально використовувати природні ресурси та послабити вплив несприятливих метеорологічних умов на сільськогосподарські культури.

1.1 Фізико-географічна характеристика та особливості геологічної будови

Вінницька область утворена 27 лютого 1932 року. Обласний центр - місто Вінниця. Розташована на правобережжі Дніпра в межах Придніпровської та Подільської височин. На заході межує з Чернівецькою та Хмельницькою, на півночі з Житомирською, на сході з Київською, Кіровоградською та Черкаською, на півдні з Одеською областями України та з Республікою Молдова, в тому числі частина кордону приходиться на Придністров'я. Площа області 26513 км². Область займає майже 4,5% території України [7].

В геоструктурному плані основна частина території області припадає на південно-західну окраїну Українського кристалічного масиву, складеного архей-протерозойськими метаморфічними породами і тільки її південно-західна окраїна розташована на Волино-Подільській плиті, де породи фундаменту перекриті відносно потужною товщею більш молодих, переважно осадових відкладів.

Подільське плато займає більшу частину області. Воно продовжується далі на захід на території Хмельницької і Тернопільської областей. Зниження в рельєфі, по якому течуть ріки Снівода, Соб і Південний Буг, відокремлює Подільське плато від Придніпровської височини, частина якої заходить на територію області.

На території Вінницької області Подільське плато має найбільшу висоту у Шаргородському районі. Максимальна висота – 384 м над рівнем моря. Поблизу села Степашки (Барський район) окрема ділянка плато має відмітку 382 м.

Взагалі плато не становить суцільної рівної поверхні і дуже порізане долинами численних невеликих річок та ярами. Та частина Подільського плато, що має нахил у бік Дністра, відзначається дуже великою роздробленістю на окремі пасма. Верхів'я річок Лядова, Немія, Жван, Мурафа, що течуть по дну широких розложистих балок, мають пологі схили, і тому рельєф цієї місцевості має вигляд хвилястої рівнини, а з наближенням долин річок до Дністра всі вони стають типово подільськими. Ріки глибоко врізаються в осадові породи, долини каньйоноподібні, цілком позбавлені терас, схили утворюють круті урвища з частими відшаруваннями вапняків та пісковиків. Глибокі долини річок Придністров'я надають цій частині області вигляду гірської місцевості. Східна і північно-східна частини Подільського плато в межах області значно менше розчленовані долинами річок.

У північно-східній частині області, від верхів'я Сніводи до Гірського Тікичу, лежить Придніпровська височина. Найбільш підвищена частина її має середню висоту 300 м. У північно-західній частині області

Придніпровська височина має середню висоту від 250 до 300 м. Окремі підвищення є на північний захід від Вінниці (середня висота 300 м), на південь від Хмільника (середня висота - 300 м, найбільша - 345 м).

Низовин в межах області немає. Є окремі рівні ділянки території, що лежать нижче навколишньої місцевості. На північному заході області, між Південним Бугом і його притокою Згаром, лежить дуже заболочена Летичівська низина, її абсолютні висоти майже скрізь не перевищують 300 м.

Вінницька область багата нерудними корисними копалинами. Господарське значення мають родовища каолінів і будівельного каменя. Найбільші з родовищ каоліну - Глуховецьке, Турбівське та Великогадомінецьке. На території області виявлено близько 50 родовищ гранітів, гнейсів, піщаників, найбільші з них - Вітовське, Гніванське, Стрижавське, Жежельівське. Є також родовища фосфоритів (Жванське), крейди, гіпсу, глини, піску. Паливні ресурси області обмежені і представлені торфом і бурим вугіллям. Ці ресурси мають місцеве значення. На території області відкриті джерела мінеральних вод - в Хмільнику (радонові води), у селі Житники, поблизу міста Козятин і в селі Липовці. Таким чином, мінерально-сировинні ресурси Вінницької області створюють гарну базу для швидкого розвитку її промисловості [8].

У Вінницькій області є густа мережа річок, що належать до басейнів трьох великих рік – Південного Буга (приблизно 62% території), Дністра (28%) та Дніпра (10%). Вони мають переважно снігове й дощове живлення і належать до типу рівнинних. Взагалі у області протікає 241 річка. Найбільшою річкою, що на значному протязі (317 км) протікає по території області і ділить її на дві майже рівні частини, є Південний Буг, який у межах області приймає 14 приток з лівого боку і стільки ж з правого. Найбільші притоки: Згар, Рів, Дохна, Соб, Снивода, Постолова, Десна.

На південному заході, на межі з Чернівецькою областю і Молдовою, протікає друга за розмірами річка України – Дністер. Притоки: Мурафа, Немиця, Лядова. До басейну Дніпра належать річки крайнього північного

сходу області. Вони тільки частково протікають по території області: Рось, Оріхова і Роставиця.

До внутрішніх вод області належать численні ставки та водосховища. Тут налічується більше 2500 ставків, загальна площа їх перевищує 20 тис. га. В області розташовано 60 водосховищ. Найбільші водосховища – Ладжинське, Сандрацьке, Сутиське і Дмитренківське.

Болота на території Вінниччини розташовані по долинах річок. Найбільше боліт у північній і середній частинах області. Найбільші площі боліт є вздовж Згару, Рову, Рівця, Собі, Соврані, Постолової, Десни [7].

Вінницька область лежить у межах лісостепової зони. Рослинність області характерна для лісостепу. Лісистість території складає 14,2%. Ліси Вінниччини належать до типу середньоевропейських лісів. Основу лісової рослинності становить граб, а до звичайних тутешніх дерев належать: дуб, ясен, липа, клен, явір, берест, осика, тополя, дика груша, дика яблуня, черемха, черешня та інші.

Ґрунти в основному опідзолені (близько 65%). На північному сході області переважають чорноземи, в центральній частині - сірі, темно-сірі, світло-сірі, на південному сході і в Придністров'ї - чорноземи і опідзолені ґрунти. Більш 70% території області зорано.

В області дуже різноманітна фауна: водиться багато як лісових звірів (лосі, олені, зубри, дикі свині, бобри, вовки, лиси, кози, їжаки, борсуки, куниці, тхори, зайці), так і степових (гризуни) та водяних (норка, видра). Багато водяного, болотяного, лісового й степового птаства (дикі гуси й качки, черногуз, чапля, журавель, голуби, перепелиця), бджоли в липових лісах, а в річках і озерах – розмаїття риби (короп, лящ, сом, щупак тощо) [6].

Положення Вінницької області в системі одиниць фізико-географічного районування країни наступне:

- фізико-географічна країна – Південний захід Східноєвропейської рівнини;
- фізико-географічна зона – Лісостеп;

- фізико-географічний край – Дністровсько-Дніпровський лісостеповий край;
- фізико-географічні області – Північнопридніпровська височинна область, Придністровсько-Східноподільська височинна область, Середньобузька височинна область, Південноподільська височинна область.

1.2 Кліматичні умови

Клімат області – помірно-континентальний. Середня температура січня: $-3,5^{\circ}\text{C}$, середня температура липня: $19,9^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів складає 611 мм, з них 73% випадають в теплий період. Зима характеризується тривалими й інтенсивними відлигами з підвищенням температури в окремі роки до $12-14^{\circ}\text{C}$. Характерною рисою термічного режиму взимку є порівняно невеликі зміни температури з місяця в місяць. Найбільше підвищення температури по всій зоні спостерігається в періоди березень-квітень та квітень-травень. Дальше підвищення температури протікає значно повільніше.

Літній період відзначається високими й сталими температурами без значних змін по території області. В найтеплішому місяці - липні - середня температура становить $19,9^{\circ}\text{C}$. Температура серпня відрізняється від температури липня на 1°C . Найінтенсивніші зниження температури відбуваються протягом жовтня-листопада.

Перехід температур через 0°C навесні спостерігається у кінці третьої декади лютого (27.02), а восени - у третій декаді листопада (25.11), отже, зимовий період у Вінницькій області триває близько 90 днів [9].

У 30-х рр. минулого століття Г.Т. Селянінов отримав основні агрокліматичні характеристики, які використовувалися ним, а пізніше й іншими дослідниками, для агрокліматичної оцінки термічних ресурсів

вегетаційного періоду [10, 11]. Таким чином, в агрокліматології початок та закінчення періоду із середньодобовою температурою повітря вище 5 °С є ознакою початку та закінчення вегетаційного періоду. Для середньовимогливих до тепла культур початок та кінець вегетації визначається переходом температури через 10°С, а для теплолюбних культур – через 15°С.

Згідно з даними “Агрокліматичного довідника по території України”, початок вегетаційного періоду у Вінницькій області спостерігається 31 березня, а його закінчення - 31 жовтня, тобто тривалість вегетаційного періоду для невимогливих до тепла сільськогосподарських культур складає 214 днів. Період активної вегетації (період с температурами вище 10°С) триває в середньому по області 169 днів. Його початок спостерігається 19 квітня, а закінчення – 31 жовтня. Перехід температур через 15°С навесні відзначається 18 травня, а восени – 7 вересня, тобто тривалість вегетаційного періоду для теплолюбних культур складає 111 днів [9].

Тривалість беззаморозкового періоду в повітрі становить 173 дні. В південних районах Вінницької області останні весняні заморозки в повітрі в середньому припадають на другу декаду квітня. У повітрі перші осінні заморозки бувають у середньому в першій декаді жовтня. Проте в окремі роки останні весняні заморозки в повітрі спостерігаються навіть у другій половині травня, а перші осінні - у вересні [9].

1.3 Ґрунтові ресурси та сільське господарство

Земельний фонд області складає 2649,2 тис. га. Майже $\frac{3}{4}$ частини території зайнято сільськогосподарськими землями, з них сільськогосподарських угідь – 76,2%, з них ріллі – 65,3%, багаторічних насаджень – 1,9%, сіножатей і пасовищ – 9%. Під лісами та іншими лісовкритими площами – 14,2% території, забудовані землі займають 4,0%, болота – 1,1%, інші землі (піски, яри, кам’яністі місця та інші) – 3%.

Територія суші становить 2606,2 тис. га або 98,4% від загальної площі області, решта 1,6% площі зайнята водою. До основних земельних угідь, від стану яких в значній мірі залежить економічна ситуація в області, відносяться землі сільськогосподарського призначення, лісового та природно - заповідного фонду.

Питома вага площ сільськогосподарських угідь відносно площі суші (ступінь сільськогосподарського освоєння) по області становить – 77%, а в адміністративних районах - від 68 до 88%. За ступенем сільськогосподарського освоєння усі райони можна умовно поділити на три групи: I – до 70%; II – 71 - 80% і III - більш 80%. Найвищий ступінь освоєння сільськогосподарських угідь в Бершадському (81%), Козятинському (86%), Липовецькому (88%), Оратівському (84%), Теплицькому (87%), Погребищенському (83%), Тиврівському (80%), Хмельницькому (82%) та Чернівецькому (84%) районах [8].

Екологічну стійкість земельних ресурсів характеризує ступінь розораності земель. По області він складає 65% (% ріллі від загальної площі). Найбільш нестійкими в екологічній відношенні є ті райони, в яких розорані землі значно переважають над умовно стабільними угіддями, до яких відносяться сіножаті, пасовища, землі вкриті лісом і чагарниками та болота. Найбільш стійкими в екологічному відношенні є земельні ресурси Літинського і Чечельницького районів, де ступінь розораності – 55%. Найвищий відсоток розораності території в Бершадському (73%), Липовецькому (76%), Теплицькому (80%) та Чернівецькому (74%) районах.

Одним із основних критеріїв оцінки екологічного стану сільськогосподарських угідь є рівень родючості ґрунтів, як основа функціонування цієї категорії земель. Сукупність природних факторів (поверхня області, природна рослинність в минулому, клімат, антропогенний вплив) сприяли утворенню різних за властивостями і родючістю ґрунтів. Використання ґрунтів протягом тривалого часу під сільськогосподарськими культурами при незбалансованому внесенні добрив призводить до гострої

нестачі тієї чи іншої поживної речовини, тобто зниження родючості. Важливим показником рівня родючості ґрунтів є вміст гумусу. Вміст гумусу в ґрунтах Вінниччини підпорядкований певній зональності і зумовлений особливостями генезису ґрунтів: тип ґрунтоутворення, гранулометричний склад ґрунтів, вид рослинності, тощо.

Найбільш поширеними ґрунтами в області є опідзолені ґрунти (приблизно 1318,6 тис. га), з яких 351,2 тис. га чорноземи опідзолені. Орні землі становлять 82%. Середній вміст гумусу в ясно - сірих та сірих опідзолених ґрунтах – 1,85%, темно - сірих опідзолених – 2,77% і чорноземах опідзолених – 3,39%. Чорноземи типові займають площу приблизно 494 тис. га, з яких 91% розорані. Середній вміст гумусу - 4,01%. 36,3 тис. га припадає на інші типи чорноземних ґрунтів. На площі 14,8 тис. га поширені дерново - слабопідзолисті ґрунти, середній вміст гумусу яких становить 0,90%. 9,1 тис. га цих земель зайняті малопродуктивними сільськогосподарськими вгіддями, з них 59% розорюється. Решта типів ґрунтів поширені переважно на незначних площах і становлять 115,3 тис. га.

Середній вміст гумусу в ґрунтах області – 2,94%. Найвищий вміст його мають ґрунти Липовецького (3,99%), Хмільницького (3,87%), Калиновського (3,65%), Козятинського (3,87%) районів, найнижчий – у Барському (1,86%), Жмеринському (1,94%), Тиврівському (1,92%) і Муровано-Куриловецькому (1,97%) районах [8].

У області водною ерозією пошкоджено 851,1 тис. га, з них 743,8 тис. га сільськогосподарських угідь або 41,1% від загальної площі обслідуваних земель, в тому числі ріллі 598,3 тис. га, (80,4% від обслідуваних с. - г. угідь).

Найбільший відсоток еродованих земель в Барському, Крижопільському, Томашпільському, Муровано-Куриловецькому, Чечельницькому і Шаргородському районах (60 – 67%), найменший - у Липовецькому, Калиновському і Вінницькому районах (9 – 14%).

Виникнення і розвиток ерозійних процесів пов'язано з багатьма причинами. Однією із них є нераціональне використання землі, якому сприяє:

- інтенсивне розорювання схилових земель (більше 30) і вирощування на них просапних культур (особливо цукрових буряків);
- відсутність комплексів в проведенні протиерозійних заходів;
- перенасичення просапними культурами структури посівних площ.

Використання підвищених доз мінеральних добрив, може негативно впливати на навколишнє середовище: викликати підкислення ґрунтового розчину, забруднення ґрунтових вод в результаті фільтрації добрив (особливо азотних), нагромадження надлишкових запасів нітратного азоту в продукції рослинництва, забруднення водосховищ залишками добрив в результаті процесу ерозії .

В сільському господарстві представлені всі галузі сільськогосподарського виробництва, навіть такі унікальні як хмільництво. У галузевій структурі сільського господарства рослинництво становить 61,6%, тваринництво – 38,4%. Провідні зернові культури: озима пшениця, ячмінь, зернобобові, кукурудза, з технічних культур – цукрові буряки.

У тваринництві переважає молочно-м'ясне скотарство й свинарство. Розвинені птахівництво, ставкове рибництво та бджільництво. Тваринництво має сприятливу кормову базу, яку забезпечують відходи харчової промисловості (цукрової, спиртової), кормові культури [12].

2 БОТАНІЧНИЙ ОПИС ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

2.1 Ботанічна характеристика буряку

Буряки цукрові (*Beta vulgaris*) - дворічна рослина родини лободових (*Chenopodiaceae*). До початку н.е. з'явилися культурні коренеплідні форми буряку звичайного (у 10-11 ст. вони були відомі в Київській Русі), у 16-17 ст. - столові і кормові форми, у 18 столітті з гібридних форм кормового буряку був відібрано цукровий буряк. У 1747 році німецький вчений-хімік Андреас Зигмунд Маркграф у своїй лабораторії виділив з білого сілезького кормового буряку кристалики цукру, аналогічного тростинному, про що і доповів на засіданні Прусської академії наук. З кінця 19 століття й у 20 столітті культура поширилася на всі континенти.

Коренева система дорослої рослини складається з потовщеного головного кореня (коренеплоду) та сітки тонких кореневих розгалужень, які проникають на глибину до 2,5 м, а в ширину на 100 – 120 см. Розрізняють головку коренеплоду (вкорочене стебло), яка несе листки; шийку (гіпокотиль, або підсім'ядольне коліно) - частина коренеплоду, яка не має листків і бічних коренів; власне корінь - нижню конічну частину коренеплоду, на якій утворюються бічні корінці (рис. 2.1).

На поперечному розрізі коренеплоду видно центральний судинно-волокнистий пучок, або «зірочку», й концентричні кільця провідних пучків, які чергуються. Між кільцями містяться клітини паренхіми відкладання цукру. Коренеплоди потовщуються за рахунок утворення нових кілець і розростання міжкільцевої паренхіми [13].

Листки буряків цукрових великі, цільні, черешкові. У молодих листків черешків короткі, пластинки округлі. У міру старіння листків черешки видовжуються, а листки набувають серцеподібної форми. Поверхня листової пластинки може бути гладенькою, гофрованою або хвилястою, що залежить головним чином від умов вирощування [1]. Для машинного вирощування найбільш технологічно придатними є рослини правильної конусоподібної форми коренеплоду з невеликою, рівномірно виступаючою з ґрунту голівкою, компактною розеткою прямостоячих листків [13].

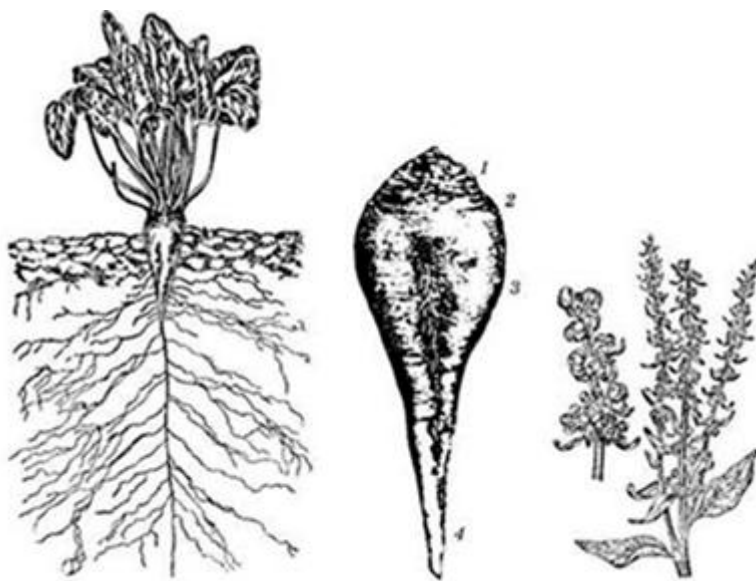


Рисунок 2.1 – Цукровий буряк:

а – розміщення кореневої системи у ґрунті; б – коренеплід (1 – голівка, 2- шийка, 3- корінь, 4 – хвостик кореня); в – квітконосні пагони [13]

Квітки буряків розміщені в пазухах листків групами по 2 – 6 у вигляді волотей; суцвіття - рихлий колос. В однонасінних буряків квітки розташовані по одній [13].

Плід (горішок) складається з перикарпію, насіння і кришечок, перикарпій - з целюлози й лігнітів і становить 70-80% маси плоду. У паренхімній тканині перикарпію є інгібітори проростання, що негативно впливають на схожість. Ніжні круглясто-брунькоподібні насінини знаходяться в блюдцеподібній порожнині плоду, вкритого кришечкою і

становлять 20...30% його маси. Насінина має блискучу червоно-буру оболонку, маса якої коливається від 2 до 4 мг, і незначну кількість живильної тканини (борошнисто - крохмалистий перисперм).

Через досить незначний запас енергії насіння при сівбі загортають неглибоко. Відносно великою масою твердої тканини перикарпію зумовлена висока потреба у волозі для проростання, що дорівнює 1,2-1,5 кратній величині маси плоду. Маса 1000 насінин становить 15-20 г [14].

Зародок насінини, який скручений майже кільцем навколо перисперму, складається з двох сім'ядоль, брунечки між ними, підсім'ядольного коліна і зародкового корінця [13].

2.2 Особливості розвитку рослин цукрового буряку

При проростанні насіння вбирає воду і бубнявіє. В ньому активізуються ферменти, за допомогою яких запасні білки, жири та вуглеводи перетворюються на амінокислоти, цукор та інші речовини, необхідні для життєдіяльності рослини. Проростаюче насіння енергійно дихає, тому в цей час треба забезпечити більше надходження повітря у ґрунт.

Під час проростання насіння першими починають рости і з'являються корінець і підсім'ядольне коліно. Потім на поверхню ґрунту виходять сім'ядолі, які зеленіють і виконують роль органів фотосинтезу в початковий період росту (фаза «вилочки»). Розміри сім'ядоль 2 – 3 см². Ушкодження сім'ядоль їх істотно знижує майбутній врожай, тому дуже важливо вчасно захистити молоді рослини від шкідників і хвороб.

Фаза сім'ядоль триває 6 – 8 днів, а потім з центральної бруньки виростають справжні листки. Строки появи першого і другого, третього і четвертого, п'ятого і шостого листків настільки збігаються, що здається, ніби вони ростуть водночас - парами. Звідси - фази першої, другої, третьої пари справжніх листків.

На початку літа кожний листок з'являється через 2 – 3, а в середині - через 1 – 2 дні. За вегетацію рослина утворює 50 – 60 листків загальною площею в липні–серпні 3000 – 6000 см², або 50 – 60 тис. м²/га. Найбільш інтенсивно ростуть листки у другій половині липня і в серпні. На час збирання частка листків становить 40 – 60 % і більше від маси коренеплоду [13].

Слід зазначити, що рослина цукрових буряків, залежно від ґрунтово-кліматичних умов і агротехніки вирощування, під час вегетаційного періоду утворює 30-90% нових і скидає до збирання від 60 до 70% старих листків. Посіви цукрових буряків утворюють у 4-5 разів більше листкової поверхні, ніж поверхня ґрунту, де вони ростуть.

Рослини цукрових буряків звичайно утворюють більше листків, ніж необхідно для високої врожайності і збору цукру. Індокси листкової поверхні вище 3,5 вказують на високу облиственість, тобто листки затіняють один одного. Можна вважати, що тільки близько 30% листків фотосинтетично цілком активні. Утворення великої кількості листків пізно влітку і восени негативно впливає на врожайність [15].

Буряки здатні швидко відновлювати кореневу систему в колишніх обсягах у випадку відмирання певної частини бічних і мичкуватих коренів. У цьому одна з причин пристосування буряків до різної вологозабезпеченості, хоча частка бічних і мичкуватих коренів у сухій масі становить тільки 3%. На частку коренеплоду в сухій масі припадає майже 70%, гички - близько 27% [3].

Із розгортанням сім'ядоль і утворенням першої пари справжніх листків починається вторинний приріст головного кореня в товщину. З'являються кільця судинних пучків із вторинним камбієм, що утворює клітини для накопичення сахарози. Вторинний луб утворює вторинну кору з тонким шаром пробкової тканини. Остання розростається, розриває первинну кору, що призводить до змін, відомих під назвою "линяння".

Але в цій фазі (травень - середина червня) ріст коренеплоду в товщину відстає від росту листків і росту кореня в глибину. Маса листків у вказаний період досягає 350% маси коренеплоду.

Принаймні в середині червня 16 листків або більше мають повністю покривати ґрунт (ряди повинні змикатися). Це є передумовою для ефективного використання інсоляції і максимального утворення врожаю. В другій половині червня настає період посиленого росту коренеплоду і листків. Наприкінці серпня - початку вересня коренеплоди вже досягають дві третини своєї маси. Максимальна маса листків буряка створюється за нормальних умов росту і розвитку вже на початку серпня. Після цього приріст листків уповільнюється, але накопичення цукру і збільшення маси коренеплодів триває до збирання (кінець вересня - жовтень) [16].

У цукрових буряків розрізняють кілька видів стиглості: *ботанічна*, при якій дозріває насіння, не має практичного значення, оскільки в цьому випадку вегетативну масу збирають у першому році вирощування. Для *біологічної стиглості* характерне відмирання старих листків, повільне наростання коренеплодів і накопичення цукру в них [14]. Під *фізіологічною стиглістю* розуміють стан, коли цукрові буряки витрачають більше цукру на дихання, ніж його заново утворюється. Фізіологічна і біологічна стиглість визначається генотипом і навколишнім середовищем. Вони не ідентичні *технологічній стиглості*. Остання є мірою придатності до переробки і визначається сумою всіх господарсько значимих і якісно вимірюваних властивостей цукрових буряків [3, 15, 17].

Цукрові буряки - дворічна рослина. В перший рік з насіння виростає потовщений коренеплід із запасами поживних речовин та розеткою прикореневих листків. Тривалість вегетаційного періоду у різних зонах бурякосіяння від 120 – 140 до 180 – 200 днів. На другий рік у висаджених у ґрунт коренеплодів із сплячих бруньок відростають листки і з'являються гіллясті високі (1,5 м і більше) стебла з квітками. Від висаджування до дозрівання насіння минає 100 – 125 днів. Рослини, в яких квітконосні стебла

формується вже в перший рік вегетації, називають цвітушними. Цвітушність спричинює зниження цукристості, здерев'яніння тканин і зменшення маси коренеплодів, ускладнює переробку і зберігання буряків. Рослини другого року вегетації, які не цвітуть і не формують насіння, називають «упрямцями». Основна причина їх з'явлення - фізіологічна невідповідність до дальшого розвитку, яка буває внаслідок раннього збирання, підсихання маточних коренеплодів, високої температури їх зберігання, неглибокого висаджування [13].

2.3 Агроекологічні особливості культури

Цукрові буряки історично пристосовані до районів з достатньо високою відносною вологістю повітря. Рослини погано розвиваються при відсутності опадів у березні і квітні. Період появи сходів повинен бути теплим з помірним дощем, перша половина літа - прохолодною і дощовою, а потім має переважати помірно-суха і тепла погода. За весь вегетаційний період з поверхні ґрунту, зайнятого цукровими буряками, випаровується не більше 25-30% кількості води, що випаровується рослинами.

В основних районах бурякосіяння опадів не вистачає навіть для формування середнього врожаю, тому волога, накопичена у ґрунті протягом осінньо-зимового періоду, стає надійним запасом для максимальної витрати її під час інтенсивного наростання листя і коренеплодів.

Коефіцієнт транспірації коливається в межах 240-400. Для утворення 1 г сирої маси коренеплоду використовується 70-80см³, а на 1г цукру - 450-500 г води. При врожайності 400-500 ц/га витрачається з одного гектара біля 5000 м³ води. Найвищий врожай одержують при 60-80% НВ. Критичний період цукрових буряків щодо вологи є кінець липня - початок серпня [18, 19].

Надмірна кількість води наприкінці вегетації призводить до зниження цукристості коренеплодів. Максимальний збір цукру з 1 га спостерігається при вологості ґрунту 60% НВ [20].

Енергетичною основою рослинництва є сонячна радіація, яка визначається сумою фотосинтетично активної радіації (ФАР) за вегетаційний період. ФАР - частина сонячної радіації в інтервалі довжина хвиль 0,38-0,71 мкм, яка використовується в процесі фотосинтезу. При накопиченні цукру листки рослин цукрових буряків найбільш інтенсивно використовують синьо-фіолетові (0,40-0,48 мкм), а для росту вегетативної маси - оранжево-червоні (0,65-0,69 мкм) промені [13].

За значенням для накопичення цукру в коренеплодах у другій половині вегетації в районах достатнього зволоження на перше місце слід поставити освітлення, на друге - температуру повітря. У районах нестійкого і особливо недостатнього зволоження перше місце займає волога. Ефективність світла і тепла залежить від забезпеченості рослин вологою та елементами живлення.

Від теплового режиму залежать схожість насіння, ріст рослин і продуктивність цукрових буряків. Потреба цукрових буряків у теплі за період від сівби до технічної стиглості визначається сумою активних температур 2300-3000 °С.

Найбільш сприятливою для проростання насіння є температура близько 20 °С. Від температури ґрунту залежить тривалість періоду проростання насіння. Так, при температурі ґрунту 1-2 °С насіння проростає протягом 45-60 днів, 3-4 °С - 25-30, 6-7°С - 10-15, 9-10°С - 8-10 і 11-12°С - 3-4 днів [20].

Сходи цукрових буряків переносять тимчасові заморозки на поверхні ґрунту -3-5 °С. Життєдіяльність рослин найбільш продуктивно відбувається при температурі кореневмісного шару ґрунту вдень близько 30 °С і вночі - 10°С. Фотосинтез і ріст рослин буряків краще проходить при температурі 20-22°С.

Восени перед збиранням рослини буряків переносять тимчасові заморозки до -5°С, а зібрані та некриті коренеплоди пошкоджуються при

температурі -2°C . Активний ріст та накопичення цукру триває до переходу осінніх температур через $+6^{\circ}\text{C}$.

При правильному поєднанні з іншими агротехнічними заходами внесення добрив є найефективнішим чинником інтенсифікації буряківництва. Приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків при внесенні 1 кг азоту становить у середньому 35,7 кг; 1 кг фосфору - 37,5; 1 кг калію - 18,8 кг. Внесення повного мінерального добрива в оптимальних співвідношеннях його елементів забезпечує збільшення вмісту цукру в коренеплодах на 0,2 – 0,4 %. Надмірна кількість азоту знижує цукристість буряків на 0,3 – 0,4 %; фосфор сприяє незначному підвищенню цукристості (0,2 – 0,3 %), а калій помітно підвищує її (0,3 – 0,6 %). Орієнтовні річні норми їх у зоні достатнього зволоження на чорноземах опідзолених і сірих лісових ґрунтах становлять $N_{140-160}P_{100-120}K_{120-160}$, у зоні нестійкого зволоження на чорноземах слабкосолонцюватих - $N_{70-90}P_{100}K_{60}$, на чорноземах солонцюватих - $N_{110}P_{120}$, на чорноземах звичайних і південних - $N_{100-110}P_{100-120}K_{80-100}$.

Найкращими для цукрових буряків є структурні чорноземні та суглинкові ґрунти з нейтральною або слабкокислою реакцією (рН 6,5 – 7,5). Буряки терплять від підвищеної кислотності (рН < 6), витривалі до засоленості ґрунтів. Оптимальна щільність орного шару для них становить $1,0 - 1,2 \text{ г/см}^3$ [13].

2.4 Особливості агротехніки цукрових буряків

Сорти і гібриди. Сучасна технологія вирощування буряків передбачає застосування генетично однонасінних сортів і гібридів, створених на стерильній основі з потенційною врожайністю 500 – 550 ц/га і цукристістю 17 – 18 %, з підвищеними однонасінністю та схожістю (Білоцерківський однонасінний 45, Уладівський однонасінний 35, Ювілейний, Уманський ЧС-5, Верхняцький ЧС-63, Екстра, Лазер, Олександрія, Призма, Ялтушківський

ЧС-72, Ярина та ін.). У господарствах доцільно використовувати 2 – 3 районованих сорти чи гібриди [13].

Місце в сівозміні. У зоні достатнього зволоження цукрові буряки розміщують після озимої пшениці в ланках сівозміни з багаторічними травами одного року використання, зайнятих удобрених гноєм парів, гороху. Ланка сівозміни з кукурудзою на силос дещо знижує продуктивність буряків.

У зоні нестійкого зволоження перше поле цукрових буряків розміщують в ланці із зайнятим паром, а друге - в ланці з багаторічними бобовими травами однорічного використання.

У зоні недостатнього зволоження розміщують цукрові буряки в ланках сівозміни з чорним удобреним паром, багаторічними травами на один укіс та однорічними культурами на один укіс.

Добрива. Система удобрення цукрових буряків орієнтує виробництво на різноглибинне внесення добрив у три строки: восени - основне удобрення, під час сівби - рядкове та в період вегетації - підживлення. Добрива основного удобрення загортають на глибину 15-30 см, рядкового на 4-6 см під час підживлення - на 12-14 см. Підживлення застосовують у зоні достатнього зволоження, а в зоні нестійкого зволоження, - коли недостатньо внесено добрив під оранку. В умовах недостатнього зволоження підживлювати рослини не рекомендується.

З органічних добрив під цукрові буряки найчастіше вносять гній. В зоні достатнього зволоження 30-40 т/га вносять безпосередньо під буряки. В районах нестійкого зволоження гній в нормі 30-40 т/га вносять під озиму пшеницю, а в ланці з багаторічними травами під буряки по 30 т/га.

У зоні недостатнього зволоження гній з розрахунку 20-30 т/га вносять під озиму пшеницю, або під парозаймаючу культуру.

До 90% мінеральних добрив вносять восени під глибоку зяблеву оранку. Середня норма мінеральних добрив на фоні гною азот - 140-170, фосфор - 140-170, калій - 160-190 кг/га. Кількість азоту в ланці сівозміни з

багаторічними травами зменшують приблизно на 30 кг/га. При сівбі в рядки вносять $N_{10}P_{15-20}K_{10}$ і в підживлення $N_{90}P_{30}K_{30}$.

Дози добрив потрібно коректувати щодо кожного окремого поля. Мікродобрива вносять за мірою необхідності на окремих полях. Кислі ґрунти один раз за ротацію сівозміни вапнують вносячи вапняні матеріали під озиму пшеницю. Дозу $CaCO_3$ розраховують, перемножуючи величину гідролітичної кислотності на коефіцієнт 1,5.

Солонці та солонцюваті ґрунти необхідно 1-2 рази за ротацію гіпсувати. На солонцюватих ґрунтах вносять 2-4 т/га, на плямах солонців - 6-10 т/га гіпсу [15, 21].

Підготовка насіння до сівби. Насіння цукрових буряків готують до сівби на насінневих заводах. Насіння, крім сушіння, очищення і сортування калібрують, шліфують, дражують обробляють захисними стимулюючими речовинами.

Для сівби пунктирним способом насіння калібрують на дві посівні фракції діаметром 3,5-4,5 і 4,5-5,5 мм. Проти комплексу ґрунтових і наземних шкідників насіння обробляють фураданом з розрахунку 30-35 л на 1 т насіння. Рослини зберігають токсичність до 30 днів. Відпускається насіння за посівними одиницями. Одна посівна одиниця це 100 тисяч насінин.

Обробіток ґрунту, внесення гербіцидів, сівба. Розроблено два способи основного обробітку ґрунту - поліпшений та напівпаровий. Поліпшений спосіб включає дворазове лушення стерні дисковими і лемішними лушчильниками та глибоку зяблеву оранку в кінці вересня на початку жовтня двоярусними плугами.

У зоні достатнього зволоження рекомендується застосовувати напівпаровий обробіток ґрунту, який включає лушення стерні дисковими лушчильниками в два сліди на глибину 5-6 см, внесення органічних і мінеральних добрив і оранку на глибину 28-32 см плугами з передплужниками в агрегаті з боронами або з кільчасто-шпоровими котками в кінці липня - першій половині серпня. По мірі з'явлення бур'янів поле

обробляють 1-2 рази важкими зубовими боронами або культиваторами загального призначення. В кінці осені проводять безполицеве розпушення на глибину 16-20 см плугами або лемішними луцильниками без палиць.

Весняний обробіток ґрунту включає ранньовесняне розпушення та вирівнювання ґрунту на глибину 2,5-3,0 см.

Передпосівний обробіток ґрунту є складовою частиною єдиного технологічного процесу сівби цукрових буряків. Його проводять з метою, щоб розпушити верхній шар ґрунту на глибину загортання насіння, вирівняти поверхню ґрунту, знищити бур'яни, загорнути в ґрунт гербіциди.

Одним із основних завдань в технології вирощування цукрових буряків є своєчасна боротьба з бур'янами та поєднання агротехнічних і хімічних заходів їх знищення. Передпосівний обробіток ґрунту, а також сівбу буряків, краще проводити вслід за ранньовесняним обробітком, не допускаючи розриву між цими операціями.

Сівбу починають, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає 5-6 °С, а ґрунт при обробітку кришиться і не липне до знарядь. Сіють цукрові буряки пунктирним способом з шириною міжрядь 45 см, а в умовах зрошення - 60 см. Глибина загортання насіння - 2,5-3,0 см, а при підсиханні ґрунту - 3,5 - 4,0 см. При сівбі на кінцеву густоту висівають 8-10 схожих насінин на 1 погонний метр рядка, щоб одержати 6-7 сходів. При застосуванні заходів механічного формування густоти висівають до 15 насінин на 1 погонний метр рядку [21].

Сівбу на одному полі потрібно закінчувати за 1-2 дні, відхилення середньої глибини загортання насіння не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см, а ширина стикових міжрядь повинна становити 50 ± 5 см.

Догляд за посівами. Система заходів догляду за посівами включає: до - і після сходове суцільне розпушування ґрунту, формування (в разі необхідності) густоти насадження рослин, розпушування ґрунту в міжряддях і рядках, підживлення рослин, захист від бур'янів, шкідників і хвороб.

Коли цукрові буряки вирощуються за інтенсивною технологією, то після сходів проводиться лише 1-2 розпушування міжрядь. Оптимальна густина насадження рослин на період збирання повинна становити для зони оптимального зволоження - 115-120 тис/га, нестійкого зволоження - 110-115 і недостатнього - 100-105 тис/га.

Хвороби. Найбільш поширеними хворобами цукрових буряків є коренеїд сходів, церкоспороз, борошниста роса, пероноспороз, іржа, вірусна мозаїка і жовтуха, гнилі коренеплодів. Заходи боротьби: дотримання чергування культур в сівозміні, протруєння насіння, обробка посівів фунгіцидами та ін.

Шкідники - довгоносики, дротяники, блохи, совки, лучний метелик, крихітка бурякова, нематода. Заходи боротьби включають - обробку насіння фураданом, прометом (1,5-2,5 кг/га), фастаком (0,1 кг/га).

Збирання цукрових буряків найбільш доцільно проводити при настанні технічної стиглості - це кінець вересня - перша декада жовтня. В технічній стиглості маса коренеплоду і вміст в ньому цукру стають максимальними, чистота соку підвищується. Строки збирання цукрових буряків визначаються також технічними можливостями господарств, які б гарантували закінчення збирання до 25 жовтня. Цукрові заводи повинні мати у вересні тридобовий запас коренеплодів [15, 16].

За 10-15 днів до збирання проводять розпушення ґрунту на глибину 10-12 см. Залежно від конкретних погодних, агротехнічних і організаційних умов при збиранні цукрових буряків застосовують потоковий, потоково-перевалочний і перевалочний способи. Основним є потоковий спосіб збирання, для якого використовують бурякові комплекси як вітчизняного так і зарубіжного виробництва [21].

3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур

Для отримання планованих урожаїв та науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур поряд з детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне вивчення часової мінливості урожаїв у різних агрокліматичних зонах. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлена впливом значної кількості факторів, які поділяють на дві групи.

Перша група включає ряд факторів, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів від яких залежить різноманітний рівень культури землеробства. Це і досягнення генетики та селекції, технологія обробітку культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також енергозабезпеченість сільського господарства.

Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня. Урожайність у кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу природних чинників.

Однак, при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В.М Обухова [22] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. Ця ідея отримала подальший розвиток у дослідженні інших авторів [23, 24]. У такій постановці ряд урожайності Y_t можна представити у вигляді загальної статистичної моделі такого роду:

$$Y_t = f(t) + U_t, \quad (3.1)$$

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

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни урожайності в проаналізованому періоді. Вона представляє плавну лінію, отриману в результаті згладжування ряду. Ця лінія називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їхній вплив на формування урожайності й представляє відхилення від лінії тренда. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства має помітний вплив на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренда досить точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений рівнем культури землеробства, економічними й природними особливостями конкретного району.

Для оцінки урожайності сільськогосподарських культур у різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонічних зважувань. Метод гармонічних зважувань вперше був запропонований для економічних розрахунків З. Хельвігом. В агрометеорології він був вперше використаний у дослідженнях А.М. Польового [23].

Основна ідея методу гармонічних зважувань (МГЗ) полягає в тому, що в результаті зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженнями часового ряду, надаються більші зважування. При використанні МГЗ, як деякого наближення істинного тренда $f(t)$ часового ряду урожайності сільськогосподарських культур $Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n)$ приймається ламана лінія, яка згладжує задану кількість точок часового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренда) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзного тренда вибираємо

кількість років, які утворюють окрему фазу, причому $k < n$, і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad \text{при} \quad i = 1, 2, \dots, n - k + 1 \quad (3.2)$$

причому:

$$\text{для} \quad i = 1, \quad t = 1, 2, \dots, k;$$

$$\text{для} \quad i = 2, \quad t = 2, 3, \dots, k + 1;$$

$$\text{для} \quad i = n - k + 1, \quad t = n - k + 1, \quad n - k + 2, \dots, n.$$

Параметри a_i і b_i рівняння (3.2) визначаються методом найменших квадратів.

Потім визначаємо значення кожної функції $Y_i(t)$ в точках $t = i + h - 1$ при $h = 1, 2, \dots, k$

Із цих значень обираємо ті, для яких $t = 1$, та через $Y_j(t)$ позначаємо функції $Y_i(t)$ для $t = i$. Нехай таких значень буде g_i . Середнє значення визначаємо за виразом

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t) \quad \text{при} \quad j = 1, 2, \dots, g_i. \quad (3.3)$$

Прирости w_{t+1} функції $f(t)$ визначаємо як

$$w_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t \quad (3.4)$$

розраховуємо середню величину приростів

$$\bar{w} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (3.5)$$

де C_{t+1}^n – коефіцієнти, які задовольняють наступним вимогам:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad \text{при} \quad t = 1, 2, \dots, n-1; \quad \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n = 1.$$

Гармонічні коефіцієнти визначаємо за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (3.6)$$

де m_{t+1} – гармонічні зважування.

Вираз (3.4) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням більші зважування. Якщо найбільш ранні спостереження мають такі зважування

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (3.7)$$

то зважування інформації m_3 , яка відноситься до наступного моменту часу, буде визначатися як

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (3.8)$$

Таким чином, ряд гармонічних зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad \text{при} \quad t = 2, 3, \dots, n-1 \quad (3.9)$$

З початковим значенням, яке виражається рівняннями (3.5) і (3.6).

Екстраполяція тенденції часового ряду урожайності визначається за виразом

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w}, \quad (3.10)$$

за початкових умов $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду урожайності за МГВ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1–2 роки.

Нами досліджувалися ряди урожайності цукрового буряку по Вінницькій області. Тенденція урожайності визначалася за допомогою методу гармонічних зважувань [23].

3.2 Динаміка урожаїв цукрового буряку

Продуктивність сільськогосподарських культур залежить від відповідності кліматичних ресурсів біологічним особливостям та агротехніці вирощування культури. Тобто урожайність є інтегральним показником, який висвітлює вплив всього комплексу умов сільськогосподарського виробництва.

Нами був проведений аналіз динаміки урожаїв цукрового буряку по Вінницькій області за 20 років за період з 1996 по 2015 роки, згідно з даними, представленими статуправлінням Вінницької області [5]. Була розрахована лінія тренда методом гармонічних зважувань, визначені відхилення урожайності від лінії тренда, проаналізована динаміка тенденції урожайності та оцінка кліматичної мінливості урожаїв по території дослідження.

На підставі отриманих результатів розрахунків (додаток А) був побудований графік динаміки урожаїв цукрового буряку та лінія тренда для визначення особливостей динаміки у Вінницькій області.

Для характеристики динаміки урожайності на рис. 3.1 представлена динаміка урожайності та лінія тренду. 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. 3.1, за досліджуваний період відбувся вельми активний ріст трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення

рівня культури землеробства за період дослідження. Так, на початку досліджуваного періоду урожайність за трендом становила 162-165 ц/га, а наприкінці періоду досліджень її величина зросла до 441 ц/га. Тобто за рахунок вдосконалення рівня культури землеробства рівень врожайності збільшився майже втричі.

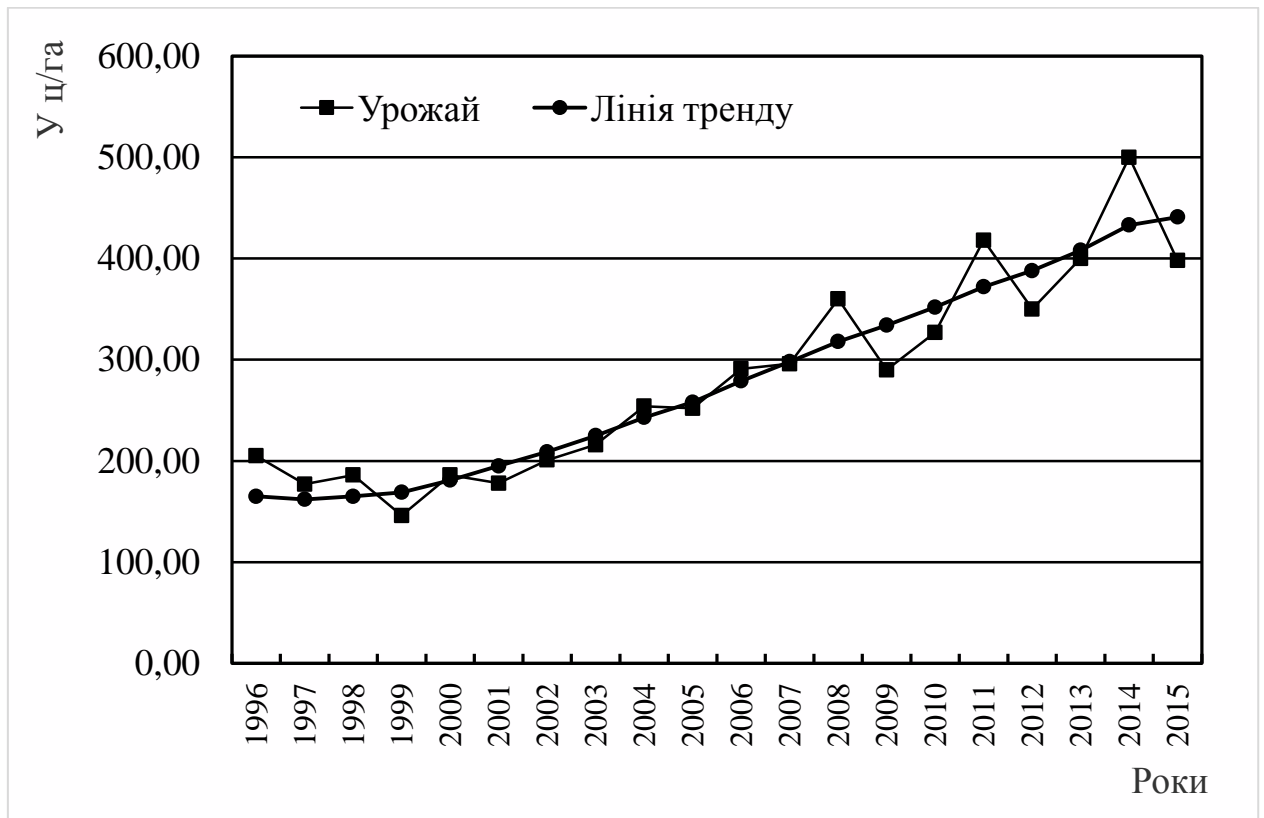


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду у Вінницькій області

Середня за роки досліджень урожайність склала 282 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних зважувань, додатна і складає 16,8 ц/га.

Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної урожайності на території дослідження. Наприклад, на початку дослідження (1996-2003 рр.) вона була найменшою і коливалась в межах 146-216 ц/га. Останні п'ять років характеризуються великими урожаєми. Так

у 2011 та 2014 рр. були зібрані найбільші урожаї цукрового буряку – 418 та 500 ц/га відповідно.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю цукрового буряку, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 20 досліджуваних років у 11 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить суттєвими і досягали -44 ц/га у 2009 р., -38 ц/га у 2012 р. та -43 ц/га у 2015 р.

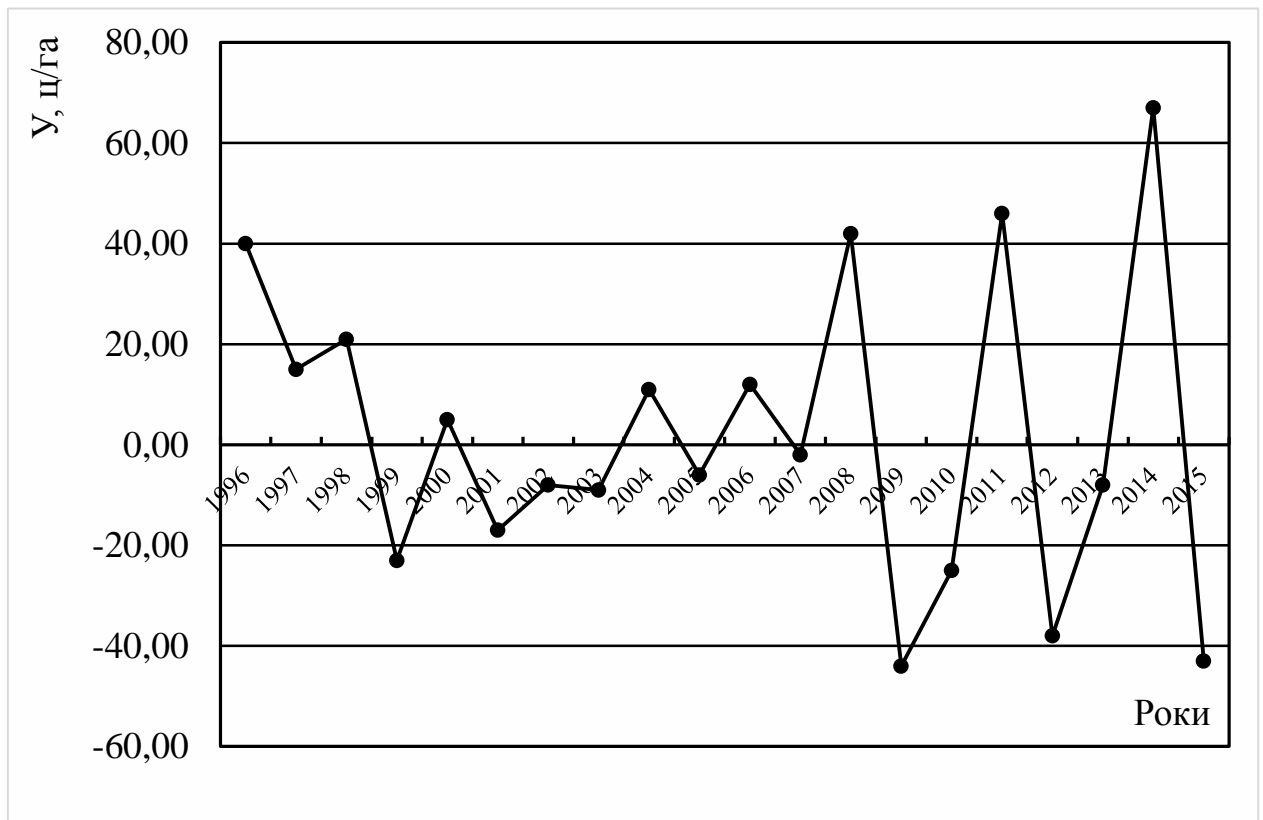


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду у Вінницькій області

Найбільш несприятливим для вирощування цукрового буряку був, як вже відзначалось, 2009 р., саме у цьому році спостерігалось найбільше від'ємне відхилення від лінії тренду – 44 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цього року. У роки ж з високими врожаєм вдалося отримати збільшення врожаю за рахунок сприятливих погодних умов і відхилення від лінії тренду мали додатні

значення. Найбільш сприятливими для вирощування цукрового буряку були 2008, 2011 та 2014 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали 42, 46 та 67 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що, незважаючи на підвищення культури землеробства протягом останніх років, залежність урожаю цукрового буряку в Вінницькій області від клімату залишається значною.

Згідно з дослідженнями В.М. Пасова, в будь-якому сільськогосподарському районі динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання (іноді вельми суттєві), що пов'язані з особливостями погоди різних років [24].

Зміни культури землеробства у часі формують лінію тренду. За таким підходом загальну дисперсію урожайності σ^2 можна розглядати як добуток двох складових, одна з яких характеризує внесок, що надає динаміка культури землеробства σ_a^2 , а друге – мінливістю погоди σ_m^2 . Тоді

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad (3.11)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2. \quad (3.12)$$

Величина σ_m більш стійка у часі ніж σ , тому що до складу останньої входить величина σ_a , що суттєво змінюється у часі.

Розрахунок σ_m можна проводити за наступних формул:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \bar{y}}{n-1}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - \bar{y}}{n-1}, \quad (3.14)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - y^2 - \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - y^2}{n-1}}{n-1}, \quad (3.15)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n,$

де y_i – урожайність конкретного року; y – середньобогаторічна урожайність; y_{iT} – динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році); n – кількість років дослідження [24].

Для того, щоб вірно оцінити мінливість урожайності, окрім дисперсії необхідно враховувати і рівень врожайності. Є відомим, що урожайність однієї і тієї ж культури в різних кліматичних зонах може відрізнятися на 100% та більше. Тому для оцінки мінливості урожайності краще користуватися коефіцієнтом варіації c_v :

$$c_v = \frac{\sigma}{y}. \quad (3.16)$$

Згідно до методики В.М. Пасова [24], оскільки особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди, то до формули (3.16) замість σ слід ввести σ_m :

$$c_v = \frac{1}{y} \frac{\sum_{i=1}^n y_i - y^2 - \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - y^2}{n-1}}{n-1}. \quad (3.17)$$

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв цукрового буряку в Вінницькій області. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань [23, 25]. Хід розрахунків наводиться у таблиці 3.1.

$$c_v = \frac{1}{282} \frac{183773 - 175451}{20-1} = \frac{1}{282} \frac{8322}{19} = \frac{1}{282} \overline{438} = \frac{20,9}{282} = 0,07$$

n	Рік	y	y_T	$y_i - y$	$(y_i - y)^2$	$y_{iT} - y$	$y_{iT} - y^2$
1	1996	205	165	-77	5929	-117	13689
2	1997	177	162	-105	11025	-120	14400
3	1998	186	165	-96	9216	-117	13689
4	1999	146	169	-136	18496	-113	12769
5	2000	186	181	-96	9216	-101	10201
6	2001	178	195	-104	10816	-87	7569
7	2002	201	209	-81	6561	-73	5329
8	2003	216	225	-66	4356	-57	3249
9	2004	254	243	-28	784	-39	1521

Таблиця 3.1 – Розрахунок кліматичної складової урожаїв цукрового буряку

10	2005	252	258	-30	900	-24	576
11	2006	291	279	9	81	-3	9
12	2007	296	298	14	196	16	256
13	2008	360	318	78	6084	36	1296
14	2009	290	334	8	64	52	2704
15	2010	327	352	45	2025	70	4900
16	2011	418	372	136	18496	90	8100
17	2012	350	388	68	4624	106	11236
18	2013	400	408	118	13924	126	15876
19	2014	500	433	218	47524	151	22801
20	2015	398	441	116	13456	159	25281
Середнє		282					
Сума					183773		175451

В.М. Пасов [24] стосовно кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці та озимого жита для характеристики території вирощування культури пропонує такі градації, які можна застосувати й для інших сільськогосподарських культур:

- зона найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв ($c_m \leq 0,20$);
- зона помірно стійких урожаїв $c_m = 0,21 - 0,29$;
- зона нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,30$);
- зона дуже нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,50$).

Деякі дослідники пропонують вважати зонами дуже нестійких урожаїв території з $c_m \geq 0,40$ [26].

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

$$\partial_{c_m} = \frac{c_m \sqrt{1+c_m^2}}{2n-1}, \quad (3.18)$$

де n – довжина ряду.

В нашому випадку $n=20$, отже помилка ∂_{c_m} дорівнює

$$d_{c_m} = \frac{0,07 \sqrt{1 + 0,07^2}}{2 \cdot 20 - 1} = \frac{0,07 \sqrt{1 + 0,0049}}{38} = \frac{0,07 \sqrt{1,0049}}{6,16} = \frac{0,07}{6,16} = 0,011$$

Таким чином Вінницьку область можна віднести до території дуже стабільних урожаїв.

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку

Для всебічної характеристики урожайності будь-якої сільськогосподарської культури на будь-якій території дослідження недостатньо знати середні значення урожайності. В агрометеорології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури урожайності. Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик урожайності, але і яка частота повторюваності кожного з членів ряду значень урожайності. З цією метою агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості урожайності широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [27].

Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

де $P_{(x_m)}$ - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають, $m = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення, n – число років або спостережень в ряді.

Алексєєв показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості, визначена по основних статистичних параметрах (x , σ , c_x) і побудована за

допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_p = \bar{x} + \sigma_x + \varphi(p, c_S) \quad (3.12)$$

повинна пройти через три опорні точки x_{P_1} , x_{P_2} , x_{P_3} , що відповідають значенням імовірності $P_1 = 5\%$, $P_2 = 50\%$, $P_3 = 95\%$ емпіричної кривої, отриманої з виразу (3.11). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння

$$\begin{aligned} \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) &= x_{P_1} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) &= x_{P_2} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) &= x_{P_3} \end{aligned} \quad (3.13)$$

з трьома невідомими (x , σ , c_S) можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих формул. У випадку нормального розподілу задача зводиться до знаходження (x , σ , c_S), які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{x_{P_1} - x_{P_3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_3, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \quad (3.14)$$

де $(x_5 - x_{95})$ – різниця нормованих відхилень, що відповідає прийнятій величині c_S ,

$$\bar{x} = x_{P_2} - \sigma_x \varphi(P_2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50} \quad (3.15)$$

де φ_{50} – нормоване відхилення, відповідне забезпеченості $P = 50\%$ при прийнятому c_S .

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю цукрового буряку для Вінницької області. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1996 по 2015 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2.

За цими даними було побудовано криву сумарної ймовірності можливих урожаїв цукрового буряку щодо середніх багаторічних значень (рис. 3.3). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Потім з кривої сумарної імовірності знімалися значення урожаю цукрового буряку різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.3.

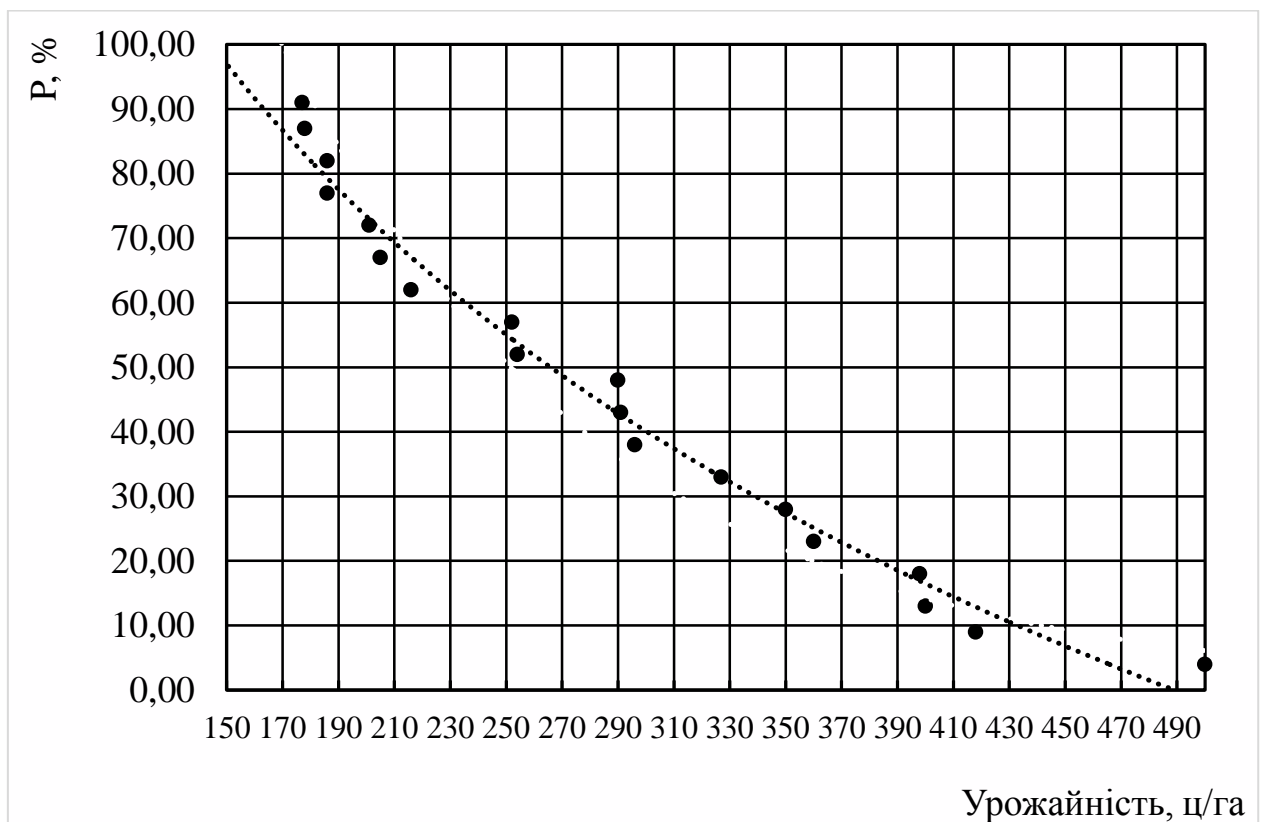


Рисунок 3.3 – Крива ймовірності урожаїв цукрового буряку в Вінницькій області

Таблиця 3.2 – Розрахунок ймовірності урожаїв цукрового буряку в Вінницькій області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %
		Фактичний	Ранжований	
1996	1	205	500	4

1997	2	177	418	9
1998	3	186	400	13
1999	4	146	398	18
2000	5	186	360	23
2001	6	178	350	28
2002	7	201	327	33
2003	8	216	296	38
2004	9	254	291	43
2005	10	252	290	48
2006	11	291	254	52
2007	12	296	252	57
2008	13	360	216	62
2009	14	290	205	67
2010	15	327	201	72
2011	16	418	186	77
2012	17	350	186	82
2013	18	400	178	87
2014	19	500	177	91
2015	20	398	146	96

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв цукрового буряку (ц/га)
в Вінницькій області

У _{сер}	\bar{y} Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
282 0	47	430	380	340	300	280	235	210	185	160	155

У Вінницькій області урожаї цукрового буряку порядку 430 ц/га отримують з ймовірністю 10 % (тобто раз в десять років), урожаї цукрового буряку порядку 210 ц/га отримують з ймовірністю 70 % (тобто 7 разів в десять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 155 ц/га.

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв цукрового буряку по Вінницькій області України можна зробити такий висновок. Спостерігається велика часова мінливість урожайності цукрового буряку на території, що досліджувалась. Тому необхідна детальна оцінка агрокліматичних ресурсів у поєднанні з раціональним розміщенням існуючих сортів і науковим обґрунтуванням отримання урожаїв більш високого рівня.

4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ В ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України

Майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, що стоїть перед людством в новому столітті. Потреба в інформації про зміни клімату необхідна для того, щоб оцінити їх вплив на людину і природні системи з метою розвитку відповідних засобів адаптації і стратегії пом'якшення негативного впливу кліматичних змін на національному і навіть регіональному рівні [28].

Діяльність людини змінила і продовжує змінювати поверхню Землі і склад її атмосфери. Деякі з цих змін мають прямий або опосередкований вплив на енергетичний баланс Землі і, таким чином, є чинниками, що впливають на зміну клімату. Радіаційний вплив (РВ) є результатом зміни енергетичного балансу системи Земля як реакції на певні зовнішні фактори, при цьому позитивний РВ веде до потепління, а негативний РВ до похолодання кліматичної системи.

Крім глобального середнього радіаційного та енергетичного впливу просторовий розподіл і часова еволюція впливу та зворотній кліматичний зв'язок також відіграють значну роль у визначенні можливого впливу різних факторів на клімат. Зміни поверхні суші можуть також впливати на локальний та регіональний клімат за допомогою процесів, які не є радіаційними за своєю природою [29].

Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усєї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів.

Для нових кліматичних розрахунків, виконаних у рамках проекту Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) Всесвітньої програми досліджень клімату (World Climate Research Programme), використовується

новий набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP).

Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [29]. Слово репрезентативний означає, що кожна RCP показує лише один з багатьох можливих сценаріїв, які призвели б до отримання конкретних характеристик радіаційного впливу. Термін траєкторія підкреслює, що розглядаються не тільки рівні довгострокових концентрацій, але також і їх очікувана зміна, побудована в часі для визначення кінцевого результату. В усіх сценаріях RCP атмосферна концентрація CO₂ є вищою за сьогоднішній рівень унаслідок зростання сукупних викидів CO₂ протягом XXI століття.

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м⁻² для RCP2.6; 4,5 Вт·м⁻² для RCP4.5; 6,0 Вт·м⁻² для RCP6.0 і 8,5 Вт·м⁻² для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5) [28, 29]. Згідно RCP6.0 і RCP8.5, радіаційне вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в RCP2.6 цей вплив досягає максимуму і потім знижується; і в RCP4.5 він стабілізується до 2100 р.

Зміни у глобальній кліматичній системі можуть розглядатися на сьогодні як незаперечний факт, що доводиться метеорологічними даними за останні 150 років. Є дуже ймовірним, що підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини 20 століття, здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів [28].

4.2 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку

На ріст, розвиток та формування урожайності будь-якої сільськогосподарської культури вирішальний вплив має клімат. Саме від особливостей клімату району вирощування залежить кількість та якість урожаїв. На даному етапі розвитку наукових знань особливо важливим є застосування методів математичного моделювання для оцінки впливу кліматичних змін на продукційний процес сільськогосподарських культур. Математичні моделі дають змогу найбільш повно врахувати причинно-наслідковий зв'язок між погодними умовами (кліматичними змінами) та продуктивністю сільськогосподарських культур.

Протягом двох десятирічч на кафедрі агрометеорології та агрометпрогнозів Одеського державного екологічного університету успішно працює та розвивається створена професором А.М. Польовим наукова школа динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських рослин.

Вперше для України базову модель формування врожайності сільськогосподарських культур А.М. Польового [23, 25] було застосовано для розробки методу оцінки умов формування врожаю цукрового буряку і прогнозування його середньої по області врожайності у роботі О.В. Вольвач [30]. Подальший розвиток динамічне моделювання продукційного процесу цукрового буряку отримало у роботі Т.К. Костюкевич [31], в якій базова модель була модифікована та адаптована до умов вирощування культури у різних ґрунтово-кліматичних зонах України: Поліссі, Лісостепу, Північному Степу та Південному Степу.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів в чинній дипломній роботі були використані розроблені А.М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур:

- модель формування продуктивності агроєкосистеми [32];
- результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації CO_2 в атмосфері [33].

Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку має блочну структуру і містить п'ять блоків (рис. 4.1):

- блок вхідної інформації;
- блок чинників навколишнього середовища;
- біологічний блок;
- блок росту;
- блок врожайності.

Блок вхідної агрометеорологічної інформації складається з початкових та щоденних даних. Цей блок містить дані стандартних метеорологічних та агрометеорологічних спостережень і включає в себе всі необхідні для виконання розрахунків характеристики.

Блок чинників навколишнього середовища містить три підблоки: радіаційного та водно-теплого режиму посівів, функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез, комплекс оцінок умов міжфазних періодів, зниження врожайності за рахунок несприятливих умов в період росту коренеплоду.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: онтогенетичних кривих фотосинтезу; фотосинтезу та приросту рослинної маси; дихання та старіння рослин; мінерального живлення.

Блок росту включає чотири підблоки: маси листя; маси черешків; маси коріння; маси коренеплодів та площі листкової поверхні.

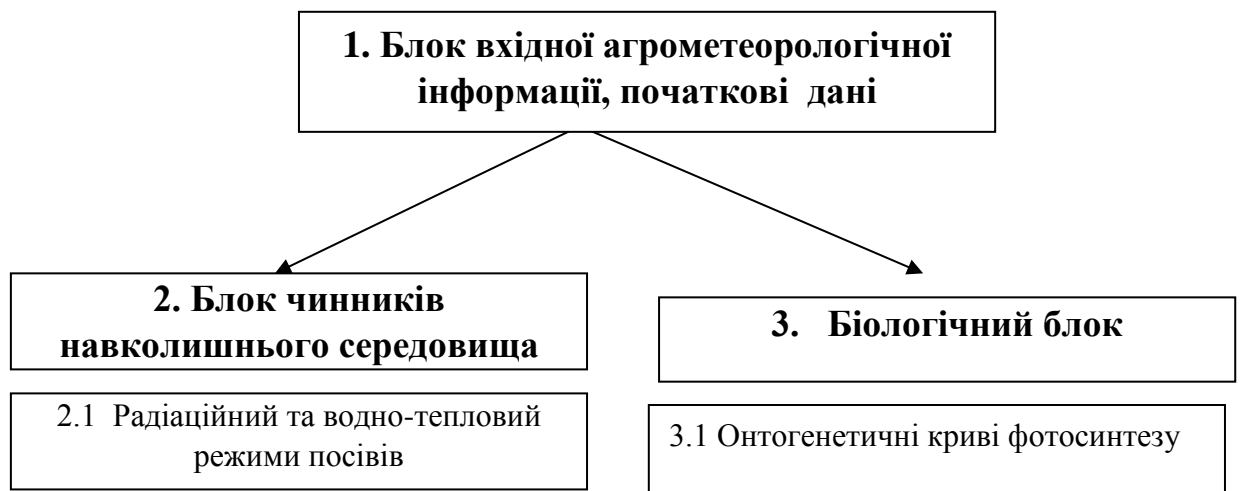




Рисунок 4.2 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності цукрового буряку [29]



Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою Монсі і Саєкі:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}), \quad (4.1)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

Φ_{max} – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2 , мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$;

α_{Φ} – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$;

$I_{\text{ФАР}}$ – інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/ $(\text{см}^2 \cdot \text{хв.})$;

j – номер кроку розрахункового періоду [23, 25].

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO_2 в атмосфері розглядають величину Φ_{max} як функцію концентрації CO_2 :

$$\Phi_{\text{max}} = \tau_C \cdot C_o, \quad (4.2)$$

де τ_C – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

C_o – концентрація CO_2 в атмосфері [33].

У онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його фізіологічним віком і напруженістю водно-теплого режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в польових умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз:

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\Phi}^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (4.3)$$

де Φ_{τ} – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{г од})$;

α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$ – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби розраховується за формулою:

$$\Phi^J = 0,68\Phi_\tau^J \cdot L^J \tau_{\text{дн}} \cdot 0,1, \quad (4.4)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м²·доба);

L – площа листкової поверхні, м²/м²;

$\tau_{\text{дн}}$ – тривалість світлого часу доби.

На відміну від процесу фотосинтезу здібністю до дихального газообміну володіють всі органи рослини. Інтенсивність дихання всієї рослини за добу визначається як:

$$R^J = \alpha_R^J (c_m M^J + c_G \Phi^J), \quad (4.5)$$

де R - витрати на дихання рослин;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_m - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

c_G - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву у [23, 25] визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання:

$$\Delta M^J = \Phi^J - R^J. \quad (4.6)$$

4.2.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини

Ріст, як і всі інші процеси у рослини, є функцією часу, що зовні виражається в періодичних і ритмічних коливаннях його інтенсивності

Для опису росту окремих органів рослин скористаємося запропонованими Ю.К. Россом ростовими рівняннями в модифікованому вигляді з урахуванням формування коренеплодів:

$$\begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - \nu_i^j m_i^j) n_{дек}^j, \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j m_i^j) n_{дек}^j. \end{aligned} \quad (4.7)$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів (l – листя; s – черешки; r – коріння; p – коренеплоди);

β_i – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

ν_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів; $n_{дек}$ – кількість днів в розрахунковій декаді.

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (4.8)$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м².

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення :

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (4.9)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання.

4.2.3 Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посівів

Для розрахунку сумарної сонячної радіації, що приходить на верхню межу рослинного покриву, використовується формула С.І. Сівкова

$$Q_o^j = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(A^j + B^j)^{2,1}, \quad (4.10)$$

де Q_o – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву; SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва; j – порядковий номер розрахункової декади.

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{ФАР} = (a_{ФАР} Q_L) / \tau_{дн}, \quad (4.11)$$

де $a_{ФАР}$ - коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Випаровуваність з посівів визначимо за рівнянням:

$$E_{pot} = 16,7(a_{хар.} Q_o - n_{дек.} b_{хар.}), \quad (4.12)$$

де E_{pot} - випаровуваність посівів; $a_{хар.}$ і $b_{хар.}$ - параметри рівняння Харченко.

Сумарне випаровування посівів цукрового буряку визначимо за методом С.І. Харченко:

$$E_{act.} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \frac{2W_{HB}}{\beta_{хар.} E_{pot}}}, \quad (4.13)$$

де $E_{act.}$ - сумарне випаровування посівів; $P_{зр.}$ - норма вегетаційного поливу; W_{HB} - найменша вологоємність в метровому шарі ґрунту; $\beta_{хар.}$ - параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в

залежності від фази розвитку та біологічних особливостей культури; W - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту [23, 25].

4.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у зв'язку зі зміною клімату

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за два періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період) та 2021 – 2050 рр. (кліматичний або сценарний період).

Для цукрового буряку на фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO₂ в атмосфері з 380 до 437 ppm (сценарій RCP4.5) та до 455 ppm (сценарій RCP8.5).

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Вінницькій області [9] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [5].

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності цукрового буряку розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

В якості основних агрокліматичних характеристик температурного режиму вегетаційного періоду цукрового буряку були розглянуті:

- дати сівби та основних фаз розвитку цукрового буряку;
- середні за міжфазні періоди температури повітря;
- суми активних температур повітря за період вегетації.

Для характеристики умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку розглядалися такі показники:

- суми опадів за міжфазні періоди;
- сума опадів за вегетаційний період в мм та у відсотках від кліматичної норми;
- сумарне випаровування та випаровуваність за вегетаційний період;
- вологозабезпеченість за період вегетації.

Результати розрахунків за базовими та кліматичними даними представлені у табл. 4.1.

За даними 1986-2005 рр. (базовими), терміни сівби цукрового буряку майже співпадають з датами переходу температури повітря через 10°C, і в Вінницькій області сівба відбувається 20 квітня.

Таблиця 4.1 – Фази розвитку цукрового буряку за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5

Період	Сівба	Сходи	Початок росту коренеплоду	Пожовтіння нижнього листя
1986-2005 рр.	20.04	06.05	02.06	23.08
<i>RCP4.5</i>	29.04	15.05	12.06	06.09
Різниця	+9	+9	+10	+14
<i>RCP8.5</i>	24.04	10.05	07.06	02.09
Різниця	+4	+4	+5	+10

Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 190°C. У Вінницькій області сходи з'являються 6 травня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату RCP4.5 терміни сівби цукрового буряку змістяться на більш пізні строки. На території Вінницької області сіяти культуру будуть 29 квітня, що на 9 днів пізніше, ніж за базових умов. Відповідно змістяться і строки появи сходів, які будуть з'являтися 15 травня, тобто на 9 днів пізніше.

Аналізуючи результати досліджень за другим сценарієм RCP8.5, можна зробити наступні висновки. Настання фази початку росту коренеплоду цукрового буряку за базових умов в Вінницькій області спостерігається 2 червня, а наступна фаза - початок росту коренеплоду – спостерігається відповідно 23 серпня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату RCP4.5 терміни початку росту коренеплоду цукрового буряку змістяться на більш пізні строки. На території Вінницької області настання цієї фази очікується 12 червня, що на 10 днів пізніше, ніж за базових умов. Відповідно зсунуться і строки настання фази пожовтіння нижнього листя, які будуть спостерігатися в Вінницькій області 6 вересня, тобто на два тижні пізніше.

За умов реалізації другого сценарію зміни клімату RCP8.5 термін настання фази початок росту коренеплоду в умовах Вінницької області також очікуються пізніше, ніж у базовий період, а саме 7 червня, тобто на 5 днів пізніше. Фаза пожовтіння нижнього листя також очікується на 10 днів пізніше за базовий термін – 2 вересня.

У таблиці 4.2 представлені агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку на досліджуваній території за умов реалізації обох сценаріїв у порівнянні з базовими значеннями. Цукровий буряк – культура, яка може вегетувати до кінця вересня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді. Тому за умов реалізації обох сценаріїв зміни клімату тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати не менше 15 декад, починаючи з дати сходів.

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5

Період	Період сходи – початок росту коренеплоду			Період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листа			Вегетаційний період			Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
	тривалість, дні	середня температура, °C	сума опадів, мм	тривалість, дні	середня температура, °C	сума опадів, мм	сума активних температур, °C	сума опадів, мм	у % від кліматичної норми			
1986–2005 рр.	27	15,1	50	82	19,0	224	2535	357	100	404	493	82
RCP4.5	28	15,0	63	86	18,1	156	2380	276	77	374	451	83
Різниця	+1	-0,1	+13	+4	-0,9	-68	-155	-81	-23	-30	-42	+1
Різниця, %	+3	-1	+26	+5	-5	-30	-6	-23	-23	-7	-9	+1
RCP8.5	28	14,7	77	87	18,0	177	2365	304	85	388	458	85
Різниця	+1	-0,4	+27	+5	-1,0	-47	-170	-53	-15	-10	-35	+3
Різниця, %	+3	-3	+54	+7	-5	-21	-7	-15	-15	-2	-7	+4

У порівнянні з базовим варіантом у Вінницькій області тривалість періоду сходи – початок росту коренеплоду за умов реалізації обох сценаріїв зміни клімату незначно збільшиться – на один день, з 27 до 28 днів. Середня температура за цей період становить за базовим варіантом 15,1 °С, за сценарними варіантами вона також зміниться несуттєво. Так, період сходи – початок росту коренеплоду буде проходити при знижених температурах: на 0,1°С за умов реалізації сценарію RCP4.5 та на 0,4°С за умов реалізації сценарію RCP8.5 (табл. 4.2).

Тривалість періоду початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя також дещо збільшиться. Якщо за базовим варіантом у Вінницькій області вона становить 82 дні, то за умов реалізації першого сценарію вона зросте до 86 днів (тобто на 4 дні), а за умов реалізації другого сценарію тривалість цього періоду зросте ще більше – до 87 днів, тобто буде більше на тиждень.

Середня температура за період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя становить за базовим варіантом 19,0 °С. Дещо зниженими будуть сценарні температури цього періоду (на 0,9 °С за умов реалізації сценарію RCP4.5 і на 1,0 °С за умов реалізації сценарію RCP8.5).

Сума температур за вегетаційний період цукрового буряку у Вінницькій області становить за базовим варіантом 2535°С. За умов реалізації сценарію RCP4.5 вона зменшиться до 2380°С, тобто на 155°С. За умов реалізації сценарію RCP8.5 це зменшення буде ще більш суттєвим - до 2365°С, тобто на 170°С.

Для аналізу зволоження доцільно було розглянути суми опадів за міжфазні періоди цукрового буряку та весь вегетаційний період. За базовим варіантом кількість опадів за період сходи – початок росту коренеплоду у Вінницькій області становить 50 мм. Кількість опадів у період сходи – початок росту коренеплоду збільшиться для умов першого сценарію до 63 мм (на 26%), а для II-го – до 77 мм (на 54%).

За базовим варіантом кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя становить 224 мм. Зменшення опадів за цей період буде за умов реалізації сценарію RCP4.5 досить суттєвим – до 156 мм (на 30 %). Кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя за умов реалізації сценарію RCP8.5 становитиме 177 мм, тобто зменшиться на 21 %. Таким чином, кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя при очікуваних змінах клімату у Вінницькій області зменшиться досить суттєво.

Кількість опадів за вегетаційний період цукрового буряку у Вінницькій області за базовим варіантом становить 357 мм. За умов реалізації першого сценарію вона зменшиться до 276 мм, а за умов реалізації другого сценарію – до 304 мм. Таким чином кількість опадів за весь вегетаційний період цукрового буряку при зміні клімату зменшиться на 23 % та на 15 % відповідно.

Зменшення кількості опадів за вегетаційний період призведе до зменшення сумарного випаровування в порівнянні з базовим (404 мм) до 374 мм за умов реалізації сценарію RCP4.5 і до 388 мм за умов реалізації сценарію RCP8.5. У відсотковому співвідношенні ці зміни складають 7% та 2% відповідно, тобто сценарне зменшення сумарного випаровування не є суттєвим.

Завдяки зниженню температурного режиму в Вінницькій області за умов реалізації обох сценаріїв дещо зменшиться і величина випаровуваності. При базовому значенні 493 мм, випаровуваність за першим сценарієм зменшиться до 374 мм, а за другим сценарієм до 388 мм.

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку в Вінницькій області за умов реалізації сценарію RCP4.5 протягом 2021-2050 рр. майже не зміняться, про що свідчить значення 83%, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 82%. За умов реалізації сценарію RCP8.5 умови вологозабезпеченості у порівнянні з базовим значенням покращаться більш суттєво і значення вологозабезпеченості складатиме 85%.

4.4 Оцінка за допомогою моделі продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури. Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів такими показниками являються розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси (табл. 4.3).

Розглянемо динаміку цих показників протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами.

На рисунку 4.2 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарними варіантами в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Вінницької області. За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 у Вінницькій області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до $5,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (проти $4,50 \text{ м}^2/\text{м}^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя збільшиться до $5,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Таким чином, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,7 та $1,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$, що становить 16-24 % відповідно.

Таблиця 4.3 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку за базовий період (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5

Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів м ² /м ² за вегетаційний період	Загальна суха біомаса, г/м ²	Урожай коренеплодів, ц/га
	площа листкової поверхні, м ² /м ²	приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за день			
1986–2005 рр.	4,5	47,0	403	2564	390
<i>RCP4.5</i>	5,2	51,4	473	2735	410
<i>RCP4.5 + CO₂</i>	5,6	54,8	513	3007	440
Різниця*	0,7-1,1	4,4-7,8	70-110	171-443	20-50
Різниця у %*	16-24	9-17	17-27	7-17	5-13
<i>RCP8.5</i>	5,9	56,7	548	3050	445
<i>RCP8.5 + CO₂</i>	6,2	61,7	586	3310	480
Різниця*	1,4-1,7	9,7-14,7	145-183	486-746	55-90
Різниця у %*	31-38	21-31	36-45	19-29	14-23

* перше число - різниця між базовим та кліматичним періодами, друге число – різниця між базовим та кліматичним періодами з врахуванням зміни CO₂

За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP8.5 у Вінницькій області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 5,90 м²/м². За умов збільшення CO₂ максимальна відносна площа листя збільшиться до 6,20 м²/м². Тобто, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту CO₂ призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,4 та 1,7 м²/м², що становить 31-38 % відповідно.

У відповідності із змінами площі листя буде змінюватись і значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) (табл. 4.3, рис. 4.3).

Як видно з таблиці 4.3 та рисунка 4.3 за базовий період значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) були найменшими – $403 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Розрахунки за обома сценаріями і по всіх варіантах показали, що в період з

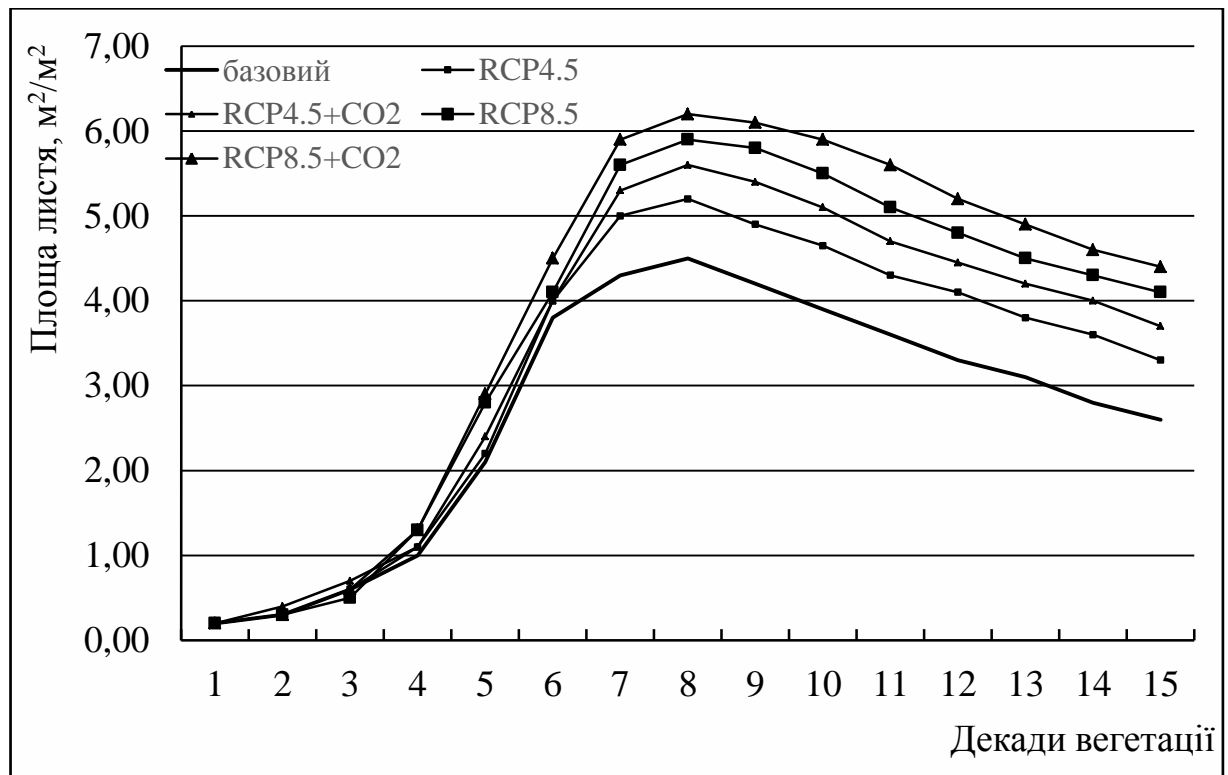


Рисунок 4.2 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

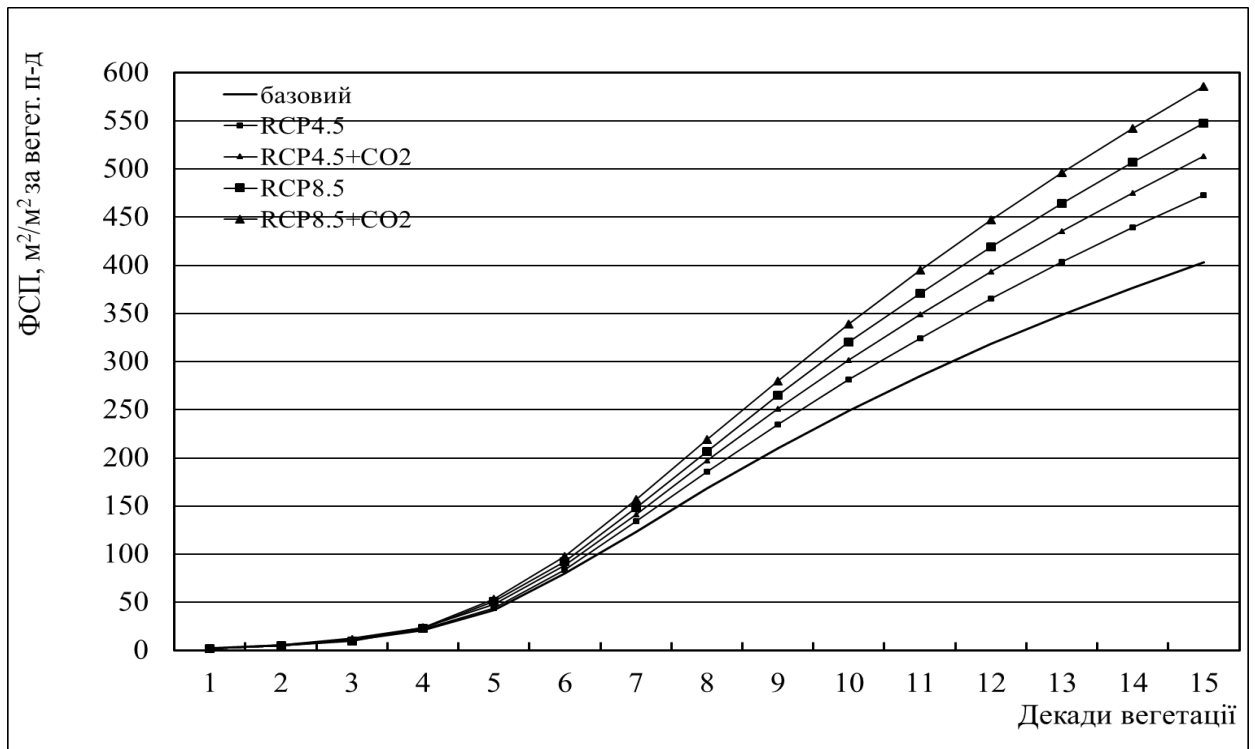


Рисунок 4.3 – Фотосинтетичний потенціал посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом 2015 по 2050 рр. відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність збільшення різна за різними сценаріями і за варіантами.

Динаміка наростання ФСП, розрахованого за двома сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 до п'ятої декади вегетації співпадає із середніми багаторічними за базовий період в усіх розрахункових варіантах.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає у Вінницькій області $403 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення ФСП до $473 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (за сценарієм RCP4.5 на 2021-2050 рр.) та до $513 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (за умови збільшення CO_2). Тобто різниця складає 70 та $110 \text{ м}^2/\text{м}^2$ або 17-27% відповідно.

Зміна кліматичних умов за сценарієм RCP8.5 та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до $548 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та до $586 \text{ м}^2/\text{м}^2$ відповідно. Тобто різниця складає 145 та $183 \text{ м}^2/\text{м}^2$ або 36-45% відповідно.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рис. 4.4 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Вінницької області.

Накопичення загальної біомаси на території Вінницької області до дев'ятої декади вегетації проходить досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси спостерігаються в 8 – 9 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов першого сценарію приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 47,0 до 51,4 г/м² за день. З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це значення буде ще більшим - до 54,8 г/м² за день, тобто зростання становить відповідно 4,4 та 7,8 г/м², або 9-17%.

За рахунок змін кліматичних умов другого сценарію приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 47,0 до 56,7 г/м² за день. З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це значення буде ще більшим - до 61,7 г/м² за день, тобто зростання становить відповідно 9,7 та 14,7 г/м², або 21-31%.

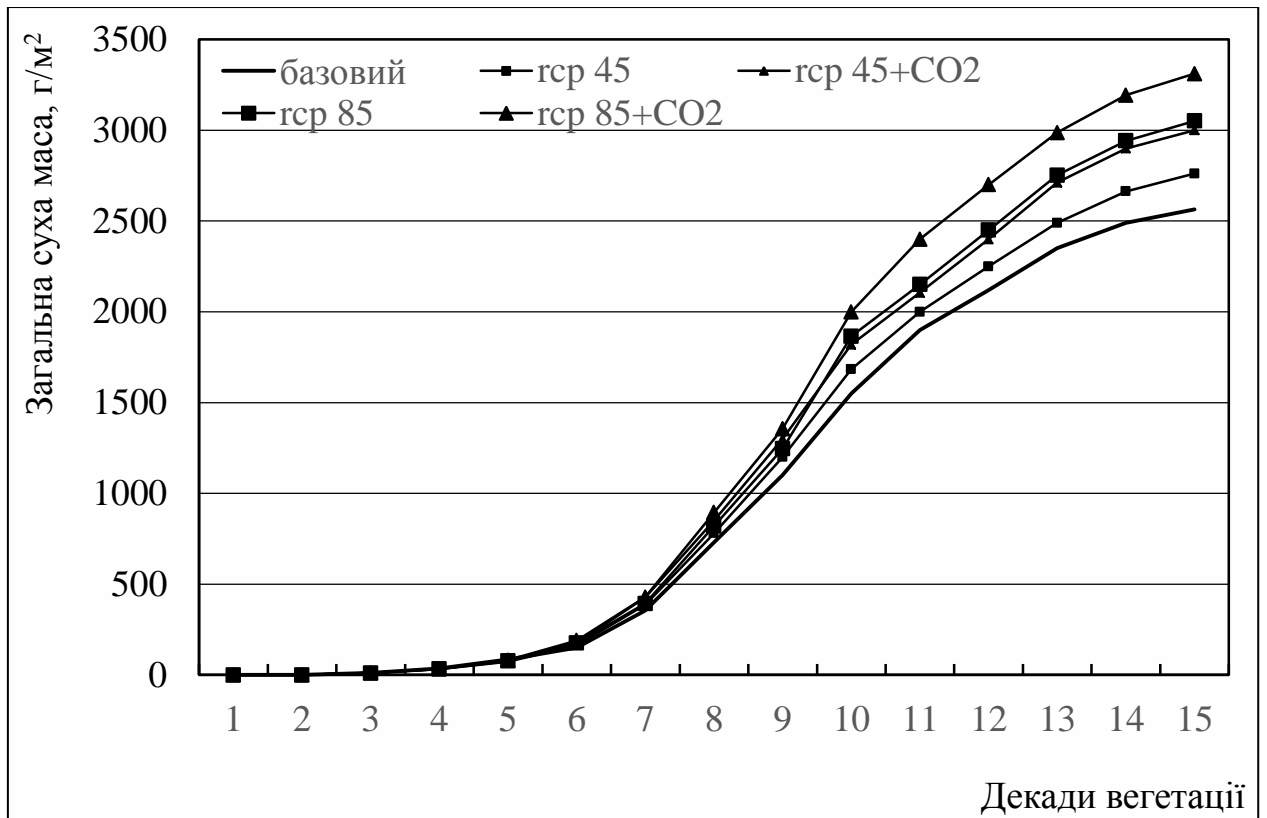


Рисунок 4.4 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Як видно з даних табл. 4.3, за базових умов загальна суха біомаса посіву цукрового буряку на кінець вегетаційного періоду становить 2564 г/м². За рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP4.5 суха загальна біомаса на кінець вегетації збільшиться до 2735 г/м². З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це збільшення буде ще суттєвішим - до 3007 г/м². Тобто збільшення становить відповідно 171 та 443 г/м², або 7-17%.

За рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP8.5 суха загальна біомаса посіву на кінець вегетації у Вінницькій області збільшиться до 3050 г/м². З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це збільшення також буде ще суттєвішим - до 3310 г/м². Тобто збільшення становить відповідно 486 та 746 г/м², або 19-29%.

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в Вінницькій області в умовах зміни клімату за рахунок

підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також кінцевого урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 4.5, табл. 4.3).

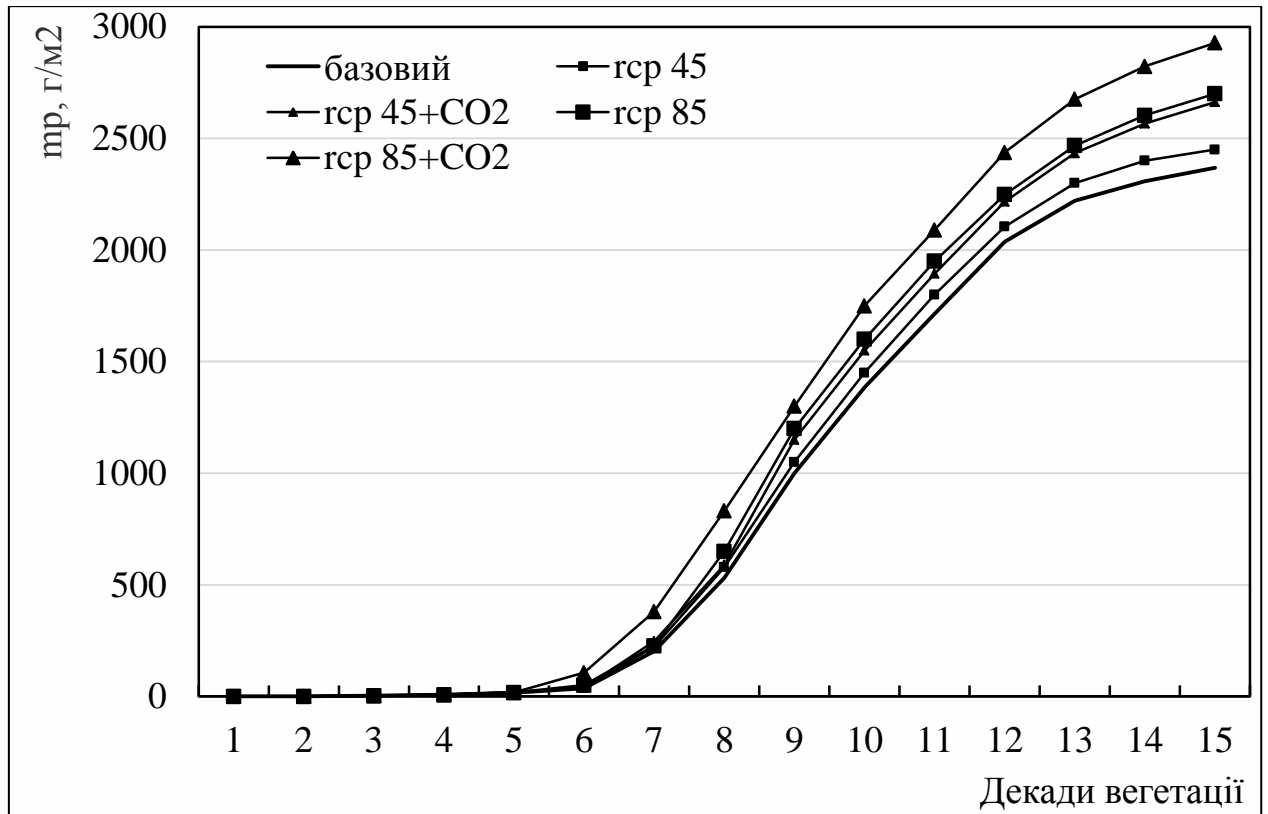


Рисунок 4.5 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-12 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарію відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2450 г/м^2 (проти 2370 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2665 г/м^2 . За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарію відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2700 г/м^2 (проти 2370 г/м^2 у базовий

період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2928 г/м^2 .

За умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Вінницькій області зросте порівняно з базовим періодом з 390 до 410 ц/га (на 20 ц/га або 5%). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 440 ц/га (на 50 ц/га або 13%).

За умов зміни клімату за сценарієм RCP8.5 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Вінницькій області зросте порівняно з базовим періодом більш суттєво: з 390 до 445 ц/га (на 55 ц/га або 14%). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 480 ц/га (на 90 ц/га або 23%).

У цілому можна зробити висновок, що для бурякосійної території Вінницької області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 утворяться умови, вельми сприятливі для вирощування цукрового буряку та підвищення його урожайності. Таким чином слід очікувати підвищення врожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050 рр.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Протягом останніх років у Вінницькій області спостерігається суттєве збільшення урожайності цукрових буряків. Середня за 20 років досліджень (1996-2015 рр.) урожайність склала 282 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 16,8 ц/га.

Однак, залежність урожаю цукрового буряку в Вінницькій області від кліматичних умов є значною, хоча за останні 20 років відбувався вельми суттєвий ріст культури землеробства на досліджуваній території.

Найбільш несприятливими для вирощування цукрового буряку були 2009, 2012 та 2015 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 44, 38 та 43 ц/га відповідно.

У роки ж зі сприятливими погодними умовами вдавалося отримати збільшення врожаю за їх рахунок і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливими для вирощування цукрового буряку були 2008, 2011 та 2014 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали 42, 46 та 67 ц/га.

Значення кліматичної складової мінливості урожаїв цукрового буряку, розрахованої за методикою В.М. Пасова, становить 0,07, що дає можливість віднести Вінницьку область до території дуже стабільних урожаїв.

У Вінницькій області урожаї цукрового буряку порядку 430 ц/га отримують з ймовірністю 10 % (тобто раз в десять років), урожаї цукрового буряку порядку 210 ц/га отримують з ймовірністю 70 % (тобто 7 разів в десять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 155 ц/га.

2. У зв'язку з цим, що майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, що стоїть перед людством в новому столітті, все активніше розвиваються методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів. Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів та агрокліматичних умов формування продуктивності цукрового буряку розглядалися з використанням нового набору сценаріїв зміни клімату,

а саме Репрезентативних траєкторій концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP).

3. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів в дипломній роботі була використана розроблена професором А.М. Польовим модель продукційного процесу сільськогосподарських культур. Всі розрахунки було виконано шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників за три періоди: перший – з 1986 по 2005 рік (базовий період), і два сценарних: за сценарієм RCP4.5 та за сценарієм RCP8.5 на період 2021-2050 рр. Також враховувалось збільшення CO₂ в атмосфері.

4. Аналіз основних агрокліматичних характеристик температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку (дат настання фенологічних фаз; сум активних температур повітря за міжфазні періоди та за весь період вегетації; сум опадів, випаровування, випаровуваності та вологозабезпеченості) свідчить про те, що за умов реалізації сценаріїв зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 терміни настання всіх фаз розвитку цукрового буряку змістяться на більш пізні строки, причому це зміщення буде досить суттєвим – до двох тижнів.

Температурний режим вегетаційного періоду цукрового буряку практично не зміниться. Кількість опадів за весь вегетаційний період цукрового буряку при зміні клімату зменшиться на 23 % за сценарієм RCP4.5 та на 15 % за сценарієм RCP8.5 відповідно.

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку в Вінницькій області за умов реалізації сценарію RCP4.5 майже не зміняться, про що свідчить значення 83%, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 82%. За умов реалізації сценарію RCP8.5 умови вологозабезпеченості у порівнянні з базовим значенням зросте більш суттєво і значення вологозабезпеченості складатиме 85%.

5. Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури.

Був проведений також аналіз таких показників, як розміри фотосинтезуючої площі, фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси

За умов зміни клімату за першим сценарієм в 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Вінницькій області зросте порівняно з базовим періодом з 390 до 410 ц/га (на 20 ц/га або 5%). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 440 ц/га (на 50 ц/га або 13%).

За умов зміни клімату за другим сценарієм в 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Вінницькій області зросте порівняно з базовим періодом більш суттєво: з 390 до 445 ц/га (на 55 ц/га або 14%). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 480 ц/га (на 90 ц/га або 23%).

У цілому можна зробити висновок, що для бурякосійної території Вінницької області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 утворяться умови, вельми сприятливі для вирощування цукрового буряку та підвищення його урожайності. Таким чином слід очікувати підвищення врожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050 рр.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. - Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. - 363 с.
2. Бондар В.С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики // Вісник цукровиків України. – 2014. № 1 (92). – С. 22-25.
3. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) Під. заг. ред. Д. Шпаара. - К: ННЦ І АЕ, 2005. - 340 с.
4. Парубок О.Н., Куянов В.В., Мацебера А.Г. Куди дівається український цукор? // Цукор України. – 2003. – №. 3 (33). – С. 2–4.
5. Статистична інформація [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Головного управління статистики у Вінницькій області – Режим доступу: <http://www.vn.ukrstat.gov.ua>
6. Доронін А.В. Конкурентні переваги біоетанолу з продукції цукробурякового виробництва // Вісник цукровиків України. – 2013. № 8 (87). – С. 18-20.
7. Географічна енциклопедія України: В 3-х т./ Редкол.: О.М. Маринич (відповід. редактор) та інш. - К. : “Українська Радянська енциклопедія” ім. М.П. Бажана, 1989. - Т.1: А-Ж. - 416 с.: іл.
8. Офіційний веб-сайт Вінницької обласної державної адміністрації [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.vin.gov.ua/region>.
9. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. - Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. – 108 с.
10. Синицына Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 341 с.
11. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. – К.: КНТ, 2009. – 512 с.
12. Любченко В.Є., Космина А.С. Географія Вінницької області. Вінниця: ЕкоБізнесЦентр, 1996. – 218 с.

13. О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко Рослинництво: Підручник. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
14. Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г., Дьяков А.Б. и др. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е.И. Кошкина. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
15. Роїк М. В. Буряки. Київ: ХХ вік-РІА «ТРУД-КІЇВ», 2001. - 320 с.
16. Глеваский І. В. Буряківництво. – К.: Вища школа, 1991. - 305 с.
17. Красочкин В. Т. Свекла - Beta (L.), раздел: Биология и отношение к условиям среды. В: Жуковский П. М. (Ред.) Культурная флора СССР. Том XX: Корнеплодные растения, - Ленинград: Колос, 1971. - 232 с.
18. Ушкаренко, В. О. Зрошуване землеробство: електронний підручник.- Херсон, 2003. Режим доступу: Бібліотека VukLib.net buklib.net/books/34334/
19. Конторщикова О.М. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий роста сахарной свеклы в Нечерноземной зоне Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1982. – 24 с.
20. Оканенко А.С., Кекух А.М., Митрофанов Б.А. и др. Фотосинтез сахарной свеклы в условиях орошения на юге Украины. / Физиология и биохимия культурных растений. – 1969. № 1, вып. 2. - С. 202-210.
21. Волянский А.В., Оноприенко В.Т. Агробиологические основы оптимизации сроков сева сахарной свеклы // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. - №5. – С. 76-86.
22. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318 с.
23. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 175 с.
24. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 128 с.
25. Польовий А.М. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.

26. Ермакова Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале / Л.Н. Ермакова // Географический вестник. Пермь – 2005. – №1. – С. 100 – 112.
27. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 362 с.
28. Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: ТЕС, 2015. – 520 с.
29. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [et al.] // Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.
30. Вольвач О.В. Метод оцінки та прогнозу агрометеорологічних умов формування врожайності цукрового буряку в Україні. - Автореф. дис. к. геогр. н. - Одеса. - 1995. - 18 с.
31. Костюкевич Т. К. Моделювання впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність цукрового буряку в Україні. - Автореф. дис. к. геогр. н. - Одеса. - 2013. - 20 с.
32. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.
33. Полевой А.Н. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа C_3 и C_4 при изменении концентрации CO_2 в атмосфере. – //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.:ИГКЭ. – 2010. – Том XXIII – С. 297-315.