

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Агроекологічна оцінка врожайності цукрового буряку в
Сумській області в умовах змін клімату

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-2
Спеціальності 101 «Екологія», _____
(шифр і назва)

Освітня програма «Агроекологія»
(назва)

Гатіятулліна Олена Фанілівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к. геогр. н., доцент

Вольвач Оксана Василівна

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

Консультант _____ -

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

Рецензент к. геогр. н., доцент

Прокоф'єв Олег Милославович

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

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
“29” жовтня 2018 року

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

Гатіятулліна Олена Фанілівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Агроекологічна оцінка врожайності цукрового буряку в Сумській області в умовах змін клімату

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «5» жовтня 2018 року №271«С»

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали середньо багаторічних агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за цукровим буряком мережі агрометстанцій Сумської області за період 1986-2005 рр. Дані про щорічну середньо обласну урожайність цукрового буряку по Сумській області за період 1995-2017 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 Сумської області; ознайомитись з методологією динамічного моделювання продукційного процесу; вивчити біологічні особливості цукрового буряку; провести аналіз динаміки урожайності цукрового буряку та її ймовірнісний аналіз по Сумській області; оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у Сумській області у зв'язку зі зміною клімату; визначити вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку в Сумській області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки динаміки урожайності та лінії тренду. Графіки відхилень урожайності від тренду. Ймовірнісні криві урожайності. Графік динаміки площі листя та загальної біомаси рослин. Графік динаміки ФСП посіву та маси коренеплоду.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Формування бази даних для виконання магістерської роботи. Оформлення текстової частини першого та другого розділів магістерської роботи	29.10.2018 р. - 6.11.2018 р.	90%	5(відмінно)
2	Аналіз динаміки урожайності. Ймовірнісний аналіз урожайності цукрового буряку.	7.11.2018р. – 18.11.2018р.	90%	5(відмінно)
3	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	90%	5(відмінно)
4	Розрахунки основних агрокліматичних показників вегетаційного періоду цукрового буряку.	25.11.2018р.- 29.11.2018р.	90%	5(відмінно)
5	Розрахунки показників фотосинтетичної продуктивності та урожаїв цукрового буряку за базовими даними та за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5	30.11.2018р.- 6.12.2018р.	90%	5(відмінно)
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	07.12.2018 р. - 10.12.2018 р.	90%	5(відмінно)
7	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	13.12.2018 р.	90%	5(відмінно)
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту		-	
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

Студентка _____

(підпис)

Гатіятулліна О.Ф.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Вольвач О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гатіятулліна О.Ф. Агроекологічна оцінка врожайності цукрового буряку в Сумській області в умовах змін клімату.

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

Метою даного дослідження є агроекологічна оцінка врожайності цукрового буряку в Сумській області в умовах змін клімату.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- оцінити просторово-часову мінливість урожайності цукрового буряку;
- розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду цукрового буряку в Сумській області за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за період 2021-2050 рр.;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку за умов реалізації сценаріїв зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5.

Об'єкт дослідження - агроекологічні умови формування урожайності цукрового буряку в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - оцінка впливу агроекологічних умов на урожайність цукрового буряку в Сумській області.

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

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агроекологічні умови вирощування цукрового буряку в Сумській області

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування цукрового буряку та оптимізації розміщення її посівних площ за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 зміни клімату в Сумській області.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 81 сторінка, 12 рисунків, 11 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 33 найменування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цукровий буряк, модель продуктивності, зміна клімату, агроекологічні умови.

SUMMARY

Gatiatullina O.F. Agroecological assessment of sugar beet in the Sumy region in conditions of climate change.

The relevance of the chosen topic due to the fact that to obtain stable and high yields of any crops, particularly sugar beet, it is necessary for a detailed study of agroclimatic conditions of its cultivation in the study area with the aim of rational use of these conditions and the optimal placement of crops. Particular importance is the decision of this question in connection with climate changes on the planet that give Ukraine the opportunity to become one of the largest producers of agricultural products.

The aim of this study is agroecological assessment of sugar beet in the Sumy region in conditions of climate change.

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

- to evaluate spatial and temporal variability of sugar beet yield;
- to calculate the basic agroclimatic indicators of vegetation period sugar beet in the Sumy region on the basic conditions and taking into account climate change during the period of 2021-2050-pp;
- to determine the influence of possible climate change on photosynthetic productivity and sugar beet yield under the conditions of realization of climate change scenario RCP 4.5 and RCP 8.5.

The object of study - is agroecological conditions of formation of sugar beet yield in climate change conditions.

The subject of the study was to assess the influence of agroecological conditions on yield of sugar beet in the Sumy region.

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

For the first time: the regularities of the effect of climate change on agroecological conditions for sugar beet cultivation in the Sumy region.

The results can be used when performing a comprehensive assessment of agroclimatic resources in relation to sugar beet cultivation and optimize the placement of the acreage in the conditions of realization of the RCP 4.5 and RCP 8.5 climate change in the Sumy region.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references. Full work is 81 pages, 12 graphics, 11 tables. The list of used literary sources contains 33 items.

KEY WORDS: sugar beet, productivity model, climate change, agroecological conditions.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 Фізико-географічна характеристика та особливості геологічної будови.....	9
1.2 Рельєф.....	10
1.3 Ґрунти та напрямки землекористування.....	11
1.4 Гідрографія	14
1.5 Кліматичні та агрокліматичні умови.....	14
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ВИМОГИ ДО УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	19
2.1 Ботанічна характеристика цукрового буряку.....	19
2.2 Вимоги цукрового буряку до тепла	24
2.3 Вимоги цукрового буряку до вологи	26
2.4 Вимоги цукрового буряку до світла	27
2.5 Вимоги цукрового буряку до ґрунтів та мінеральному живленню	28
2.6 Характеристика найбільш поширених гібридів цукрового буряку в Україні	30
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ	33
3.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин	33
3.2 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності.....	35
3.3 Динаміка урожайності цукрового буряку в Сумській області	37
3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку	43
4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	48
4.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України	48

4.2 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку ...	50
4.2.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси	53
4.2.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини	55
4.2.3 Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посівів	56
4.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у зв'язку зі зміною клімату	57
4.4 Оцінка за допомогою моделі продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату	63
4.5 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату.....	70
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78

ВСТУП

Цукрові буряки - одна з основних технічних культур. При врожайності 400 ц/га забезпечують вихід 50 - 55 ц цукру, 150 - 200 ц гички, 260 - 280 ц сирого жому, 15 - 18 ц меляси, які використовуються на корм[1].

Цукор є цінним продуктом харчування. Він легко засвоюється організмом, висококалорійний. За поживністю цукрові буряки значно перевищують кормові. 100 кг коренеплодів відповідають 26 корм. од. і містять 1,2 кг перетравного протеїну, а 100 кг листків - відповідно 20 корм. од. і 2,2 кг протеїну[1].

Вперше добув цукор з цукрових буряків німецький учений Маркграф у 1747 р. Власне цю культуру ще не можна було назвати цукровим буряком, оскільки цукор добули із листкової форми - мангольда, білокореневого листкового коренеплоду. Перший в Україні цукровий завод було збудовано в 1824 р. в Чернігівській губернії в с. Макошине, а в 1826 р. - в Київській і через рік - у Подільській губернії (в Бершаді). Лише граф О. Бобринський, який у 1840 р. збудував у м. Сміла потужний цукровий завод, започаткував широкий розвиток бурякоцукрового виробництва в Україні[1,2].

Нині у світі виробляють із цукрових буряків близько 40 % цукру та 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[1].

Посіви буряків в Україні у 80-ті роки становили 1,7 млн га, у середині 90-х років скоротилися до 1651,6 тис. га, а нині вони значно менші - 1,25 млн га. Основні посіви їх розміщено в лісостеповій зоні. У Степу вони займають біля 25 % посівної площі. Досвід багатьох господарств України свідчить, що при постійному підвищенні культури землеробства можна стабільно

одержувати врожаї цукрових буряків 350 - 450 ц/га [1]. Окрім того цукровий буряк використовують для переробки на біоетанол, це було розпочато в США та ряді інших країн. Тому Україні, як традиційно буряковій державі, більше ніж доцільно вирощування цукрового буряку [3].

У даній магістерській роботі 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 Сумській області.

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

Для виконання роботи було використано метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за цукровим буряком (1986-2005 рр.) у Сумській області, дані про середньообласну урожайність та посівні площі під культурою та метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 змін клімату (2021 - 2050 рр.).

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Сумська область розташована у північно-східній частині України, між $50^{\circ} 06'$ і $52^{\circ} 21'$ північної широти та $32^{\circ} 57'$ і $35^{\circ} 41'$ східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 194 км, з півночі на південь - 248 км. Загальна площа області - 23,8 тис. км². На півночі та сході Сумська область межує з Російською Федерацією, на півдні - з Харківською та Полтавською, на заході - із Чернігівською областями [4].

1.1 Фізико-географічна характеристика та особливості геологічної будови

Сумщина розташована у межах двох геоструктурних утворень - Дніпровсько-Донецької западини та західного схилу Воронезького кристалічного масиву [4].

Дніпровсько-Донецькій западині у рельєфі на поверхні відповідає Придніпровська низовина. Дніпровсько-Донецька западина знаходиться під осадовими породами на глибині до 12 км, що є однією з найбільших западин Східноєвропейської платформи. З породами девонського і кам'яновугільного періодів пов'язані родовища нафти і газу, а також солі, що поховані під іншими осадовими породами [4].

Схили Воронезького кристалічного масиву складені докембрійськими породами, що залягають на глибині від 150 (Зноб-Новгородське) до 970 м (м. Путивль). Докембрійський фундамент перекритий осадочною товщею мезокайнозойських відкладень пермського, юрського, крейдового і палеогенового віку. У багатьох місцях (особливо на схилах річкових долин) оголюються мергелі, вапняки, крейда, глауконітові піски, піщаники і глини. У будові сучасного рельєфу беруть участь антропогенні відкладення. У рельєфі на поверхні це західні схили Середньоросійської височини [4].

1.2 Рельєф

Рельєф Сумської області має вигляд хвилястої рівнини, розчленованої широкими долинами численних річок, ярами та балками із загальним нахилом на південний захід [4].

В її північній частині виділяється Придеснянське плато, у південній - лівобережне плато. Східна і північно-східна частини області зайняті відрогами Середньоросійської височини, західна і південно-західна частини - давніми терасами Дніпра і Десни [4].

За особливостями рельєфу територію можна поділити на три геоморфологічні зони: Поліську низовину, Полтавську рівнину та Середньоросійську височину [4].

Поліська низовина займає крайню північну частину Сумщини. Це знижена рівнинна територія. Близько половини площі низовини в межах області припадає на долину р. Десна [4].

Полтавська рівнина, де знаходяться центральна та південно-західна частини області, представляє собою акумулятивно-денудаційну рівнину, розчленовану ярами і балками. З півночі рівнина обмежена річкою Сейм, а на півдні та заході виходить за межі області. Тут знаходяться найбільш низькі ділянки області - 109-115 м, розміщені в заплавах річок Ворскла (Охтирський район), Псел (Лебединський район) і Сула (Роменський район) на кордоні з Полтавською областю [4].

Значна частина області розташована на південно-західних схилах Середньоросійської височини. Це південно-східна частина області та територія між Поліською низовиною та Сеймом, яка простягається на захід до м. Кролевець. Тут знаходиться найвища точка 246 м (пагорб біля с. Грабовське Краснопільського району) [4].

Річкові тераси, які займають великі площі в долинах головних річок, мають вигляд рівнин [4].

1.3 Ґрунти та напрямки землекористування

Ґрунти області характеризуються значною просторовою неоднорідністю.

У нижченаведеній довідковій табл. вміщено номенклатурний перелік основних типів ґрунтів, а також абсолютні і відносні показники загальної площі кожного типу ґрунту [4].

Таблиця 1.1 - Класифікація ґрунтів Сумської області [4]

Тип ґрунту	Загальна площа	
	тис. га	%
Дерново-підзолисті глинисто-піщані ґрунти	25,2	1,9
Дерново-підзолисті супіщані та легкосуглинкові ґрунти	109,4	8,3
Світло-сірі та сірі опідзолені ґрунти	105,9	8,1
Темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені	196,5	14,2
Чорноземи типові глибокі, переважно малогумусні	725,8	55,3
Лучно-чорноземні переважно слабо-солонцюваті ґрунти	46,1	3,5
Лучні ґрунти, в т.ч. солонцюваті	18,8	1,4
Лучно-болотні та болотні ґрунти	3,3	0,3
Дернові ґрунти	22,6	1,7
Торфово-болотні ґрунти та торфовища низинні	2,3	0,2
Середньо-і сильно змиті ґрунти	55,6	4,2
Разом	1311,5	100

Примітка: структура ґрунтового покриву орних земель області наведена за матеріалами крупномасштабних ґрунтових обстежень 1957-1961р.р.

Ґрунтовий покрив за генетичним складом і агровиробничими властивостями ґрунтів досить чітко підпорядкований зональному поділу території (Полісся, перехідна зона, Лісостеп) [4].

У Поліській зоні (Шосткинський, Ямпільський, Середино-Будський, частина Кролевецького районів) переважають дерново-слабопідзолисті ґрунти легкого механічного складу. Гумусний горизонт їх рідко перевищує 18-20 см,

вміст гумусу 0,8-1 % і різко зменшується з глибини 20 см. Мають кислу реакцію ґрунтового розчину. Легкий механічний склад їх обумовлює нестійкий водний режим - високу водопроникність і низьку вологемність. Ґрунти придатні під посів невибагливих культур (люпин, озиме жито, овес), а також під картоплю. Потребують значного і регулярного внесення органічних добрив. Дернові - середньо- і сильно-підзолисті супіщані і легкосуглинкові мають більш високу водоутримуючу властивість. Наявність на глибині 40-50 см ущільненого ілювіального горизонту сприяє зменшенню фільтрації і аерації, що покращує постачання рослин вологою. Їх родючість дещо вища через більш високий вміст гумусу. Ґрунти кислі, в нижньому горизонті оглеєної частини профілю зустрічаються закисні сполуки заліза і марганцю. Всі дерново-підзолисті ґрунти потребують вапнування, частого внесення високих доз органічних добрив та систематичного внесення мінеральних добрив. Дернові ґрунти зустрічаються в основному на знижених елементах рельєфу, у заплавах річок. Серед них переважають різновиди супіщаного і легкосуглинкового складу. Ґрунти відрізняються досить високим вмістом гумусу 2- 3%. Мають здебільшого слабокислу реакцію. Ґрунти придатні для інтенсивного використання під всі культури, в тому числі овочеві, кормові, цукровий буряк, коноплю [4].

Ґрунтовий покрив перехідної зони (Глухівський, Кролевецький, Путивльський райони) представлений в основному світло-сірими, сірими, темно-сірими лісовими ґрунтами і чорноземами опідзоленими. Такі ґрунти зустрічаються також в деяких районах центральної і південної частини області. Світло-сірі і сірі лісові ґрунти в агрономічному відношенні більш цінні, ніж дерново-підзолисті, однак характеризуються низькою родючістю, що є наслідком невисокого вмісту гумусу 1,5-2%. Мають слабокислу реакцію. На світло-сірих і сірих лісових ґрунтах ефективні всі види добрив, але в першу чергу вони потребують азотних. Вони можуть забезпечувати досить високі врожаї майже всіх районованих сільськогосподарських культур. Темно-сірі лісові ґрунти і чорноземи опідзолені відрізняються від попередніх типів

ґрунтів значно більшим розвитком гумусового горизонту. Вони менш вилугувані, ознаки опідзолення у них виражені слабо. Вміст гумусу в верхньому горизонті різний: у легкосуглинкових різновидах - 2-2,5 %, у середньосуглинкових - до 3,7 %. Реакція слабокисла, у деяких реградованих видів буває близькою до нейтральної [4].

Лісостепова зона представлена в основному чорноземними ґрунтами. Чорноземи типові потужні, в основному малогумусні, займають в області 55,3 % ріллі. Для ґрунтів цієї групи характерні: значна потужність гумусового профілю (до 120-130 см) і поступове зменшення гумусу з глибиною. Механічний склад від крупнопилувато-легкосуглинкового до легкосуглинкового. Реакція ґрунтового розчину нейтральна і близька до нейтральної. Вміст гумусу 3,5-5,5 %. Чорноземи області відносяться до ґрунтів універсального використання і придатні для всіх районованих культур і багаторічних насаджень. Лучно-чорноземні ґрунти розміщені на низьких рівнях лесових терас і на високих ділянках заплав, через що солонцюваті і слабо засолені. Лучні ґрунти розповсюджені переважно в заплавах річок і по дну долин. Ґрунти утворились в умовах неглибокого залягання слабомінералізованих ґрунтових вод, тому більшість із них мають ознаки солонцюватості і засолення. Гумусний профіль потужністю 60-70 у лучних і 80-100 см у лучно-чорноземних ґрунтах має високий вміст гумусу - 4,5-6,5 %, сприятливий суглинковий механічний склад. Реакція переважно слаболужна. Лучно-чорноземні і лучні не солонцюваті ґрунти дуже родючі і на них за допомогою звичайних агротехнічних заходів можна одержувати високі і стійкі врожаї всіх сільськогосподарських культур [4].

Торфово-болотні ґрунти поширені по всій території області на заплавах річок та у глибоких зниженнях. Властивості неосушених ґрунтів даного типу незадовільні для сільськогосподарських культур, осушені ж ґрунти використовують під посів багаторічних трав, кормових і ярих зернових культур [4].

1.4 Гідрографія

По території Сумської області протікають 202 річки довжиною понад 10 км, з них одна велика - Десна, яка протікає по межі Сумської і Чернігівської областей на ділянці протяжністю 37 км, 6 середніх: Сейм, Клевень, Сула, Псел, Хорол та Ворскла, протяжністю в межах області відповідно 167, 124, 152, 176, 60 та 122 км і 195 малих річок. Крім того, по території області протікають 1341 річок та струмків, що мають довжину менше 10 км. Загальна довжина річкової мережі області становить 8029 км [4].

Найбільшу щільність річкова мережа має в південно-західній частині області (басейн р. Сули) - 0,5-0,56 км/км², найменшу - у східній та північній частинах області - 0,25-0,3 км/км² [4].

Усі річки Сумської області належать до басейну р. Дніпро, є річками рівнинного типу і живляться переважно сніговими (до 65 % стоку), а також дощовими і підземними водами [4].

Природний режим річок суттєво змінений внаслідок зарегульованості їх стоку значною кількістю ставків і водосховищ. Усього в Сумській області нараховується 43 водосховища та 2190 ставків загальною площею водного дзеркала відповідно 46,57 км² та 113,82 км², а повний об'єм води 99,01 млн.м³ та 123,9 млн.м³. У заплавах річок та на низьких надзаплавних терасах розташовано 540 озер загальною площею водної поверхні близько 20,4 км² та повним об'ємом води близько 25 млн.м³ [4].

1.5 Кліматичні та агрокліматичні умови

Клімат Сумської області помірно-континентальний, достатньо вологий. Зима малосніжна, нестійка, помірно холодна, літо тепле і помірно вологе. Середня температура повітря за рік становить 6,4-7,5°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) - мінус 4,5-5,2°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) становить 19,4-20,3 °C [4].

Абсолютний мінімум температури повітря по області зафіксований у січні 1987 року - 39,9°C морозу (м. Глухів), абсолютний максимум зафіксований у червні 1998 року і становив 37,5 °C тепла (м. Лебедин) [4].

Зимовий період на Сумщині триває 104-117 днів - з 17-21 листопада до 5-14 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C у бік потепління та починається весна [4].

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °C і вище) триває 197-204 дні, починається в середньому по області 4 - 7 квітня і закінчується 21-25 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 5 °C за цей період змінюється від 2775°C на півночі області до 3065°C на півдні [4].

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 157-166 днів, змінюючись в окремі роки від 140 до 186 днів, починається 20-23 квітня і закінчується 27 вересня - 4 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °C за цей період змінюється від 2455 °C на півночі області до 2770 °C на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2175°C до 3165°C .

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і вище), триває в області 100-108 днів - з 21-27 травня до 3-6 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °C за цей період змінюється від 1780 °C на півночі області до 2035 °C на півдні [4].

Середня кількість опадів по області за рік становить 589 мм, змінюючись по території від 549 до 646 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 372 до 868 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті. Проте через високу водопроникність легких за механічним складом порід, що залягають у районах Полісся, та у зв'язку з особливостями яружно-балкового рельєфу в районах Лісостепу, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток сільськогосподарських культур [4].

Атмосферна засуха, яка в окремі роки в період активної вегетації сільськогосподарських культур поєднується із ґрунтовою (ГТК становить $\leq 0,9$), має ймовірність 90 % на більшій частині території області [4].

Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень-жовтень) по області коливається від 63 % весною до 83 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 11-23 дні [4].

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Сумської області поділено на два агрокліматичних райони - помірного теплозабезпечення і достатнього та надлишкового зволоження; достатнього теплозабезпечення і достатнього зволоження (табл. 1.2) [4].

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються на півночі області на початку другої, на решті території – на початку третьої декади вересня, останні весняні заморозки на переважній території області відмічаються в кінці першої – на початку другої декади травня, на півночі - в кінці травня.

Таблиця 1.2 - Агрокліматичне районування Сумської області

Агрокліматичний район та підрайон	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума середніх добових температур повітря, вище 10° С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Помірного теплозабезпечення, достатнього та надлишкового зволоження	2450 - 2550	400-440	1,2-1,3
II. Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2650-2750	390-400	1,1-1,2

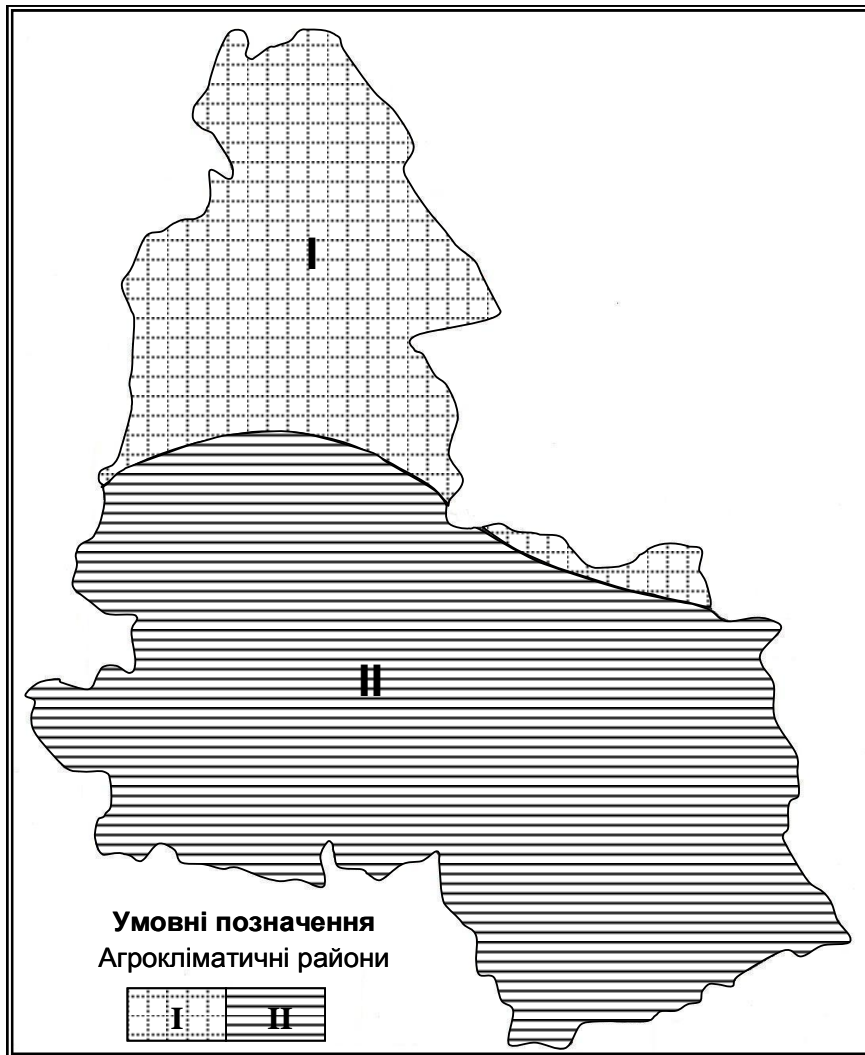


Рисунок 1.1 - Карта - схема агрокліматичного районування Сумської області

Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 27 травня 1997 року, а на ґрунті - 4 червня 2003 року. Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі спостерігався 11 вересня 2004 року, а на ґрунті - 5 вересня 1997 року.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 145-175 днів, на поверхні ґрунту - 136-146 днів [4].

У вегетаційний період на території області спостерігається від 2 до 9 днів із суховіями різної інтенсивності. Серед інших несприятливих для сільськогосподарських культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи [4].

Сніговий покрив утворюється на півночі та сході на початку, на решті території - в другій половині листопада; руйнується у другій, на півдні - у першій декаді березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить по області 90-108 днів, середня висота снігу за зиму - 7-13 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 36-73 см. В останні десятиріччя бувають зими без сталого снігового покриву [4].

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 60 см до 71 см. Максимальне промерзання - 94-128 см спостерігалось у 1986 р. Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 2,4-3,2 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см спостерігалася в 1994 р. і становила мінус 15,0 °С [4].

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень-лютий по області коливається від 36 до 45. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років (один раз за 10 років) [4].

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ВИМОГИ ДО УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1 Ботанічна характеристика цукрового буряку

Цукрові буряки (*Betavulgaris* S. V. *saccharifera*) належать до родини лободових (*Chenopodiaceae*) [1]. До цього виду відносяться кормовий, листовий і столовий буряки. В перший рік життя утворюється коренеплід (потовщений корінь) з розеткою прикореневого листя. На наступний рік висаджений коренеплід дає квіткові відростки й насіння [5].

Коренева система дорослої рослини складається з потовщеного головного кореня (коренеплоду) та сітки тонких корневих розгалужень, які проникають на глибину до 2,5 м, а в ширину на 100 - 120 см [1]. Його маса досягає від 300 до 600 г. У перший рік життя з появою другої пари листя головний корінь буряка починає потовщуватися. У фазі трьох пар листя проходить скидання первинної кори кореня буряка і заміна її вторинною корою. Коренеплід буряка потовщується за рахунок діяльності послідовно змінних камбінальних кілець. На поперечному розрізі коренеплоду нараховуються до 10-12 концентричних кілець судинно-волокнистих пучків.

У будові коренеплоду цукрових буряків розрізняють: головку (вкорочене стебло), шийку (гіпокотиль або підсім'ядольне коліно - частина коренеплоду, яка не дає листків і бокових корінців), і власний коренеплід, що має форму конуса, на якому утворюються бокові корінці (рис. 2.1) [1,5].

Для інтенсивної технології велике значення мають габітус рослин і форма коренеплоду, особливо його головки, рівномірність заглиблення її у ґрунт. Найбільш «технологічними» є сорти і гібриди рослин з правильною конусоподібною формою коренеплоду, невеликою головкою, що рівномірно виступає над поверхнею ґрунту, з компактною розеткою прямостоячих листків[5].

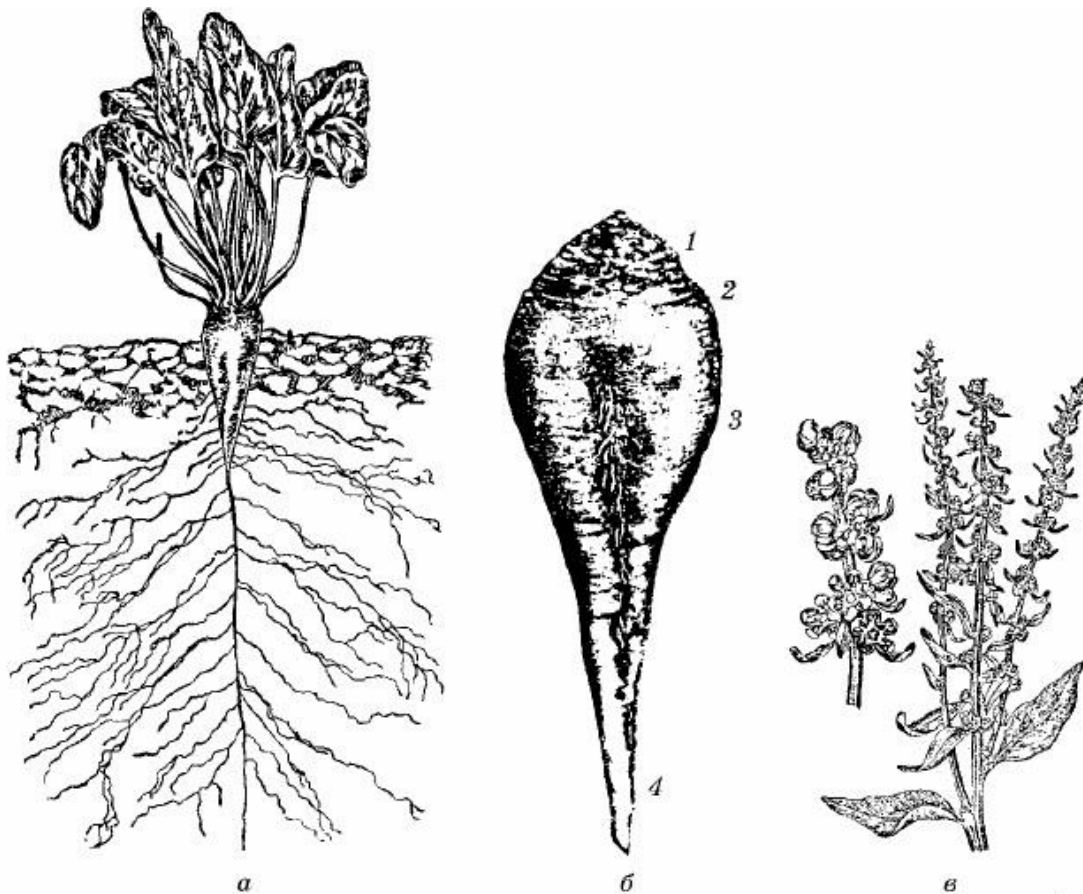


Рисунок 2.1 - Цукровий буряк [1]:

а - розміщення кореневої системи в ґрунті; б- коренеплід (1- голівка; 2- шийка; 3- корінь; 4- хвостик кореня); в- квітконосні пагони

Коренеплоди цукрових буряків є сховищем поживних речовин. Вони містять 25% сухих речовин, з них цукрози - 17,5%, "нецукрів" - 7,5%. Нецукри поділяються на нерозчинні - 5% і розчинні - 2,5%. До нерозчинних входять: клітковина, геміцелюлоза, пектинові речовини, білки, зола. До розчинних цукрів відносяться: фруктоза, глюкоза, безазотисті речовини, азотисті речовини, більшість мінеральних елементів золи [5].

Крім цукристості, якісним показником цукрового буряка, як сировини для бурякоцукрового виробництва, є доброякісність соку, або % вміст цукрози в сухій речовині, а також вміст шкідливого азоту [5].

У буряковому соці, крім цукрози, є фруктоза, глюкоза, азотисті і безазотисті речовини, мінеральні елементи, а також небілковий азот. У соці міститься клітковина та інші вуглеводи, 2-5% пектинових речовин, які

знижують кристалізацію цукру і фільтрацію бурякового соку в процесі виробництва цукру [5].

Хімічний склад цукрових буряків змінюється залежно від сорту, кліматичних умов, методів обробки, складу і характеру ґрунту. Значну частину маси коренеплоду складає вода - до 75%. З них 72% знаходиться безпосередньо у соку, а 3% - пов'язана з речовинами м'якоті буряка [5].

Сухі речовини коренеплоду складаються з цукрози, яка є найбільш цінною частиною, і нецукрів, про що свідчать дані табл. 2.1 [5].

Таблиця 2.1 - Хімічний склад речовин у 100 кг коренеплодів цукрових буряків

Хімічні елементи	%
Вода	75
Сухі речовини	25
в тому числі:	
Цукри	17,5
Нецукри	7,5
в тому числі:	
м'якоті	5
цукрового соку	2,5

Під «насінням» цукрових буряків розуміють клубочки (супліддя) п'ятикутної форми із еліпсоподібним поперечним розрізом. Відношення діаметра до висоти складає 1:0,66, маса 1000 однонасінних плодів - 12-15 г, а багатонасінних - 15-30 г [5].

Для отримання насіння цукрового буряка коренеплоди, вирощені в перший рік, висаджують весною. Із проростаючих бруньок виростають квітконосні пагінці до 15 см висотою, де згодом з'являються плоди. Плід

цукрового буряка - горішок. При визріванні плоди жовтіють і зростаються в клубочки з двох-шести горішків [5].

В однонасінному плоді, закритому зверху кришечкою, знаходиться одна насінина квасолеподібної сплюснутої форми з бурою оболонкою. Довжина насіння в середньому така: ширина - 2 мм, товщина - 1,5 мм, перисперм дуже малий. Середня маса насінини становить 3 мг і варіює від 1 до 5 мг. Ця біологічна особливість насінини потребує неглибоко обробітку її в ґрунті, хоча проросток буряка дуже чутливий до зовнішніх умов [5].

Насіння буряків може проростати тільки при наявності відповідної вологи, температури та доступу кисню. При проростанні повітряно-сухе насіння поглинає 120-170% води від своєї маси. При цьому оплодень вбирає більше води, ніж власне насіння, для проростання якого достатньо 40-72%. Більша частина води поглинається насінням у перші 2-3 години від початку замочування. У польових умовах висіяне насіння повинно мати якомога більший контакт з вологим ґрунтом [5].

Вегетаційний період цукрового буряка в перший рік життя складає 160-170 днів, а в другий рік - 120-130 днів [5].

Під ростом рослини розуміється збільшення її маси, а під розвитком - якісні зміни, які відбуваються в рослині. Ріст і розвиток рослин - явища нетотожні. У процесі індивідуального росту і розвитку цукрових буряків розрізняють етапи, фази і міжфазні періоди. Вчений В.Т. Красочкін [1] розрізняє 12 етапів органогенезу в індивідуальному розвитку цукрових буряків:

I етап характеризується наявністю недиференційованого конуса наростання у вигляді відносно плоского горбка між двома сім'ядолями;

II етап - диференціація зачаткового стебла і закладання пазушних бруньок;

III етап - початок витягування конуса наростання і сегментація осі головного суцвіття;

IV етап - формування квіткових бугорків;

V етап - формування окремих квіток;

VI етап - формування елементів квітки;

VII етап - ріст суцвіття і окремих бруньок;

VIII-IX етапи - квітуча рослина на другому році життя;

X-XII етапи - формування і розвиток насіння.

У початковий період росту та розвитку рослин цукрових буряків першого року життя розрізняють фазу проростання, фазу вилючки і фази першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої пар справжніх листків. У подальшому листки у рослин цукрових буряків з'являються поодинці, тому вже не застосовують поняття пари [5].

У виробничій практиці розрізняють також фази змикання листків у рядках, міжряддях і фазу технічної стиглості коренеплодів. У схему періодів фаз росту і розвитку цукрових буряків включеній і нульові фази: осіння 0-1 і весняна 0-2 з тим, щоб здійснювати важливі агротехнічні заходи (внесення добрив, застосування пестицидів тощо) в єдиному технологічному циклі ще при відсутності рослин [5].

Рослини цукрових буряків на першому році життя утворюють в середньому 50-60 листків загальною площею від 3 до 6 тис. см² або 50-60 тис. м²/га. Динаміка й тривалість росту різних листків неоднакова. Найкоротший період росту (біля 20 днів) спостерігається у листків першої пари і листків останнього десятка. Інтенсивність відмирання листків значно посилюється в кінці вегетації. Цей процес регулюється застосуванням науково обґрунтованих норм і співвідношень мінеральних добрив, іншими агротехнічними заходами. Найбільш продуктивними є листки другого десятка, які мають велику площу асиміляційної поверхні, підвищену життєдіяльність та знаходяться в оптимальних умовах освітлення, що забезпечує високі прирости маси коренеплодів, тому їх потрібно ретельно оберігати від шкідників та хвороб, а також механічних пошкоджень. Своєчасно сформований потужний листковий апарат рослин цукрових буряків є однією з умов їх високої продуктивності [5].

У фазі 2-4 пар листків відбувається линька - розтріскування і скидання первинної кори коренеплоду. Коренева система цукрових буряків на час

максимального її розвитку поширюється в сторони до 1 м і проникає в ґрунт на глибину більше 2 м. Добові прирости маси коренеплодів у липні-серпні досягають у середньому 4 - 5 г, а при вирощуванні рослин на високородючих удобрених ґрунтах і сприятливому зволоженні можуть досягати 8-10 г і більше. Швидкість появи листків і потужність росту цукрового буряка залежить від забезпечення рослин теплом, вологою, добривом, світлом, іншими умовами [5].

2.2 Вимоги цукрового буряку до тепла

Цукровий буряк належить до культур з середніми вимогами до тепла. Його продукційний процес йде досить інтенсивно і завершується значним результатом за показниками врожайності коренеплодів і їх технологічних якостей при відносно широкому діапазоні суми активних температур повітря від 1900 до 3500 °С. Оптимальною ж прийнято вважати суму цих температур, складову в середньому 2340 °С. Однак і це значення є оптимальним дуже відносно. Воно може істотно збільшуватися у всіх тих випадках, коли середньодобові температури періоду вегетації цукрових буряків в більшій мірі наближаються до оптимальних, а тривалість самого періоду зростає. Тобто і тут має виняткове значення не тільки і не стільки баланс тепла, скільки оптимальний тепловий режим періоду вегетації і його окремих етапів [1, 6, 7].

Сама потреба цукрових буряків в теплі, в рівні і режимі теплозабезпечення обумовлена двома основними факторами: тепло необхідно для ефективного протікання біохімічних реакцій, що лежать в основі всіх процесів життєдіяльності рослин, відповідно до законів біологічної термодинаміки; транспірація як основа водопостачання і водного режиму рослин за своєю фізичної сутності є біологічним тепловим двигуном. Слід зазначити, що обидва ці чинники (процеси) мають близький за значенням оптимум як щодо балансу, так і режиму теплозабезпечення практично на всіх етапах вегетації цукрових буряків [6, 7].

Для оптимального ходу процесу проростання насіння цукрових буряків необхідна кількість тепла в сумі становить 100 - 125 °С. Так як насіння здатні проростати і при температурі, близькій до нижнього рубіжу біологічно активної (3 - 4°С) і навіть при більш низькій (1 - 2°С), а оптимум знаходиться в широких межах (12 - 25°С), то необхідна сума температур для всього процесу проростання може бути набрана за період - відповідно від 60 до 3 - 4 днів. При рекомендованому терміні початку сівби цукрових буряків, пов'язаних з досягненням температурою в посівному шарі ґрунту рівня 6 - 7°С, проростання насіння триває в середньому 8 - 10 днів. Рослини цукрових буряків у фазі "вилочки" відносно легко переносять короткочасні заморозки до мінус 3 °С, а у фазі першої пари справжніх листків - до мінус 4 - 5°С. Однак вплив знижених температур в цей час може викликати стрілкування рослин нестійких до цього явища сортів і гібридів [6, 7].

Найбільш повна реалізація біологічного потенціалу продуктивності цукрових буряків можлива в умовах, коли основні фази росту надземної та підземної частини рослин, синтезу сухих речовин і цукрове накопичення припадають на період з температурами, близькими до оптимальних для цих процесів, тобто в інтервалах 15 - 23 °С. При цьому для найбільш інтенсивного і продуктивного фотосинтезу необхідна температура около 20 °С, хоча навіть дуже великий градієнт температур (10 - 30 °С) у кількісному відношенні на результати фотосинтезу в цілому впливає незначно. Повної депресії фотосинтезу не відбувається навіть при температурі 40 °С, він продовжує превалювати над диханням, тоді як у багатьох інших культур (наприклад, картоплі) при такій температурі інтенсивність дихання істотно перевершує інтенсивність фотосинтезу. Отже, цукрові буряки - досить жаростійкий культура. Важливо і те, що на заключних етапах вегетації дорослі рослини, що знизили інтенсивність продукційного процесу, добре переносять значне (до мінус 3 - 5 °С) зниження температури без збитку для якості коренеплодів. При ранньому настанні осені це сприяє успішному завершенню збирання врожаю [1, 6, 9].

2.3 Вимоги цукрового буряку до вологи

Цукровий буряк - рослина посухостійка. Це пов'язано з тим, що вона формує глибоко проникаючу (до 2 - 3 м) кореневу систему. Це допомагає бурякам використовувати вологу ґрунту, накопичену за рахунок опадів осінньо-зимового періоду. Цукрові буряки, особливо сім'яники, погано переносять перезволоження і близький рівень ґрунтових вод (ближче 1,5 - 2,0 м від поверхні ґрунту). Крім того, буряк має тривалий вегетаційний період і може використовувати літні опади. У роки з підвищеною кількістю опадів врожаї коренеплодів зазвичай бувають високими, але цукристість при цьому знижується [9].

Найкраще поєднання світла, тепла, вологи та поживних речовин для буряків створюються при теплій і вологій погоді в травні, нежаркій і вологою в червні і липні, при достатній кількості опадів і сонячних днів у серпні, теплою і помірно вологою погоди у вересні та жовтні [9].

Цукрові буряки в різні періоди вегетації витрачає однакову кількість води. Якщо вегетаційний період (з 15 травня по 15 жовтня) розділити на три періоди (по 50 днів), то співвідношення витрат води на випаровування в кожному з них складе приблизно 1:9:3. Нестача вологи в будь-який з цих періодів негативно позначається на врожайності буряків. Однак найбільше знижується врожай коренеплодів і їх цукристість, коли рослини піддаються дії посухи в період інтенсивного росту - у липні-серпні. На другому році життя насінники добре розвиваються і забезпечують більш високу врожайність, якщо вологість ґрунту не опускається нижче ВРК (60% ППВ). Найбільшу потребу у воді насінники цукрових буряків відчувають у період від викидання квітконосів до кінця цвітіння, яке зазвичай починається в середині червня і триває 20-40 днів [9].

Транспіраційний коефіцієнт становить 397 з коливаннями по фазах від 240 до 400. Оптимальна вологість ґрунту для нормального росту і розвитку рослин становить 65-75% повної польової вологоємності.

При проростанні поглинає 120-170% вологи на абсолютно суху речовину, приблизно до 75 годин. Якщо насіння звільнилися від оплодня, то для проростання необхідно менше води - близько 40% їх маси. Менша потреба у шліфовані насіння, тому що в процесі шліфування видаляється значна частина оплодня. Вода до насіння надходить через всю поверхню околоплідника [9].

2.4 Вимоги цукрового буряка до світла

Особливості вимог цукрового буряка до тепла є лише однією зі сторін відношення рослини до сонячної радіації в цілому. Природне світло- сонячна радіація є не тільки глобальним джерелом тепла, але і комплексним фактором багатьох інших біологічних процесів життєдіяльності рослин цукрових буряків. Це відноситься як до загального впливу видимого спектру сонячної радіації на ріст і розвиток її рослин, так і до специфічного впливу тієї його частини, яка є носієм енергії, засвоєної в процесі фотосинтезу.

Цукровий буряк - досить світло-(фото-) активна культура. Не тільки фотосинтез, але і безліч інших біологічних процесів на молекулярному та клітинному рівнях нормально протікають тільки на світлі, до того ж при певному світловому режимі, що в природних умовах забезпечується періодичною зміною дня і ночі. Реакцію рослин на співвідношення тривалості цих періодів називають фотоперіодичною. Загальним проявом її є прискорення або уповільнення процесів розвитку рослин. Ті рослини, які прискорюють розвиток при подовженому світловому дні, що характерно для більш північних районів, називають рослинами довгого дня. Саме до них і відноситься цукровий буряк. Під впливом радіації досить довгого світлового дня на тлі відносно низьких теплових режимів розвиток рослин цукрових буряків може прискоритися настільки, що вже в перший рік життя закінчується весь його цикл і всі або значна частина рослин зацвітає[1, 2, 10].

Оптимальний світловий режим посівів цукрових буряків складається лише за умови достатнього надходження і використання фотосинтетичної

радіації (ФАР), ресурси якої в умовах України при оптимальних строках сівби і збирання складають 1,1-1,3 тис. МДж/м² поверхні поля. Цукрові буряки краще використовують ФАР ніж інші культури. Так, якщо для більшості культур ефективність використання ФАР становить в середньому 0,55%, то для цукрових буряків -1-1,25%. За рахунок фотосинтезу в коренеплодах цукрових буряків утворюється 90-95% сухої речовини і 100% цукрози. Більшість факторів підвищення інтенсивності фотосинтезу, в тій чи іншій мірі, регулюється за рахунок відповідних агротехнічних заходів. Винятково велике значення в цьому відношенні мають ранні строки сівби, оптимальна густота рослин та рівномірність їх розміщення на площі, більш пізні строки збирання врожаю та ін. [1, 10].

2.5 Вимоги цукрового буряку до ґрунтів та мінеральному живленню

Для формування врожаю коренеплодів цукрових буряків використовує значну кількість елементів мінерального живлення. На утворення 1 т. коренеплоду з відповідною кількістю бадилля цукровий буряк споживає азоту 5 - 6 кг ; фосфору - 1,5 - 2,0 кг ; калію - 6 - 7,5 кг [1]. На початку вегетації у них особливо велика потреба в азоті й фосфорі. В середині вегетації надходження усіх елементів живлення досягає максимуму. В другій половині вегетації рослини використовують понад 25 % загальної кількості азоту і близько 40 % калію. Потреба у фосфорі така сама, як і в середині вегетації [11, 12].

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 г/см³ [11, 12].

При правильному поєднанні з іншими агротехнічними заходами внесення добрив є найефективнішим чинником інтенсифікації буряківництва. Приріст врожаю 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%). Підвищені дози азоту погіршують технологічні якості коренеплодів, а фосфорні й калійні добрива поліпшують їх [11, 12].

Максимальну продуктивність цукрових буряків забезпечує внесення органічних і мінеральних добрив. У дослідях Дніпропетровського аграрного університету на чорноземах звичайних при сумісному внесенні під цукрові буряки гною (30 т/га) і мінеральних добрив (N_{60-240} , $P_{120-140}$, K_{60-240}) врожайність коренеплодів підвищувалась на 65 - 124 ц/га порівняно з урожайністю без застосування добрив (373 ц/га), у тому числі за рахунок гною приріст урожаю становив 30, а за рахунок мінеральних добрив - 35 - 94 ц/га [11, 12].

Підстилковий гній, який зберігався не менше 6 місяців, рекомендується вносити безпосередньо під цукрові буряки восени під час зяблевого обробітку ґрунту з розрахунку 40 - 50 т/га, залежно від типу ґрунту та зони зволоження. Кислі ґрунти також вапнують. Під основний обробіток вносять більшу частину річної норми мінеральних добрив в оптимальному співвідношенні їх складових з урахуванням вмісту елементів живлення на кожному конкретному полі. 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} . Добрива вносять розкидачами РОУ-6 та ін.

У рядки добриво вносять в усіх зонах. У зоні достатнього, а інколи і нестійкого зволоження доцільні підживлення у фазі 2 - 4 пар листків буряків у дозі N_{30} , P_{30} , K_{40} на глибину 12 - 14 см.

У зоні недостатнього зволоження через пересихання верхнього шару ґрунту (10 - 15 см) всю річну норму добрив вносять під зяблеву оранку, за винятком N_{10} , P_{15-20} , K_{10} , які вносять під час сівби в рядки. Застосовують аміачну селітру, суперфосфат, хлорид калію, нітроамофоску та інші добрива, при потребі збагачені на мікроелементи. Підвищенню цукристості коренеплодів сприяє застосування регуляторів росту (обпудрюють насіння ресином -2 кг/т, обробляють посіви за 20 - 30 днів до збирання натрієвою сіллю гідразиду малеїнової кислоти -2 - 2,5 кг препарату розчиняють у 250 - 300 л води з розрахунку на 1 га [11, 12].

2.6 Характеристика найбільш поширених гібридів цукрового буряку в Україні

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 чи гібриди. У господарствах доцільно використовувати 2 - 3 районованих сорти [1].

У виробничих умовах вирощують наступні гібриди цукрового буряку:

Білоцерківський ЧС 57. Однонасінний гібрид. Урожайно-цукристого напрямку. Високоурожайний. Має високу технологічну якість цукросировини. Стійкий до «цвітухи», до коренеїду та церкоспорозу. За результатами Державного сортовипробування мав такі показники продуктивності: врожайність - 64,7 т/га; цукристість - 18,5-19,5%; збір цукру - 9,0-11,0 т/га. Рекомендований для вирощування в зоні Лісостепу. У Реєстрі сортів рослин України з 1995 р [13, 14].

Ялтушківський ЧС 72. Однонасінний гібрид. Урожайно-цукристого напрямку. Високоурожайний. Відносно стійкий до коренеїду, хвороб листя. За результатами Державного сортовипробування мав такі показники продуктивності: врожайність - 60,2 т/га; цукристість - 17,3 %; збір цукру -

10,4 т/га, що на 11,5 % вище від стандарту. Рекомендований для вирощування в зонах Полісся і Лісостепу. У Реєстрі сортів рослин України з 1997 р [13, 14].

Шевченківський. Однонасінний гібрид. Урожайно-цукристого напрямку. Має високу технологічну якість цукросировини. Стійкий до цвітушності, ураження коренеїдом. Має хорошу придатність до механізованого збирання. За результатами Державного сорто випробування мав такі показники продуктивності: врожайність коренеплодів 47,1 т/га; цукристість - 17,0 %; збір цукру - 7,9 ц/га. [13, 14].

Анічка. Однонасінний гібрид. Урожайно-цукристого напрямку. Толерантний до коренеїду та церкоспорозу. Має хорошу придатність до механізованого збирання. За результатами Державного сорто випробування мав такі показники продуктивності [13, 14]:

	Лісостеп	Полісся
- врожайність -	45,7 т/га	43,4 т/га
- цукристість -	16,2 %	17,1 %
- збір цукру -	7,3 т/га	7,4 т/га

Ворскла. Гібрид урожайно-цукристого напрямку. Стійкий до коренеїду та толерантний до церкоспорозу. Посухостійкий. Має хорошу придатність до механізованого збирання. За результатами Державного сорто випробування мав такі показники продуктивності: врожайність - 46,1 т/га; цукристість - 16,0 %; збір цукру - 7,4 т/га (115,2 % до стандарту). Рекомендований для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся. У Реєстрі сортів рослин України з 2003 р [13, 14].

Ромул. Однонасінний гібрид. Урожайно-цукристого напрямку. Має високу технологічну якість цукросировини. Стійкий щодо цвітушності, ураження коренеїдом та толерантний до церкоспорозу. Коренеплід великий, ширококонічної форми, повністю заглиблений в ґрунт. Показники продуктивності: врожайність - 61,1 т/га, цукристість - 17,0 %, збір цукру - 10,4 т/га (107,9 % до стандарту), втрати цукру в мелясі 1,6-2,2%. Рекомендований для вирощування в зонах Степу, Лісостепу та Полісся. У Реєстрі сортів рослин України з 2005 року [13, 14].

Етюд. Гібрид стійкий до цвітущості, толерантний до церкоспорозу та коренеїду. За результатами Державного сортовипробування мав такі показники продуктивності: врожайність - 56,4 т/га, цукристість - 17,6 %, збір цукру - 10,0 т/га (117,4 % до стандарту). Рекомендований для вирощування в зоні Степу. У Реєстрі сортів рослин України з 2006 р [13, 14].

Джура. Гібрид урожайно-цукристого напрямку. Високоцукристий. За результатами апробації на придатність для поширення в Україні продуктивність за показником збору цукру з гектара суттєво перевищує рівень національного стандарту (кращі вітчизняні та зарубіжні аналоги) і становила 10,7 т/га. Придатний для вирощування за біоадаптивною технологією. Рекомендований для вирощування в зонах Степу і Лісостепу. В Державному Реєстрі сортів рослин України з 2017 року [13, 14].

В Україні вирощують, крім цих, такі сорти та гібриди цукрових буряків: Аметист, Аксель, Ангела, Астро, Гала, Дана, Іванівсько-Веселоподолянський ЧС 84, Емма, Екстра, Константа, Кий, Лазер, Лена, Мерлін, Ольжич, Олександрія, Максим, Прометей, Призма, Резидент, Різор, Різолът, Соня, Тіпо, Яміра. Ярина, Хілма та ін. [14].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин

У сучасних умовах при вирішенні задачі раціонального розміщення культур вже недостатньо визначення лише ареалів можливого їх вирощування. Необхідною є отримана на основі інформації про клімат оцінка економічної доцільності вирощування тієї чи іншої культури. Треба цілком обґрунтовано віддавати перевагу одним культурам за рахунок скорочення посівних площ під іншими в конкретному регіоні. Успішне вирішення цих та інших прикладних задач тісно пов'язане з необхідністю розробки нових агрокліматичних показників і вдосконалення методів агрокліматичного районування сільськогосподарських культур [15].

Багатьма дослідженнями підтверджується, що кращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов тієї чи іншої території для вирощування культурних рослин є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков [15] запропонував використовувати врожайність польових культур як найважливіший агрокліматичний показник. Їм спільно з В.А. Смирноюю та А.Т. Никифоровою було виконано агрокліматичне районування території колишнього СРСР за врожайністю одинадцяти зернових культур. Для вирішення цієї задачі були використані дані держсортодільниць та агрометеорологічних станцій за 50-60-ті роки минулого сторіччя.

Географічні особливості в розподілі врожаїв польових культур були розглянуті в тісному взаємозв'язку із зональною мінливістю показників тепла (сумами середньодобових температур повітря вище 5, 10 °С) і вологи (сумами опадів і коефіцієнтом зволоження). Було встановлено, що продуктивність культурних рослин зменшується в напрямку з північного заходу на південь і південний схід по мірі зростання сухості клімату.

Визнаючи корисність та інформативність інтегрального показника ступеня сприяння клімату у вигляді врожайності, необхідно зазначити наступне. На абсолютну величину врожайності тієї чи іншої культури впливають не тільки кліматичні умови. Визначальним чинником є й культура землеробства, яка залежить, у свою чергу, від рівня селекційної роботи, енергозабезпеченості сільського господарства, вдосконалення агротехнічних прийомів (забезпеченості добривами, меліоративних заходів).

Тому для виявлення впливу погоди і клімату на врожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі врожайності. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова [16] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. У такій постановці часовий ряд врожайності ($Y_t = 1, 2, \dots, N$) можна представити загальною статистичною моделлю такого вигляду:

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

де $f(t)$ - стаціонарна складова; u_t - випадкова складова часового ряду. Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності за аналізований період. Вона представляється плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Таке розкладання обумовлюється тим, що рівень культури землеробства істотно впливає на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в подальші роки, тобто сільське господарство характеризується певною інерційністю, внаслідок чого різких коливань урожаїв двох суміжних років, пов'язаних із зміною культури землеробства, як правило, не простежується. Тому лінія тренда достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений певною культурою землеробства, економічними і природними особливостями даного району.

Ясно, що в тих районах земної кулі, де природні ресурси краще, досягти бажаного рівня врожайності легше і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами.

3.2 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренда. Форма тренда і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних вагів, запропонований в агрометеорології А.М. Польовим [17, 18] має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

Для визначення ходу ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. На основі фактичного ряду завчасно створюються ковзні серії однакової довжини k і розраховуються рівняння лінійних відрізків, що мають вигляд

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \quad (i=1,2,3., n-k+1) \quad (3.2)$$

де n - довжина ряду (загальна кількість точок); k - число точок, що згладжуються. Загальна кількість рівнянь дорівнює $n-k+1$, причому для

$$i=1 \quad t = 1,2.$$

$$i=2 \quad t = 2,3., k+1$$

$$i=3 \quad t = 3,4., k+2.$$

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

Параметри a_i і b_i в рівняннях визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції $Y_i(t)$ в кожній точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1, 2, 3, \dots, g_i \quad (3.3)$$

де g_i - кількість визначень $\bar{Y}_i(t)$ в кожній точці.

Значення, що прогнозується

$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1} \quad (3.4)$$

де \bar{W}_{t+1} - середній приріст функції $f(t)$.

Він розраховується з виразу:

$$\bar{W}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n - W_{t+1} \quad (3.5)$$

де W_{t+1} - приріст функції $f(t)$, який визначається як

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t. \quad (3.6)$$

C_{t+1}^n - гармонійна вага, яка визначається по формулі

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \quad (3.7)$$

де $m_{(t+1)}$ - гармонійні коефіцієнти. При їх обчисленні зберігається основна ідея методу - більш пізнім спостереженням надається більша вага.

Найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1} \quad (3.8)$$

В наступний момент вага інформації m_3 визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (3.9)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.10)$$

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9).

3.3 Динаміка урожайності цукрового буряку в Сумській області

Результати дослідження динаміки урожайності цукрового буряку та агрокліматичні умови їх вирощування раніше доповідались на XLIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії” [19] та на III міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених “Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення” [20].

Нами із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності цукрового буряку в Сумській області, побудована лінія тренду та розраховані відхилення урожайності від лінії тренду. Для аналізу використовувалися багаторічні середньообласні дані по урожайності цукрового буряку в Сумській області за період з 1995 по 2017 роки [4, 21]. Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1, 3.2 та 3.3. На рис. плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Аналіз середньообласної урожайності цукрового буряку в Сумській області (рис. 3.1) свідчить, що протягом 23 досліджуваних років урожайність коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2012, 2014-2016 рр. було зібрано найбільші для досліджуваної території урожаї - 415-437 ц/га, а рекордний за весь час урожай відмічається у 2014 р. і складає 437 ц/га.

Найменші урожаї були зібрані на початку досліджуваного періоду - у 1995-2004 рр. - вони не перевищували 191 ц/га. Найнижчий за всі двадцять три досліджувані роки урожай було зібрано у 1999 р., він становив лише 133 ц/га.

За досліджуваний період спостерігається зростання трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за період дослідження. Активне зростання відбувається протягом всіх двадцяти трьох років, з кожним роком значення збільшуються в середньому на 15 ц/га. Так, у 1995 р. трендова компонента урожайності становила 104 ц/га, а наприкінці дослідження - у 2017 р. - 443 ц/га.

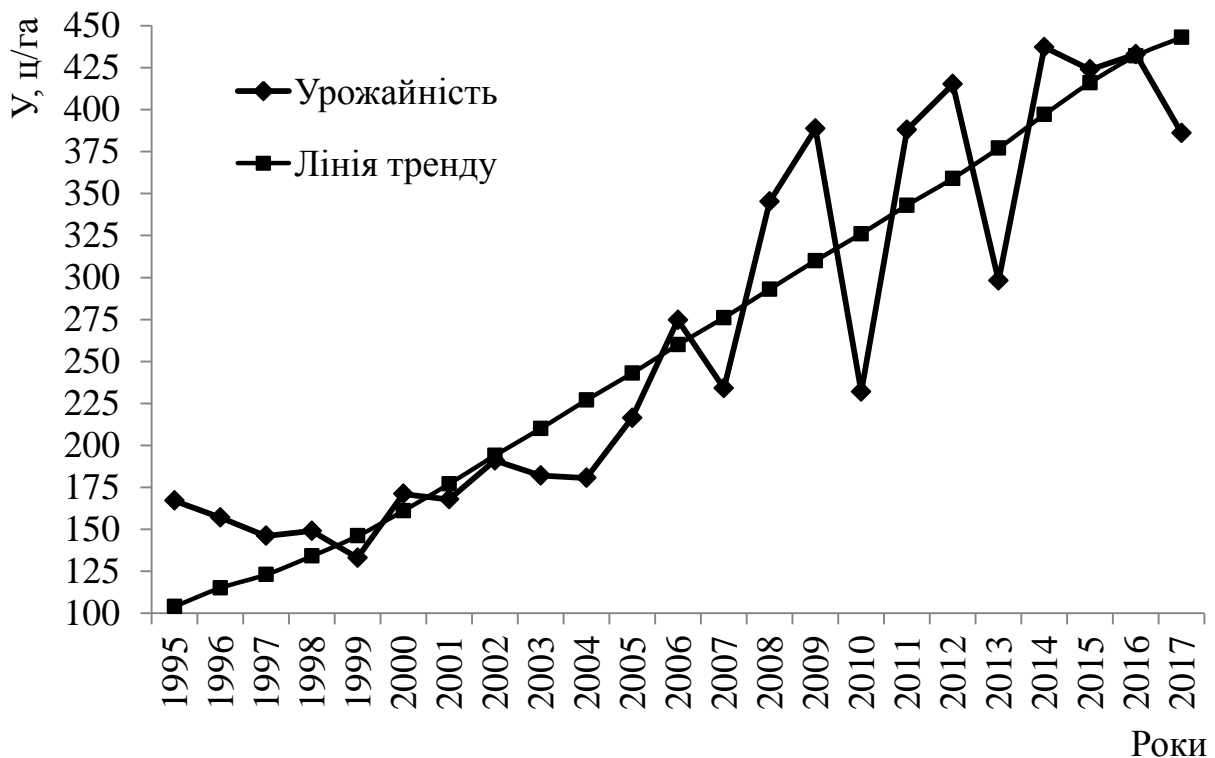


Рисунок 3.1 - Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду в Сумській області

Середня за роки досліджень урожайність склала 266 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 16 ц/га.

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 23 років у 10 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2004 р. - 46 ц/га, у 2010 р. - 94 ц/га, у 2013 р. - 79 ц/га і у 2017 р. - 57 ц/га.

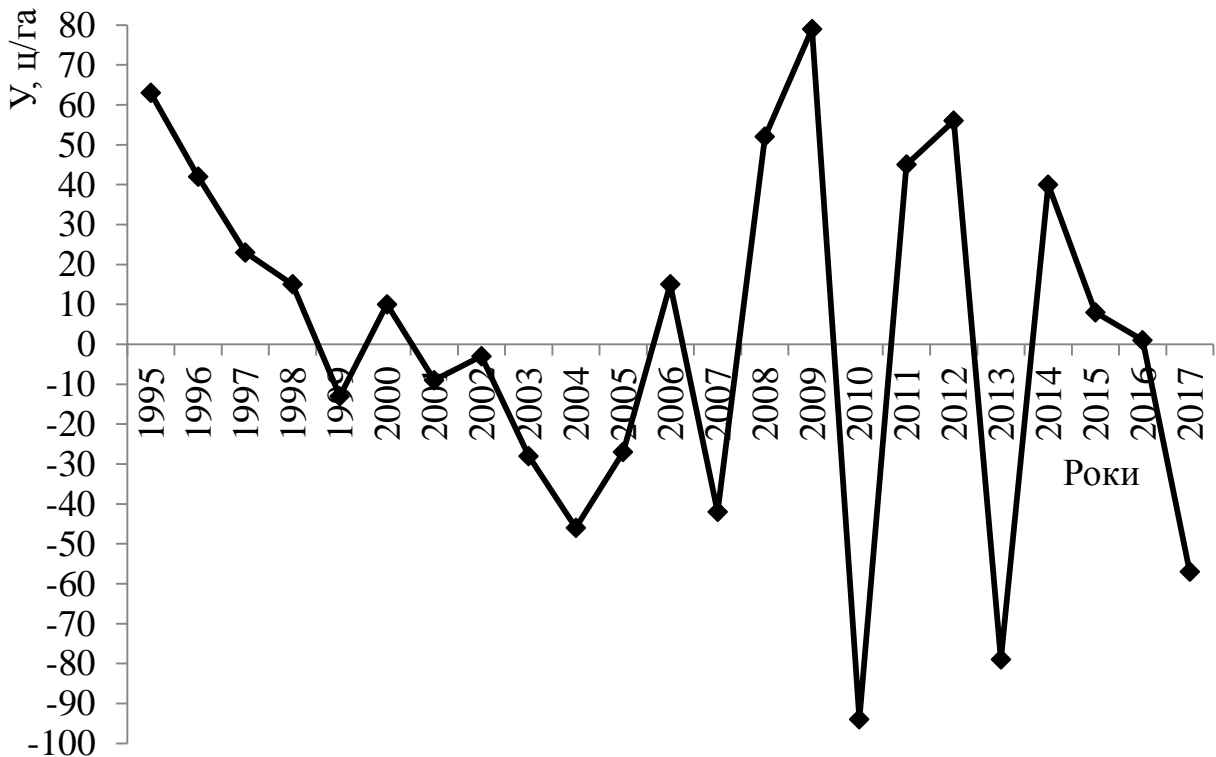


Рисунок 3.2 - Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду в Сумській області

Найбільш неврожайними для цукрового буряку були, як вже відзначалось, 2010 та 2013 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю відбувалося за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування цукрового буряку в Сумській області був 2009 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 79 ц/га.

Як можна бачити з рис., також великі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 1995 р. - 63 ц/га, у 2008 р. - 52 ц/га та у 2012 р. - 56 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що залежність урожаю цукрового буряку в Сумській області від кліматичних умов значною, хоча відбувається суттєвий ріст культури землеробства.

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 [22].

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:

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

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

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

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

де y_i - урожайність конкретного року; \bar{y} - середньобагаторічна урожайність; y_{iT} - динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році); n - кількість років дослідження [22].

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

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

Згідно до методики В.М. Пасова [22], 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 :

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

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв цукрового буряку в Сумській області. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань [17, 18]. Хід розрахунків наводиться у табл. 3.1.

$$C_v = \frac{1}{266} \sqrt{\frac{266729 - 262480}{23-1}} = \frac{1}{266} \sqrt{\frac{4249}{22}} = \frac{1}{266} \sqrt{193,1} = \frac{13,8}{266} = 0,05$$

В.М. Пасов [22] 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:

Таблиця 3.1 - Розрахунок кліматичної складової урожаїв цукрового буряку

n	Рік	y	y_T	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1995	167	104	-99	9801	-162	26244
2	1996	157	115	-109	11881	-151	22801
3	1997	146	123	-120	14400	-143	20449
4	1998	149	134	-117	13689	-132	17424
5	1999	133	146	-133	17689	-120	14400
6	2000	171	161	-95	9025	-105	11025
7	2001	168	177	-98	9604	-89	7921
8	2002	191	194	-75	5625	-72	5184
9	2003	182	210	-84	7056	-56	3136
10	2004	181	227	-85	7225	-39	1521
11	2005	216	243	-50	2500	-23	529
12	2006	275	260	9	81	-6	36
13	2007	234	276	-32	1024	10	100
14	2008	345	293	79	6241	27	729
15	2009	389	310	123	15129	44	1936
16	2010	232	326	-34	1156	60	3600
17	2011	388	343	122	14884	77	5929
18	2012	415	359	149	22201	93	8649
19	2013	298	377	32	1024	111	12321
20	2014	437	397	171	29241	131	17161
21	2015	424	416	158	24964	150	22500
22	2016	433	432	167	27889	166	27556
23	2017	386	443	120	14400	177	31329
Середнє		266					
Сума					266729		262480

- 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 $c_m \geq 0,40$ [23].

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

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

де n - довжина ряду.

В нашому випадку $n=23$, отже помилка ∂_{c_m} дорівнює

$$\partial_{c_m} = \frac{0,05 \sqrt{1+(0,05)^2}}{\sqrt{2(23-1)}} = \frac{0,05 \sqrt{1+0,0025}}{\sqrt{44}} = \frac{0,05 \sqrt{1,0025}}{6,63} = \frac{0,05}{6,63} = 0,007$$

Таким чином Сумську область можна віднести до території найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв.

3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку

У прикладній кліматології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. З метою ущільнення метеорологічної інформації і підвищення рівня обслуговування сучасних запитів практики розробляються непрямі методи розрахунку складніших і необхідних параметрів клімату на додаток до середніх багаторічних характеристик. Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик клімату, але і як вони були отримані, яка міра розсіяння значень випадкових величин щодо середньої, яка частота повторюваності кожного з членів сукупності. В цьому плані досить детально була досліджена просторово-часова структура різних характеристик термічного режиму повітря, оскільки для них є багато достовірних даних спостережень.

В агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості гідрологічних і агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [24]. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

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 (\bar{x} , σ_x , c_S) і побудована за допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_P = \bar{x} + \sigma_x + \varphi(p, c_S) \quad (3.20)$$

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

$$\begin{aligned} \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) &= x_{P_1} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) &= x_{P_2} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) &= x_{P_3} \end{aligned} \quad (3.21)$$

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

$$\sigma_x = \frac{x_{P1} - x_{P3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_3, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \quad (3.22)$$

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

$$\bar{x} = x_{P2} - \sigma_x(P_2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50} \quad (3.23)$$

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 Сумської області. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1995 по 2017 роки. Результати розрахунків представлені в табл.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 ймовірності знімалися значення урожаю цукрового буряку різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.3.

В Сумській області урожаї цукрового буряку порядку 430 ц/га отримують з ймовірністю 5% (тобто раз в двадцять років), в двох роках з п'яти отримують урожай 280 ц/га (ймовірність 40%), а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 145 ц/га.

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв цукрового буряку по Сумській області України можна зробити висновок, що не дивлячись на підвищення урожаїв протягом останніх років, несприятливі погодні умови здатні суттєво знизити урожайність у порівнянні з середньо багаторічною урожайністю. Тому при вирощуванні цукрового буряку необхідно детально оцінювати агрокліматичні ресурси території.

Таблиця 3.2 - Розрахунок ймовірності урожаїв цукрового буряку в Сумській області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %
		Фактичний	Ранжований	
1	1995	167	437	3
2	1996	157	433	7
3	1997	146	424	12
4	1998	149	415	16
5	1999	133	389	20
6	2000	171	388	24
7	2001	168	386	29
8	2002	191	345	33
9	2003	182	298	37
10	2004	181	275	41
11	2005	216	234	46
12	2006	275	232	50
13	2007	234	216	54
14	2008	345	191	59
15	2009	389	182	63
16	2010	232	181	67
17	2011	388	171	71
18	2012	415	168	76
19	2013	298	167	80
20	2014	437	157	84
21	2015	424	149	88
22	2016	433	146	93
23	2017	386	133	97

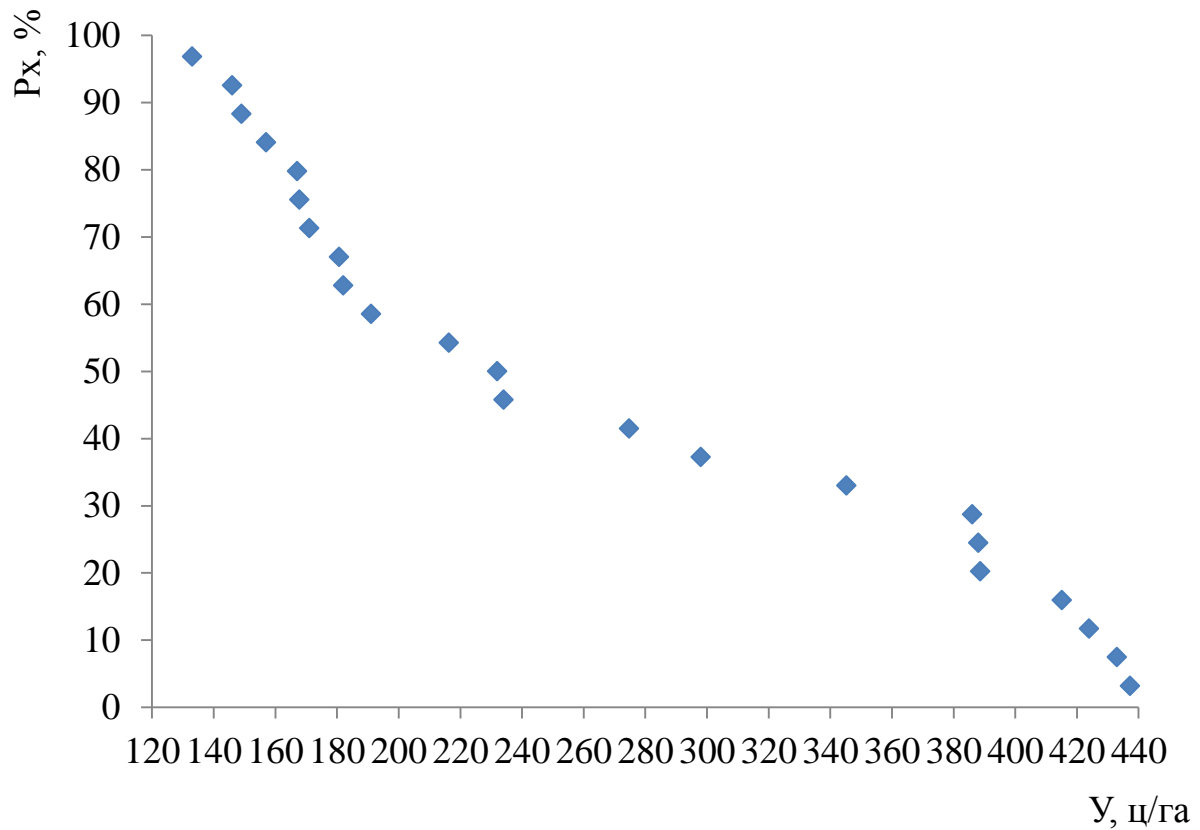


Рисунок 3.3 - Графік сумарної ймовірності урожаїв цукрового буряку в Сумській області

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

\bar{y} , ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
266	430	425	400	365	280	225	195	175	160	155	145

4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

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 [25].

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 [26].

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 [26]. 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 сьогоdnішній 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) [25]. 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 [25].

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 десятиріч 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 [17, 18] було застосовано для розробки методу оцінки умов формування врожаю цукрового буряку і прогнозування його середньої по області врожайності у роботі О.В. Вольвач [27]. Подальший розвиток динамічне моделювання продукційного процесу цукрового буряку отримало у роботі Т.К. Костюкевич [28], 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 [29];

- результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації CO₂ в атмосфері [30].

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 щодаєдних 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.

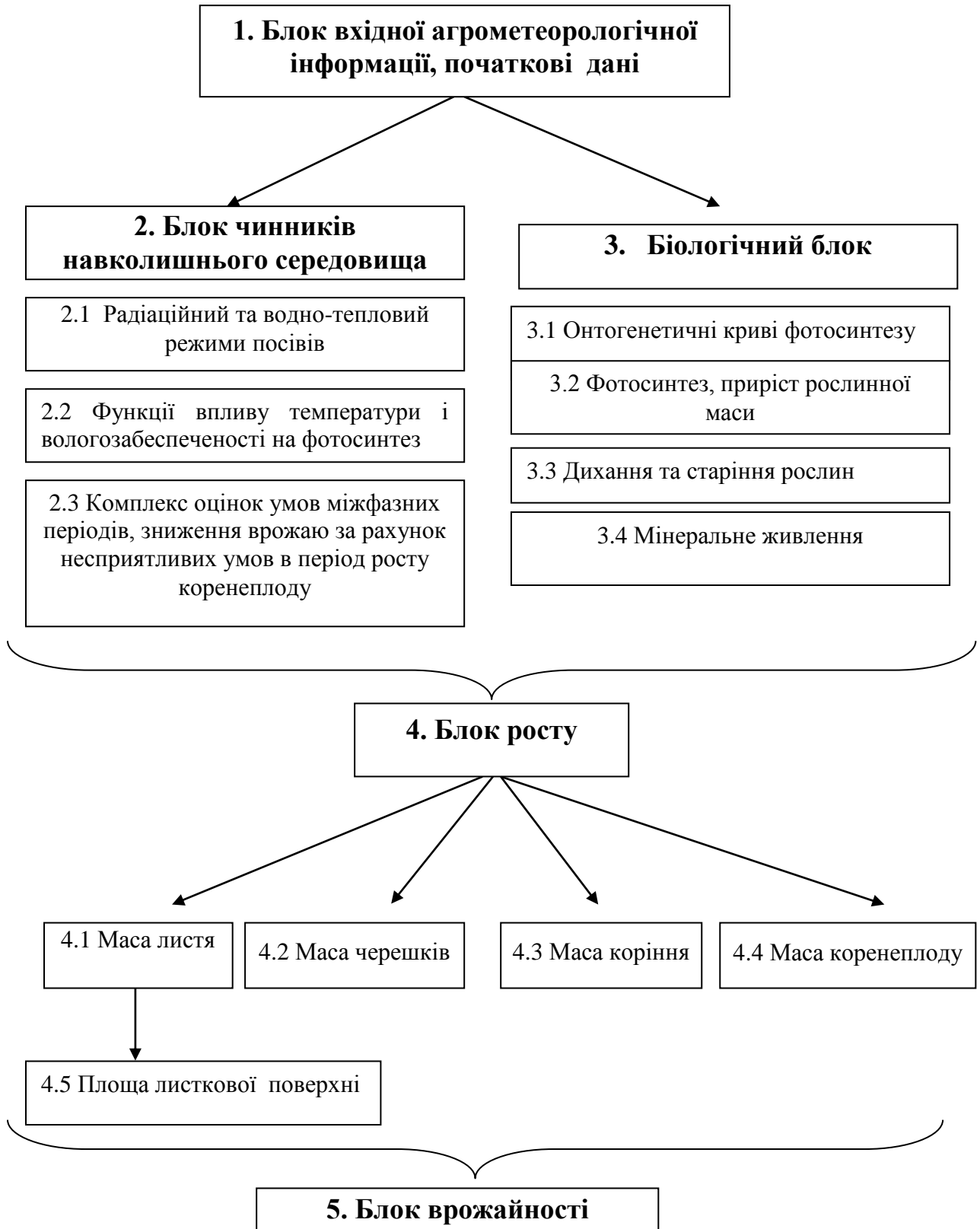


Рисунок 4.1 - Блок-схема динамічної моделі формування врожайності цукрового буряку [26]

4.2.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою Монсі і Саекі:

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

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 $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$;

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

j - номер кроку розрахункового періоду [17, 18].

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 :

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

де τ_C - початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

C_o - концентрація CO_2 в атмосфері [30].

У онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його фізіологічним віком і напруженістю водно-теплового 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/($\text{м}^2 \cdot \text{доба}$);

L - площа листкової поверхні, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

$\tau_{\text{дн}}$ - 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 [17, 18] 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, $г/м^2$.

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

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

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

Випаровуваність з посівів визначимо за рівнянням:

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

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

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

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

де E_{act} - сумарне випаровування посівів; $P_{зр.}$ - норма вегетаційного поливу; $W_{нв}$ - 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 [17, 18].

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 розглядалися такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 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 Сумській області [31] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [32].

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 Сумській області сівба відбувається 30 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 листа
1986-2005 рр.	30.04	18.05	12.06	24.08
<i>RCP4.5</i>	28.04	12.05	13.06	25.08
Різниця	-2	-6	+1	+1
<i>RCP8.5</i>	04.05	08.05	9.06	17.08
Різниця	+4	-10	-3	-7

Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 190°C. У Сумській області сходи з'являються 18 травня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату RCP4.5 терміни сівби цукрового буряку змістяться на трохи ранні строки. На території Сумської області сіяти культуру будуть 28 квітня, що на 2 дня раніше, ніж за базових умов. Відповідно змістяться і строки появи сходів, які будуть з'являтися 12 травня, тобто на 6 днів раніше.

Настання фази початку росту коренеплоду цукрового буряку за базових умов в Сумській області спостерігається 12 червня, а наступна фаза - пожовтіння нижнього листа - спостерігається відповідно 24 серпня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату RCP4.5 терміни початку росту коренеплоду цукрового буряку відбудеться на один день пізніше ніж в базовому. На території Сумської області настання цієї фази очікується 13 червня. Відповідно зсунуться і строки настання фази пожовтіння нижнього листа, які будуть спостерігатися в Сумській області 25 серпня, тобто на один день пізніше.

Аналізуючи результати досліджень за другим сценарієм RCP8.5, можна зробити наступні висновки. На території Сумської області сіяти культуру будуть 4 травня, що на 4 дня пізніше, ніж за базових умов. Щодо строків появи сівби, то вони будуть з'являтися 8 травня, тобто на 10 днів раніше.

За умов реалізації другого сценарію зміни клімату RCP8.5 термін настання фази початок росту коренеплоду в умовах Сумської області також очікуються раніше, ніж у базовий період, а саме 9 червня, тобто на 3 днів раніше. Фаза пожовтіння нижнього листа також очікується на сім днів раніше за базовий термін - 17 серпня.

У табл. 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 сходів - початок росту коренеплоду			Період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя			Вегетаційний період			Сумарне випаровування, мм	Випаровування, 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.	25	15,7	104	73	18,9	180	2392	309	100	345	435	79
RCP4.5	32	14,9	98	73	18,7	125	2438	257	83	296	442	67
Різниця	+7	-0,8	-6	0	-0,2	-55	+46	-52	-17	-49	+7	-12
Різниця, %	+28	-5	-6	0	-1	-30	+2	-17	-17	-14	+2	-15
RCP8.5	32	14,6	81	69	18,6	146	2413	266	86	308	428	72
Різниця	+7	-1,1	-23	-4	-0,3	-34	+21	-43	-14	-37	-7	-7
Різниця, %	+28	-7	-22	-6	-2	-19	+1	-14	-14	-11	-2	-9

У порівнянні з базовим варіантом у Сумській області тривалість періоду сходи - початок росту коренеплоду за умов реалізації обох сценаріїв зміни клімату збільшиться - на сім днів, з 25 до 32 днів (на 28%). Середня температура за цей період становить за базовим варіантом 15,7 °С, за сценарними варіантами вона також зміниться. Так, період сходи - початок росту коренеплоду буде проходити при знижених температурах: на 0,8°С, тобто буде становить 14,9°С (на 5%) за умов реалізації сценарію RCP4.5 та на 1,1°С тобто буде становить 14,6°С (на 7%) за умов реалізації сценарію RCP8.5 (табл. 4.2).

Тривалість періоду початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя не збільшиться. Якщо за базовим варіантом у Сумській області вона становить 73 дні, то за умов реалізації першого сценарію вона лишиться незмінною, а за умов реалізації другого сценарію тривалість цього періоду зменшиться - до 69 днів (на 6%), тобто буде менше на чотири дні.

Середня температура за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя становить за базовим варіантом 18,9 °С. Дещо зниженими будуть сценарні температури цього періоду (на 0,2 °С за умов реалізації сценарію RCP4.5 і на 0,3 °С за умов реалізації сценарію RCP8.5).

Сума температур за вегетаційний період цукрового буряку у Сумській області становить за базовим варіантом 2392°С. За умов реалізації сценарію RCP4.5 вона збільшиться до 2438°С, тобто на 46°С. За умов реалізації сценарію RCP8.5 це збільшення буде менш суттєвим - до 2413°С, тобто на 21°С.

Для аналізу зволоження доцільно було розглянуті суми опадів за міжфазні періоди цукрового буряку та весь вегетаційний період. За базовим варіантом кількість опадів за період сходи - початок росту коренеплоду у Сумській області становить 104 мм. Кількість опадів у період сходи - початок росту коренеплоду зменшиться для умов першого сценарію до 98 мм (на 6%), а для II-го - до 81 мм (на 22%).

За базовим варіантом кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя становить 180 мм. Зменшення опадів

за цей період буде за умов реалізації сценарію RCP4.5 досить суттєвим - до 125 мм (на 30 %). Кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листа за умов реалізації сценарію RCP8.5 становитиме 146 мм, тобто зменшиться лише на 19 %. Таким чином, кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листа при очікуваних змінах клімату у Сумській області зменшиться досить суттєво.

Кількість опадів за вегетаційний період цукрового буряку у Сумській області за базовим варіантом становить 309 мм. За умов реалізації першого сценарію вона зменшиться до 257 мм, а за умов реалізації другого сценарію - до 266 мм. Таким чином кількість опадів за весь вегетаційний період цукрового буряку при зміні клімату зменшиться на 17 % та на 14 % відповідно.

Зменшення кількості опадів за вегетаційний період призведе до зменшення сумарного випаровування в порівнянні з базовим (345 мм) до 296 мм за умов реалізації сценарію RCP4.5 і до 308 мм за умов реалізації сценарію RCP8.5. У відсотковому співвідношенні ці зміни складають 14% та 11% відповідно, тобто сценарне зменшення сумарного випаровування достатньо суттєве.

Завдяки зниженню температурного режиму в Сумській області за умов реалізації обох сценаріїв дещо зменшиться і величина випаровуваності. При базовому значенні 435 мм, випаровуваність за першим сценарієм збільшиться до 442 мм, а за другим сценарієм зменшиться до 428 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 Сумській області за умов реалізації сценарію RCP4.5 протягом 2021-2050 рр. суттєво зміняться, про що свідчить значення 67%, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 79%. За умов реалізації сценарію RCP8.5 умови

вологозабезпеченість у порівнянні з базовим значенням також знизиться і значення вологозабезпеченості складатиме 72%.

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

Раніше результати дослідження вплив змін клімату на продуктивність цукрового буряку в Сумській області були відправлені на I Всеукраїнську науково-практичну конференцію “Передумови та перспективи раціонального використання природно-ресурсного потенціалу” (Полтава) [33]

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 рис. 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 Сумської області. За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 у Сумській області відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до $6,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (проти $8,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя зменшиться до $6,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Таким чином, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту CO_2 призведе до зменшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 2,5 та 2,2 $\text{м}^2/\text{м}^2$, що становить 30-26 % 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 $\text{м}^2/\text{м}^2$ за вегетаційний період	Загальна суха біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай корене-плодів, ц/га
	площа листкової поверхні, $\text{м}^2/\text{м}^2$	приріст загальної сухої біомаси, $\text{г}/\text{м}^2$ за день			
1986-2005 рр.	8,6	60,2	767	2861	422
<i>RCP4.5</i>	6,06	44,3	572	2400	308
<i>RCP4.5 + CO₂</i>	6,4	47,2	609	2555	328
Різниця*	-2,5 - -2,2	-15,9 - -13	-195- -158	-461 - -306	-114 - -94
Різниця у %*	-30 - -26	-26 - -22	-25 - -21	-17- -11	-28- -23
<i>RCP8.5</i>	6,7	50,4	634	2635	377
<i>RCP8.5 + CO₂</i>	7,9	54,7	708	2835	409
Різниця*	-1,9 - -0,7	-9,8 - -5,5	-133 - -59	-226 -26	-45 - -13
Різниця у %*	-22 - -8	-16 - -9	-17 - -8	-8- -1	-11- -3

* 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 Сумській області відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до 6,7 $\text{м}^2/\text{м}^2$. За умов збільшення CO₂ максимальна відносна площа листя зменшиться до 7,9 $\text{м}^2/\text{м}^2$. Тобто, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм та збільшення вмісту CO₂ призведе до зменшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,9 та 0,7 $\text{м}^2/\text{м}^2$, що становить 22-8 % відповідно.

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

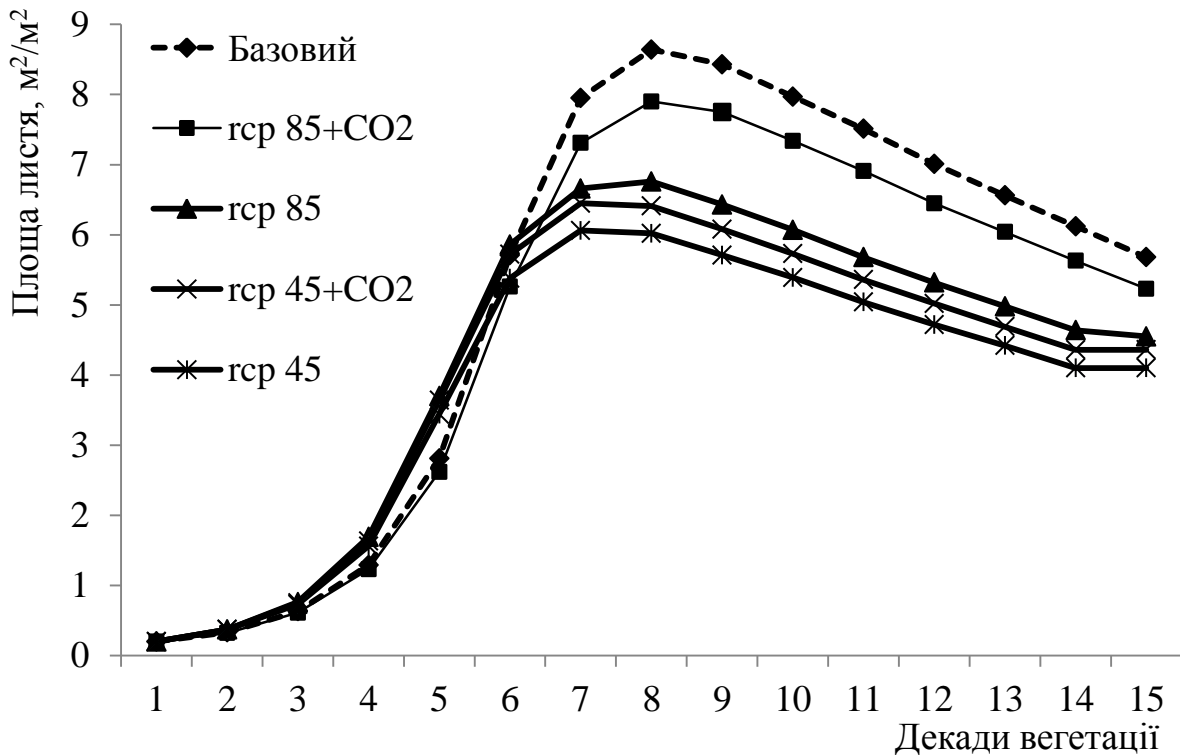


Рисунок 4.2 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Як видно з табл. 4.3 та рис. 4.3 за базовий період значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) були найбільшими - $767 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Розрахунки за обома сценаріями і по всіх варіантах показали, що в період з 2021 по 2050 рр. відбудеться зменшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність зменшення 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 Сумській області $767 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 призведе до зменшення ФСП до $572 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (за сценарієм RCP4.5 на 2021-2050 рр.) та до $609 \text{ м}^2/\text{м}^2$

(за умови збільшення CO_2). Тобто різниця складає 195 та 158 $\text{м}^2/\text{м}^2$ або 25-21 % відповідно.

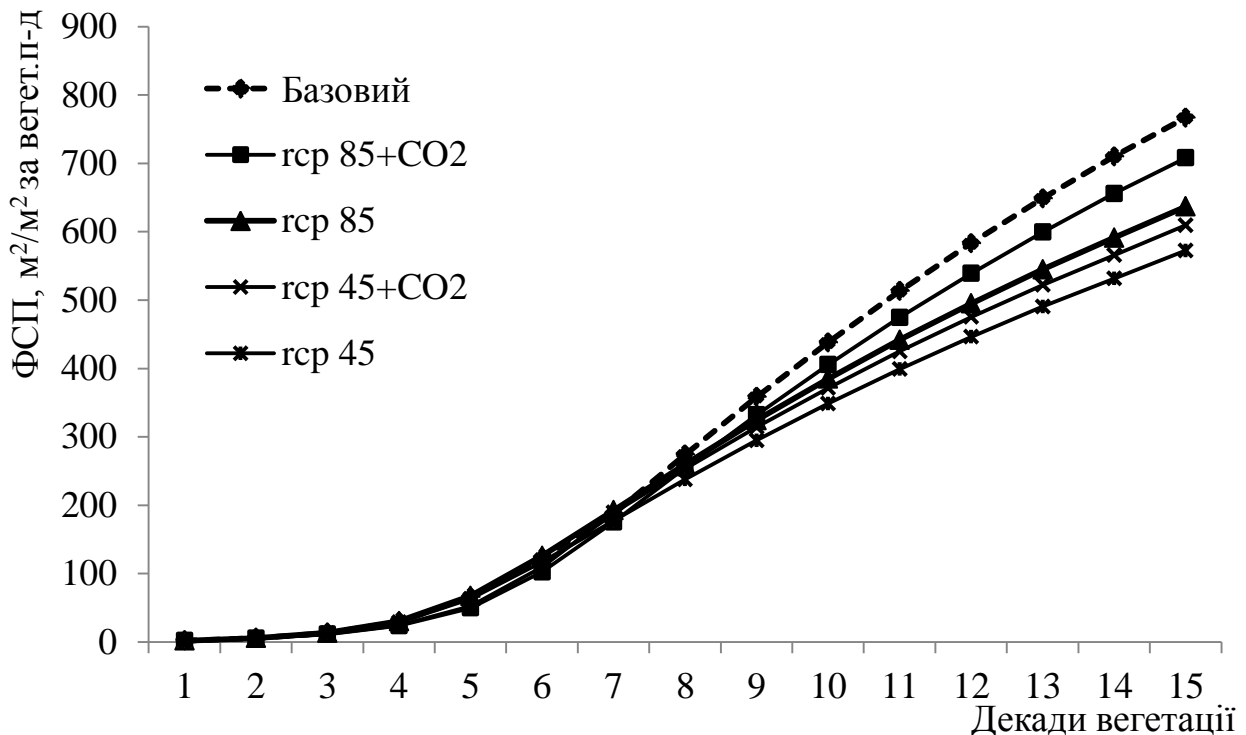


Рисунок 4.3 - Фотосинтетичний потенціал посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Зміна кліматичних умов за сценарієм RCP8.5 та збільшення вмісту CO_2 призведе до зменшення фотосинтетичного потенціалу посіву до 634 $\text{м}^2/\text{м}^2$ та до 708 $\text{м}^2/\text{м}^2$ відповідно. Тобто різниця складає 133 та 59 $\text{м}^2/\text{м}^2$ або 17-8% 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 Сумської області.

Накопичення загальної біомаси на території Сумської 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 зменшиться з 60,2 до 44,3 г/м² за день. З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це значення буде теж меншим - до 47,2 г/м² за день, тобто зменшення становить відповідно 13 та 15,9 г/м², або 22-26%.

За рахунок змін кліматичних умов другого сценарію приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту зменшиться з 60,2 до 50,4 г/м² за день. З врахуванням зміни вмісту CO₂ в атмосфері це значення буде теж меншим - до 54,7 г/м² за день, тобто зменшення становить відповідно 5,5 та 9,8 г/м², або 9-18%.

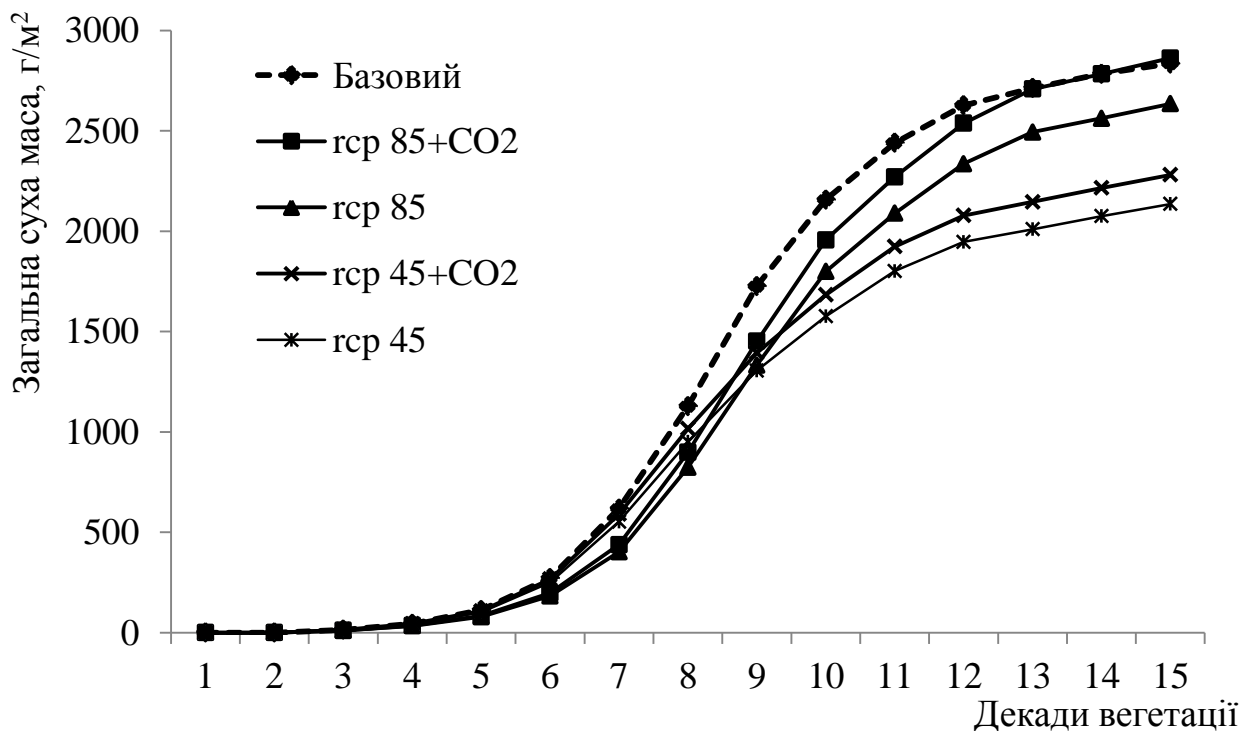


Рисунок 4.4 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Як видно з даних табл. 4.3, за базових умов загальна суха біомаса посіву цукрового буряку на кінець вегетаційного періоду становить 2861 г/м². За

рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP4.5 суха загальна біомаса на кінець вегетації зменшиться до 2400 г/м^2 . З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зменшення буде менш суттєвішим - до 2555 г/м^2 . Тобто зменшення становить відповідно 461 та 306 г/м^2 , або 17-11%.

За рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP8.5 суха загальна біомаса посіву на кінець вегетації у Сумській області зменшиться до 2635 г/м^2 . З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зменшення буде менш суттєвішим - до 2835 г/м^2 . Тобто зменшення становить відповідно 226 та 26 г/м^2 , або 8-1%.

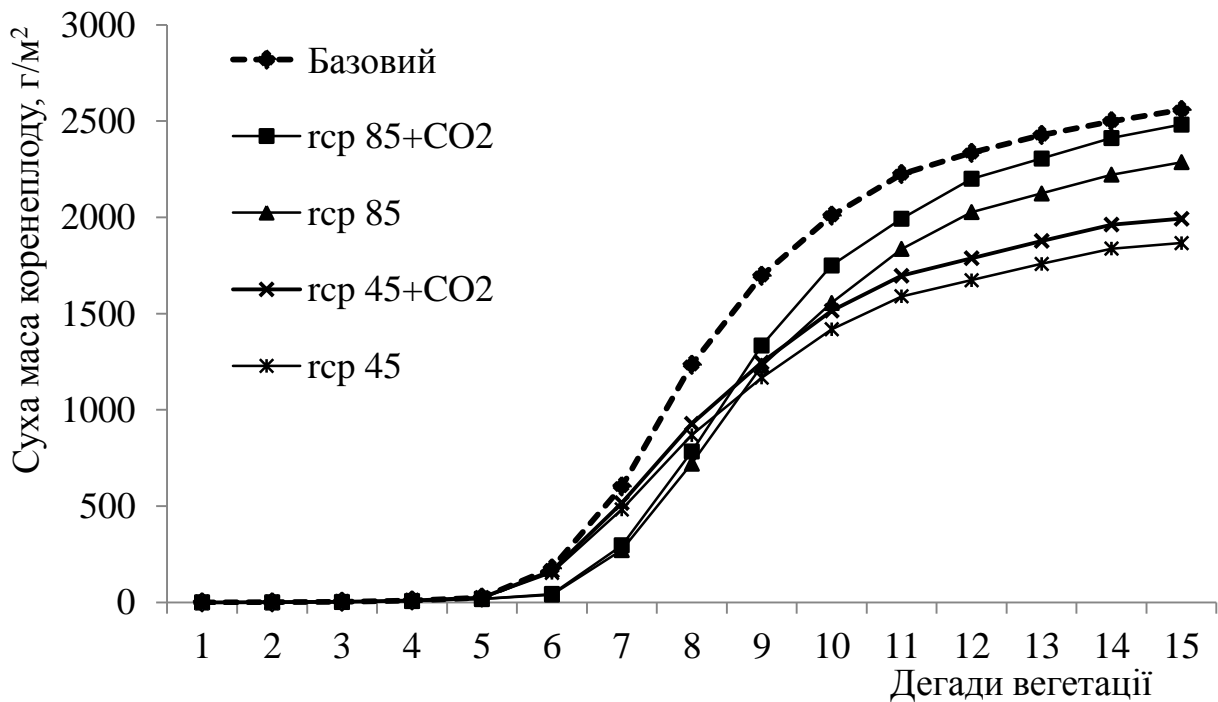


Рисунок 4.5 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом

Зниження рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в Сумській області в умовах зміни клімату за рахунок зменшення рівня інтенсивності фотосинтезу та меншої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і зменшення сухої маси

коренеплоду, а також кінцевого урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 4.5, табл. 4.3).

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 зменшення сухої маси коренеплоду до 1867 г/м^2 (проти 2558 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду також зменшиться до 1993 г/м^2 . За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарію відбудеться зменшення сухої маси коренеплоду до 2287 г/м^2 (проти 2558 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду зменшиться до 2482 г/м^2 .

За умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зменшиться порівняно з базовим періодом з 422 до 308 ц/га (на 114 ц/га або 28%). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зменшення рівня урожаю цукрового буряку до 328 ц/га (на 45 ц/га або 11%).

За умов зміни клімату за сценарієм RCP8.5 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зменшиться порівняно з базовим періодом: з 422 до 377 ц/га (на 45 ц/га або 11%). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зменшення рівня урожаю цукрового буряку до 409 ц/га (на 13 ц/га або 3%).

У цілому можна зробити висновок, що для бурякосійної території Сумської області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 утворяться умови при яких слід очікувати зменшення врожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050 рр.

4.5 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату

Значні зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в Україні у зв'язку з очікуваними змінами глобального та регіонального клімату за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 призведуть до зміни, в першу чергу, умов тепло- та вологозабезпеченості, а також світового режиму протягом вегетаційного періоду. Такі умови вирощування викликають значну зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів цукрового буряку: суттєво зміниться динаміка формування площі листової поверхні та величини фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу та приростів біомаси посівів. Зміна цих складових формування урожаю призведе до значної зміни рівнів очікуваних за сценарієм урожаїв цукрового буряку по відношенню до сучасного рівня урожайності.

В агрокліматології для виявлення просторово-часової мінливості агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [24]. Виходячи з теоретичних та практичних міркувань, Г.А. Алексєєв запропонував для побудови емпіричної кривої забезпеченості користуватися формулою виду:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% , \quad (4.14)$$

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

У табл. 4.4 представлені результати розрахунків. Графічно результати представлені на рис. 4.5 та 4.6.

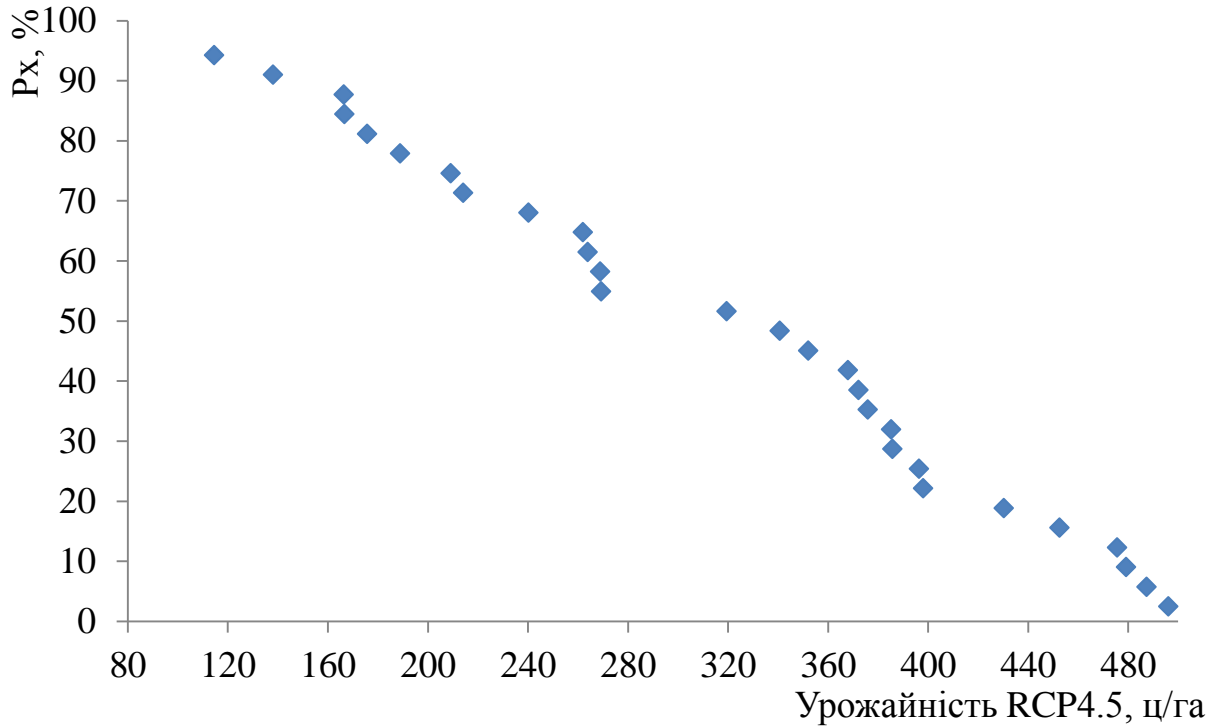


Рисунок 4.5 - Крива сумарної імовірності урожайності цукрового буряку за сценарними даними RCP4.5 у Сумській області

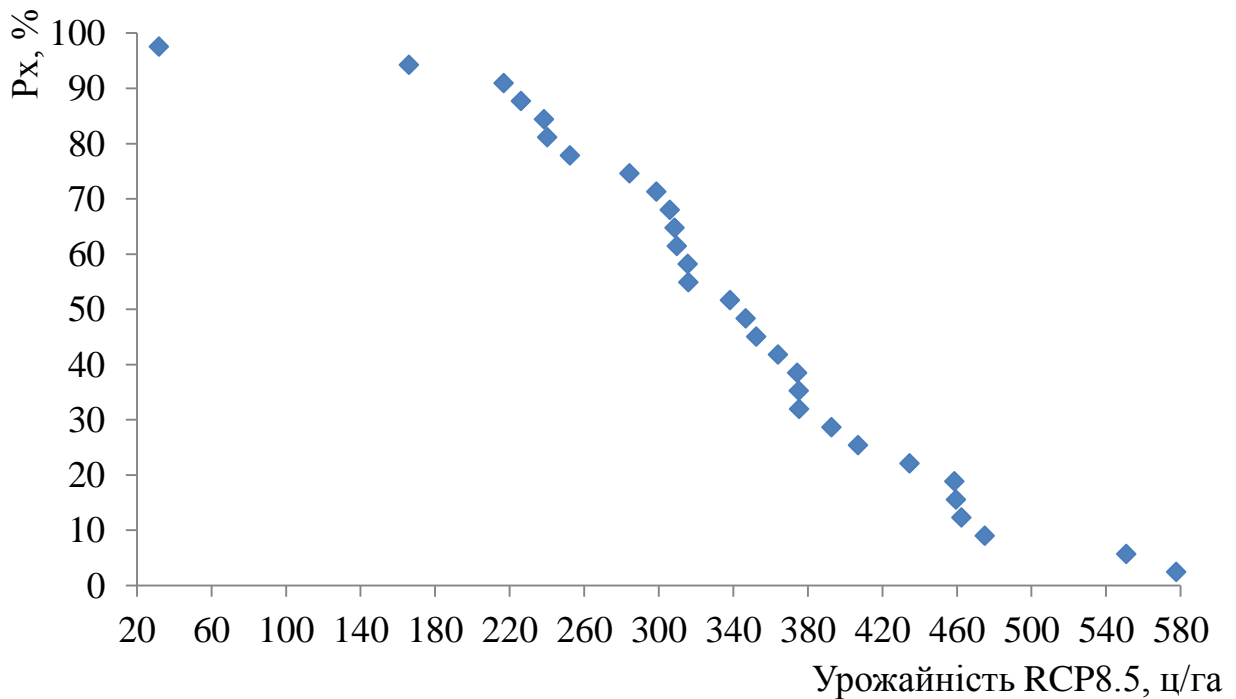


Рисунок 4.6 - Крива сумарної імовірності урожайності цукрового буряку за сценарними даними RCP8.5 у Сумській області

Таблиця 4.4 - Розрахунок ймовірнісних характеристик урожайності цукрового буряку за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 у Сумській області

Роки	У, RCP4.5, ц/га	У, RCP4.5 убув.	У, RCP8.5, ц/га	У, RCP8.5, убув.	N	P_x , %
2021	167	496	435	578	1	2
2022	479	487	239	551	2	6
2023	453	479	338	475	3	9
2024	166	476	284	462	4	12
2025	341	453	475	460	5	16
2026	138	430	316	459	6	19
2027	372	398	460	435	7	22
2028	319	396	310	407	8	25
2029	189	386	352	393	9	29
2030	396	385	578	375	10	32
2031	386	376	462	375	11	35
2032	376	372	226	374	12	39
2033	368	368	217	364	13	42
2034	496	352	32	352	14	45
2035	398	341	240	347	15	48
2036	264	319	459	338	16	52
2037	352	269	347	316	17	55
2038	209	269	166	316	18	58
2039	430	264	393	310	19	61
2040	240	262	374	309	20	65
2041	269	240	299	306	21	68
2042	115	214	551	299	22	71
2043	476	209	316	284	23	75
2044	176	189	252	252	24	78
2045	262	176	375	240	25	81
2046	79	167	375	239	26	84
2047	214	166	364	226	27	88
2048	269	138	309	217	28	91
2049	385	115	306	166	29	94
2050	487	79	407	32	30	98

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості очікуваних урожаїв цукрового буряку на території Сумської області.

Використовувалися щорічні дані по урожайності за періоди з 2021 по 2050 роки, отримані в результаті розрахунків по моделі.

За сценарними розрахованими даними були побудовані криві сумарної імовірності можливих урожаїв цукрового буряку для кожного сценарію. Потім з кривих сумарної імовірності знімалася забезпеченість цукрового буряку з кроком 5, 10, 20 ..., 90, 95%. Результати розрахунків за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Забезпеченість можливих урожаїв цукрового буряку (ц/га) за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5

Період	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Сценарій RCP4.5											
2021-2050	495	475	430	395	360	320	280	230	190	130	105
Сценарій RCP8.5											
2021-2050	500	475	430	405	475	340	310	290	250	210	35

Очікувані значення урожаїв цукрового буряку змінюються по сценаріям. Так, за умов реалізації сценарію RCP4.5 при середній очікуваній врожайності, що складає 320ц/га (для періоду 2021-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 % забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 130 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї зерна порядку 475 ц/га.

За умов реалізації сценарію RCP8.5 при середній очікуваній врожайності, що складає 340 ц/га (для періоду 2021-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 % забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 210 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї зерна порядку 475 ц/га. Можна сказати, що за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 утворяться умови при яких слід очікувати зменшення урожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050р.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності цукрового буряку в Сумській області за період з 1995 по 2017 роки, за даними обласних управлінь статистики. Протягом зазначеного періоду у Сумській області спостерігається збільшення урожайності цукрових буряків. Середня за 23 роки досліджень урожайність склала 266 ц/га. Тенденція урожайності додатна і складає 16 ц/га.

Однак, залежність урожаю цукрового буряку в Сумській області від кліматичних умов є значною, хоча за останні 23 роки відбувався вельми суттєвий ріст культури землеробства на досліджуваній території.

Найбільш несприятливими для вирощування цукрового буряку були 2004, 2010 та 2013 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду - 46, - 79 та - 57 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 1995, 2008 та 2012 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали - 63, 52 та 56 ц/га.

Значення кліматичної складової мінливості урожаїв цукрового буряку, розрахованої за методикою В.М. Пасова, становить 0,05, що дає можливість віднести Сумську область до території дуже стабільних урожаїв.

В Сумській області урожаї цукрового буряку порядку 430 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в двох роках з п'яти отримують урожай 280 ц/га (ймовірність 40%), а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 145 ц/га.

2. Для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв Representative Concentration Pathways – RCP, а саме RCP4.5 та RCP8.5. Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів. 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.

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 трохи ранні строки, причому це зміщення не буде досить суттєвим - до десяти днів.

Температурний режим вегетаційного періоду цукрового буряку практично не зміниться. Кількість опадів за весь вегетаційний період цукрового буряку при зміні клімату зменшиться на 17 % за сценарієм RCP4.5 та на 14 % за сценарієм RCP8.5 відповідно.

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку в Сумській області за умов реалізації сценарію RCP4.5 суттєво зміняться, про що свідчить значення 67%, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає 79%. За умов реалізації сценарію RCP8.5 умови вологозабезпеченості у порівнянні з базовим значенням також зменшаться і значення вологозабезпеченості складатиме 72%.

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 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зменшиться порівняно з базовим періодом з 422 до 346 ц/га (на 76 ц/га або 18%). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері обумовить відповідне зменшення рівня урожаю цукрового буряку до 368 ц/га (на 54 ц/га або 13%).

За умов зміни клімату за другим сценарієм у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зменшиться порівняно з базовим періодом: з 422 до 377 ц/га (на 45 ц/га або 11%). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері обумовить відповідне зменшення рівня урожаю цукрового буряку до 409 ц/га (на 13 ц/га або 3%).

6. Очікувані значення урожаїв цукрового буряку змінюються по сценаріям. Так, за умов реалізації сценарію RCP4.5 при середній очікуваній врожайності, що складає 320 ц/га (для періоду 2021-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 % забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 130 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї зерна порядку 475 ц/га.

За умов реалізації сценарію RCP8.5 при середній очікуваній врожайності, що складає 340 ц/га (для періоду 2021-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 %

забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 210 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї зерна порядку 475 ц/га.

У цілому можна зробити висновок, що для бурякосійної території Сумської області за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 утворяться умови при яких слід очікувати зменшення врожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рослинництво: підручник за ред. О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; за ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів:НВФ «Українські технології», 2006. 730с.
3. Вісник цукровиків України Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики [URL]<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3u1zD29lZLEJ:sugar-journal.com.ua>
4. Агрокліматичний довідник по Сумській області (1986-2005 рр.) за редакцією начальника Сумського ЦГМ З.П. Кравченко та к. геогр. н., Т. І. Адаменко, 2012. 203 с.
5. Павлишин М.Л., Стефанюк Є.М. Товарознавство сировини, матеріалів та засобів виробництва. Частина 1: Товарознавство сировини рослинного походження. Львів:Афіша, 2009. 400 с.
6. Глеваський, І. В. Буряківництво: навч. посіб. для студ. вузів. К.: Вища шк., 1991. 319 с.
7. Барштейн Л.А., Шкаредний І.С., Якименко В.М. Сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення в зонах бурякосіяння // К., ІДС, 2002 р .
8. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання). Д.Шпаар, Д.Дрегер, С.Каленська, А.Захарченко та ін. / за ред. Д.Шпара. К: ННЦ І АЕ, 2005.340с.
9. Посипанов Г.С., Долгодворов В.Є., Жеруков Б.Х. та ін. Рослинництво. М.: Колос, 2006. 612с.
10. Рослинництво [URL]: <http://zhmenka.com/roslinnictvo/cukrovi-buryaki/>
11. Исмагилов Р. Р. Свекловодство: учебное пособие. Уфа: Издательство БГАУ, 2010. 160 с
12. Петров В.А., Зубенко В.Ф. Свекловодство. М.: Колос, 1981.302 с.

13. Сорти та гібриди сільськогосподарських культур оригіномом яких є Інститут біоенергетичних культур та мережа його дослідних станцій (Гібриди цукрових буряків) [URL]: <http://bio.gov.ua/bioenergy/cukrovi-buryaku>
14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік [URL]: <http://www.sops.gov.ua/uploads/page/5aa63108e441e.pdf>
15. Сапожникова С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд. МСХ СССР, 1958. С. 14-37.
16. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 318 с.
17. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
18. Польовий А.М. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319 с.
19. Вольвач О.В., Гатіятулліна О.Ф. (Одеса, Україна) Дослідження динаміки врожайності цукрового буряку у Полтавській області: матеріали XLIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії”, Переяслав-Хмельницький, 29-30 листопада 2017р. С. 12-15.
20. Гатіятулліна О.Ф., Вольвач О.В. Аналіз динаміки врожайності цукрового буряку в Київській області : матеріали III міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених “Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення”. Одеса: ОДЕКУ, 2018. С.24.
21. Урожай онлайн. Как идет уборка урожая в Украине [URL] <https://latifundist.com/urozhaj-online-2018>.
22. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 128 с.
23. Ермакова Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале / Л.Н. Ермакова // Географический вестник. Пермь, 2005. №1. С. 100 - 112.

24. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 362 с.
25. Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.
26. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [URL] // Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
27. Вольвач О.В. Метод оцінки та прогнозу агрометеорологічних умов формування врожайності цукрового буряку в Україні. Автореф. дис. к. геогр. н. Одеса. 1995. 18 с.
28. Костюкевич Т. К. Моделювання впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність цукрового буряку в Україні. Автореф. дис. к. геогр. н. Одеса. 2013. 20 с.
29. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем / Вісник Одеського державного екологічного університету. 2005. Вип. 1. С. 79-86.
30. Полевой А.Н. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа С3 и С4 при изменении концентрации CO₂ в атмосфере / В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ИГКЭ. 2010. Том XXIII С. 297-315.
31. Статистична інформація [URL] // Офіційний сайт Головного управління статистики у Сумській області - Режим доступу: <http://sumy.ukrstat.gov.ua/>
32. 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.
33. Вольвач О.В., Гатіятулліна О.Ф. Вплив змін клімату на продуктивність цукрового буряку в Сумській області. матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції "Передумови та перспективи раціонального

використання природно-ресурсного потенціалу”, 28 травня 2018. Полтава: ПДАА, 2018. С.21.