

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

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив змін клімату на продуктивність картоплі**
в Поділлі

Виконала студентка 2 курсу групи МЗА-18
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,

(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»

(назва)

Бондура Софія Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.

Костюкевич Тетяна Костянтинівна

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

Консультант -

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

Рецензент к.геогр.н., доцент

Ільїна Валентина Григорівна

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Бондурі Софії Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив змін клімату на продуктивність картоплі в Поділлі
керівник роботи Костюкевич Тетяна Костянтинівна, к.геогр.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 18 » жовтня 2019 року № 235 «С»
2. Строк подання студентом роботи 09 грудня 2019 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Агрокліматичні дані по Вінницькій області за 1991-2010 рр.; 2. Кліматичний сценарії RCP4.5 та RCP8.5; 3. Програма динамічної моделі формування врожайності сільськогосподарських культур; 4. Дані державної статистичної служби України
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вивчити фізико-географічні умови Вінницької області; 2. Описати агрокліматичні умови вегетації сільськогосподарської культури; 3. Описати біологічні особливості картоплі та її основні сорти; 4. Описати сучасний стан вирощування культури в Україні; 5. Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування картоплі у зв'язку зі змінами клімату; 6. Оцінити зміну фотосинтетичної продуктивності картоплі в умовах зміни клімату.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Графік врожайності картоплі в Україні;
2. Графіки динаміки площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу, інтенсивності фотосинтезу, загальної сухої біомаси бульб картоплі.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 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.	28.10.2019 р.		
2	Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення першого розділу магістерської роботи.	29.11.2019 р. - 04.11.2019 р.	98	5(відмінно)
3	Проведення чисельних розрахунків на ПОЕМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи.	05.11.2019 р. – 12.11.2019 р.	94	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	13.11.2019 р. - 19.11.2019 р.	96	5(відмінно)
4	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків.	20.11.2019 р. - 27.11.2019 р.	92	5(відмінно)
5	Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи.	28.11.2019 р.- 1.12.2019 р.	93	5(відмінно)
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	2.12.2019р. - 5.12.2019 р.	91	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.	6.12.2019 р.- 9.12.2019 р.	93	5(відмінно)
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	93,0	

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

Керівник роботи _____ Костюкєвич Т.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бондура С.В. Вплив змін клімату на продуктивність картоплі в Поділлі.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема, картоплі, необхідне детальне вивчення агрометеорологічних умов її вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів.

Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату на планеті, що надають Україні можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрометеорологічні умови формування продуктивності картоплі в Поділлі на прикладі Вінницької області.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розрахувати основні агрометеорологічні показники вегетаційного періоду картоплі за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за період 2021-2050 рр.;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та врожайність картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5.

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

Предмет дослідження - оцінка впливу агрометеорологічних умов на врожайність картоплі у Вінницькій області.

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

Вперше встановлені закономірності впливу змін клімату на агрометеорологічні умови вирощування картоплі та її продуктивність у Вінницькій області.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування картоплі та оптимізації розміщення її посівних площ за умов реалізації сценарію RCP4.5 та RCP8.5 зміни клімату у Вінницькій області.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 60 сторінок, 5 рисунків, 5 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 40 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: картопля, модель продуктивності, зміна клімату, агрометеорологічні умови, врожай.

SUMMARY

Bondura S. Influence of climate change on productivity of potato in Podolia region.

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

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

The aim of this study is to assess the impact of climate change on conditions of formation of potato productivity in Podolia on the example of Vinnitsa region.

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

- to calculate the basic agrometeorological indicators of vegetation period potato in Vinnitsa 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 potato yield under the conditions of realization of climate change scenario RCP 4.5 end RCP8.5.

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

The subject of the study was to assess the influence of agrometeorological conditions on yield of potato in Vinnitsa 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 agrometeorological conditions for potato cultivation and it's productivity in Vinnitsa region.

The results can be used when performing a comprehensive assessment of agrometeorological resources in relation to potato cultivation and optimize the placement of the acreage in the conditions of realization of the RCP 4.5 end RCP8.5 climate change in Vinnitsa region.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references. Full work is 60 pages, 5 graphics, 5 tables. The list of used literary sources contains 40 items.

KEYWORDS: potato, productivity model, climate change, agrometeorological conditions, gather.

ЗМІСТ			
ВСТУП		6	
1	СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ		8
	1.1	Народногосподарське значення картоплі	8
	1.2	Виробництво, площі та врожайність картоплі	10
	1.3	Сучасний стан генетико-селекційного поліпшення сортів картоплі	14
2	ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ		18
	2.1	Морфологічні особливості росту та розвитку картоплі	18
	2.2	Вимоги картоплі до ґрунтово-кліматичних умов та мінерального живлення	25
	2.3	Характеристика найбільш поширених шкідників та хвороб ...	28
3	МЕТОДИ ОЦІНКИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ		33
	3.1	Сучасний стан моделювання продукційного процесу посівів сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату	33
	3.2	Моделювання процесів формування продуктивності картоплі	35
4	ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КАРТОПЛІ НА ПОДІЛЛІ		40
4.1	Фізико-географічна та агрокліматична характеристика природних умов території дослідження		40
4.2	Агрокліматичні умови вирощування картоплі на Вінниччині в умовах зміни клімату		42
4.3	Оцінка продуктивності картоплі в Вінницькій області умовах зміни клімату		47
ВИСНОВКИ		55	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		57	

ВСТУП

В останні роки клімат на Землі помітно змінюється: одні країни страждають від аномальної спеки, інші від занадто суворих і сніжних зим, незвичних для цих місць. Екологи кажуть про глобальну зміну клімату, що включає збільшення середньої річної температури, що викликає танення льодовиків, і підвищення рівня Світового океану. Крім потепління, відбувається також розбалансування всіх природних систем, яка призводить до зміни режиму випадання опадів, температурним аномалій і збільшення частоти екстремальних явищ, таких як урагани, повені та посухи.

Так, якщо в 1980-1990 роках спостерігалось приблизно по 100-150 небезпечних природних явищ, які впливали на економіку, то зараз - 450-500 на рік, і їх число буде рости. Організація об'єднаних націй в опублікованій в серпні цього року доповіді про клімат попереджає, що його зміна буде все більше впливати на продовольчу безпеку в світі і спричинить брак продуктів харчування з-за погіршення умов для сільського господарства. Зокрема, глобальне потепління веде до деградації ґрунтів в результаті посух, повеней і листяних пожеж [35].

Збільшення температури сприяє розширенню ареалу обробітку ряду агрокультур. Однак при цьому також збільшується зона розповсюдження сільськогосподарських шкідників. За статистикою останніх років, на зміну легким дощам все частіше приходять зливи, що несприятливо для рослинництва. Поглиблюються деякі тенденції гідрологічного циклу, наприклад, посушливі області стають ще більш сухими, а сильні зливи ведуть до повеней.

Будь-яка зміна кліматичних умов відбивається на сільському господарстві і перш за все на рослинництві. З іншого боку, вдосконалення технологій, поява нових сортів і гібридів зернових і олійних агрокультур укупі з потеплінням клімату дозволяє з певною часткою успіху вирощувати в

північних областях агрокультури, що вважалися раніше непідходящими для цих місць.

Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. 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) [30].

Культура картоплі є для України однією з провідних сільськогосподарських культур. Численними дослідженнями встановлено, що картопля культурних сортів є рослиною помірного клімату, має велику пластичність, найбільш стійкі її врожаї отримують у районах середніх широт, що мають відносно невисоку температуру в період вегетації [28].

Різноманітне використання картоплі зумовлено її цінними властивостями. Бульби містять білок високої якості, вітаміни та інші речовини, що робить його винятково важливим продуктом харчування. Картопля - добрий корм для худоби. За перетравністю органічної речовини (83-97 %) вона, як і коренеплоди, стоїть на першому місці серед всіх рослинних кормів [20].

В даній роботі ми будемо надавати оцінку впливу змін клімату на продуктивності картоплі на Поділлі на прикладі Вінницької області. У виконаному дослідженні були використані розрахунки за допомогою регіональної кліматичної моделі RASMO2 для базових сценаріїв викидів - RCP4.5 і RCP8.5, які є сценаріями середнього та високого рівня викидів парникових газів у атмосферу до 2100 року.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

1.1 Народногосподарське значення картоплі

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) - найдавніша культура на Земній кулі. Вона вирощується в Андах Південної Америки вже більше восьми тисяч років. До Європи картопля вперше завезли іспанці в другій половині 16 століття. Згодом вирощування цієї культури поширилося повсюдно.

Сьогодні картопля - один з найважливіших джерел живлення людини і годування тварин. Вона займає п'яте місце в світі серед джерел енергії в харчуванні людини після пшениці, кукурудзи, рису і ячменю. Основна цінність картоплі, заради чого вона обробляється - це бульба (потовщене закінчення підземного стебла столону).

На душу населення, наприклад, в Англії її споживають 108 кг, Ірландії - 172, Португалії - 146, Польщі - 144, Росії - 125, Білорусі - 169, Україна - 133, США - 25, Канаді - 72, Швеції - 84, Голландії - 82, Греції - 84, Німеччині - 75 кг.

У бульбах картоплі містяться цінні поживні речовини (табл. 1.1). Вона цінний постачальник багатьох вітамінів: С (аскорбінова кислота), А1 (каротин), В1 (тіамін), В2 (рибофлавін), РР (нікотинова кислота), В6 (пиродоксин) [28].

Картопля відрізняється універсальністю використання. Вона застосовується на продовольчі, технічні та кормові цілі. Кулінарам відомо до 1000 страв з картоплі, а при промисловій переробці з бульб, поряд з картопле продуктами, отримують крохмаль, патоку, глюкозу, спирт, органічні кислоти, декстрин.

В агроекосистемах ряду зон вирощування картоплі є важливим фактором інтенсифікації рослинництва. Включення цієї просапної культури в сівозміну, застосування органічних добрив та інтенсивний обробіток ґрунту

має сприятливий вплив на врожайність наступних культур, особливо зернових.

Таблиця 1.1 - Вміст поживних речовин в бульбах картоплі, % сирої маси

Речовина	Середній вміст	Діапазон коливань
Суша речовина	23,7	13,1 ... 36,8
Крохмаль	17,5	8,0 ... 29,4
Розчинні вуглеводи	0,5	0,0 ... 8,0
Сира клітковина	0,7	0,2 ... 3,5
Сирий протеїн	2,0	0,7 ... 4,6
Сирий жир	0,1	0,004 ... 1,0
Зола	1,1	0,4 ... 1,9

При вирощуванні картоплі можливі повторні посадки й навіть монокультура. Встановлено, що найбільші врожаї отримують при незначній участі картоплі в сівозміні [25]. Природно-кліматичні умови нашої країни сприятливі для вирощування картоплі, тому вона вирощується у всіх областях. В нашій країні рекомендують вирощувати тільки ті сорти картоплі, які внесені до Державного Реєстру сортів рослин, на сьогодні це понад 160 сортів вітчизняної та зарубіжної селекції [34].

Сьогодні виробництво картоплі є одним із пріоритетних напрямків аграрного сектора. Протягом останніх років роль картоплі у задоволенні харчових потреб населення України значно зросла, оскільки при збільшенні рівня зростання цін на такі товари, як риба, м'ясо та молочні продукти підвищується попит на хлібопродукти та картоплю.

Картопля є кращою сировиною для виробництва спирту. З одиниці посівної площі під картоплею можна отримати в середньому в 3 рази більше крохмалю, ніж із зернових культур, а, отже, і більше спирту. Крім того,

картопляний крохмаль дає більш високий вихід спирту. На спиртових заводах переробляють технічні сорти картоплі, що відповідають таким вимогам: висока крахмалистость, висока врожайність, стійкість до захворювань, стійкість при зберіганні. До основних сортів, переробляється на спирт, відносяться Лохвицький, Немешаевській ювілейний, Вольтман та інші. Картопля, що надходить на спиртові заводи, сортують на повноцінні бульби, які закладаються на зберігання, і пошкоджені, що відправляються на переробку. Зберігають картопля переважно в буртах [10].

У зв'язку зі значним зростанням виробництва синтетичного спирту потреби народного господарства в етиловому спирті в даний час повністю задовольняються і напруженість в завантаженні виробничих потужностей спиртових заводів, які переробляють сільськогосподарську сировину, значно знижується. Разом з тим виробництво харчового крохмалю через нестачу потужностей крохмальних заводів відстає від потреб. Тому все більш широке застосування знаходить комбінована переробка картоплі на спирт і крохмаль на спиртових заводах, розташованих в районах картоплярства [11].

1.2 Виробництво, площі та врожайність картоплі

Сьогодні картопля є однією з найбільш широко вирощуваних культур, і використовується для багатьох речей, в тому числі виробництва алкоголю, кормів для тварин, зневоднених продуктів харчування (розчинна картопляне пюре), заморожені продукти (заморожені картопля-фрі і готові до вживання заморожені картопляні оладки), комерційний крохмаль, і, звичайно, свіжий картопля для варіння, випічки і смаження. Розглянемо найбільших виробників картоплі.

Китайський уряд прагне збільшити національне виробництво картоплі, так як картопля є більш вигідним до вирощування в розрахунку на 1 акр, ніж інші основні культури, такі як зерно, боби і бавовна.

Однак, китайська картопля не має високих врожаїв. Незважаючи на це, Китай вирощує 88,99 млн тонн картоплі на рік, що становить 22% від загального обсягу виробництва картоплі в світі. В останні кілька десятиліть китайський внутрішній попит на картоплю росте повільно. Тільки 10-15% врожаю використовується для обробки картоплі, в основному для виробництва чіпсів і замороженої картоплі-фрі. Але в Європі споживання картоплі тільки росте, і це допомагає подальшій індустріалізації картопляної галузі в Китаї [39].

Індія – 45, 34 млн. тонн. Виробництво картоплі в Індії вибуховими темпами почало зростати з середини 20-го століття, і збільшилось на 850% з 1960 по 2000 рік. Все більше представників середнього і вищого класу людей досягають високого рівня доходів, що дозволяє харчуватися більш різноманітними продуктами харчування, включаючи фаст-фуд, де картопля є основним продуктом [39].

Україна виробляє 22,26 тонни картоплі на рік. Історично склалося, що українці в основному вирощують картоплю для того, щоб потім використовувати на крохмаль та у виробництві спирту.

Картопля стала одним з основних продуктів в українській дієті з початку 20-го століття. Сьогодні споживання на душу населення становить 136 кілограмів на рік - це один з найвищих показників у світі. В Україні розташовано 30% світового "чорнозему". Типи ґрунтів добре підходять для сільського господарства, і, отже, посіви картоплі мають виключно високі врожаї. Проте, Україна має багато проблем зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур.

Картопля в Сполучених Штатах Америки - провідна овочева культура, і становить 15% від всіх фермерських продажів овочів. У США щорічно вирощується близько 19,84 млн. тонн, більше половини з цієї картоплі йде на виробництво крохмалю, чіпсів, кормом для тварин і інших продуктів їх переробки.

Картопляна промисловість Франції (6,98 млн. тонн) залишалася за останні кілька десятиліть практично без змін. Незважаючи на повільне зниження внутрішнього споживання, картопля залишається найпопулярнішим овочем в країні [39].

Картоплю вирощують на всій території України. Найбільші площі під картоплею розташовано в Вінницькій, Київській, Львівській, Житомирській та Волинській областях (рис.1.1). Середня врожайність картоплі в Україні станом на 2019 рік досягає 154,6 ц/га. Найвищі врожаї в 2019 році отримано в Рівненській та Полтавській областях – понад 180 ц/га, трохи менш – близько 170 ц/га в Вінницькій, Житомирській та Чернігівській областях [33].

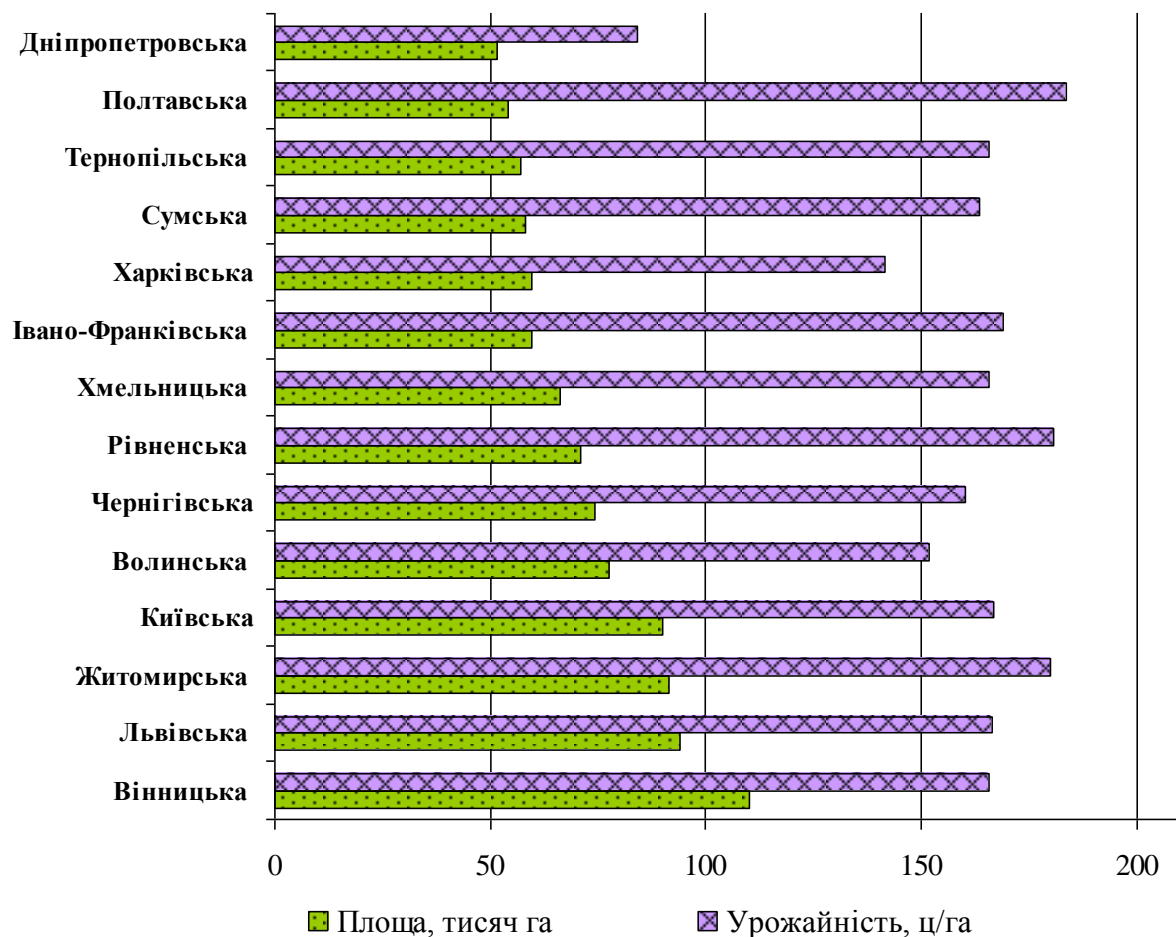


Рисунок 1.1 – Врожайність картоплі в Україні та площі в розрізі областей, що мають більше 50 тис. га під цією культурою станом на 2019 рік

Розглянемо більш детально динаміку виробництва картоплі в Україні по роках (табл. 1.2). Врожайність картоплі в 2018 і 2019 роках становила 170,5 і 154,6 ц/га відповідно (табл. 1.2), у порівнянні – в 2000 році врожайність становила 121,6 ц/га.

Таблиця 1.2 – Динаміка виробництва картоплі в Україні

1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Площа, з якої зібрано картоплю, тисяч га									
1429	1532	1629	1514	1408	1291	1312	1323	1319	1308
Виробництво, тисяч тонн									
16732	14729	19838	19462	18705	20839	21750	22208	22504	20223
Урожайність, ц з 1 га площі									
116,8	96,2	121,6	128,4	132,5	161,4	165,8	167,8	170,5	154,6

В останні роки площі під картоплею в Україні не змінюються. Під урожай картоплі 2018 і 2019 року, за даними Державної служби статистики України, було засіяно 1319 і 1308 тисяч га відповідно [33].

Як площі в останні роки не змінюється, так і валовий збір коливається в межах 20000-22000 тисяч тонн. В першу чергу це пов'язано з біологічними особливостями картоплі. Врожайність картоплі в 2018 і 2019 роках становила 170,5 і 154,6 ц/га відповідно (табл. 1.2), у порівнянні – в 2000 році врожайність становила 121,6 ц/га.

Вирощування картоплі потребує комплексного підходу до циклу виробництва. Рентабельність вирощування цієї сільгоспкультури в середньому по Україні в минулому році склала 40-60%. У свою чергу, за умови дотримання технології вирощування і налагодженою схемою збуту можна домогтися 100-250% рентабельності [37].

1.3 Сучасний стан генетико-селекційного поліпшення сортів картоплі

Найважливіше завдання селекціонерів - отримання високоврожайних сортів і форм, стійких до пестицидів, хвороб і шкідників. Сучасний напрямок селекції - створення сортів з неспецифічної стійкістю. Це стосується особливо імунітету до різних рас і типів фітопатогенів.

У порівнянні з іншими культурами (кукурудза, соя, пшениця, бавовник, сорго, ячмінь, горох), зростання врожайності яких останнім століттям на 60-90% обумовлене їх селекційним поліпшенням, продуктивність картоплі значно слабкіше порушена селекційним процесом. Це пояснюється кількома причинами. По-перше, картопля досить пластична культура, добре відгукується на поліпшення умов вирощування. По-друге, селекція була спрямована на виведення в основному ранньостиглих і середньостиглих сортів, які менш урожайні, ніж пізньостиглі сорти, через більш швидкого старіння бадилля. По-третє, досить складно комбінувати продуктивність, стійкість і споживчі властивості картоплі. Значна частина врожаю картоплі (в США більше 50%) піддається переробці. Для виробництва чіпсів, консервів, заморозки і висушування використовують картопля певної якості. В результаті вимоги маркетингу сильно звужили генетичну базу для підвищення продуктивності [27].

Сортооновлення важливо ще й тому, що, незважаючи на періодичне оновлення, рослини картоплі, що розмножуються вегетативно, з кожним роком стають старше. У підсумку це призводить до зниження продуктивності і стійкості сорту.

Розвиток картоплярства України ґрунтується на досягненнях науково-технічного прогресу. Одні з основних напрямків - це селекційно-генетичні розробки, проблеми вдосконалення технології і виробництва продовольчого і насіннєвого картоплі, забезпечення високої якості бульб.

За останнє десятиліття в підвищенні врожайності сільськогосподарських культур зросла роль сорту. За підрахунками фахівців,

збільшення врожайності в світовій практиці землеробства в цілому забезпечується в рівній мірі, як за рахунок агротехніки, так і впровадження нових, більш досконалих сортів і гібридів.

Українська селекція не стоїть на місці, вітчизняні селекціонери проводять відповідні дослідження, розробляють нові сорти картоплі і реєструють їх. У Державному реєстрі сортів рослин України станом 19 серпня 2019 року налічується біля 160-170 сортів картоплі, з них вітчизняної селекції близько 60% [36].

Врожайність сучасних сортів може становити 350-500 ц/га. Сьогодні у виробництві використовуються як нові сорти – Тоскана (внесений до реєстру в 2015 році); Леді Анна, Катанія, Людмила, Люсінда (внесені до реєстру в 2018 році); Берніна, Медісон, Авангард, Фотинія, Парролі, Балтик Роза (внесені до реєстру в 2019 році), так й ті сорти картоплі, що вже багато років з успіхом використовуються: Романо (внесений до реєстру в 1980 році), Світанок київський та Лугова (внесені до реєстру в 1978 році), Кобза (внесений до реєстру в 1995 році).

Низку сортів картоплі, створених в Інституті картоплярства, занесене в Реєстри зарубіжних країн: Росії - Повінь, Серпанок, Світанок київський, Луговська; Білорусі – Луговська і Кобза; Латвії - Бородянська рожева [34].

Розглянемо деякі з вище вказаних сортів більш детально.

Сорт «Синьоока». Мабуть, «Синьоока» є одним з найбільш популярних сортів картоплі в Україні. Середньостиглий. Бульби великі, овальної і злегка плескатої форми. Мають масу до 200 грам. Шкірка рожевою забарвлення з яскраво вираженим синьо-фіолетовим відтінком. Вічки насиченого темно-синього кольору, звідки і пішла назва сорту. На зрізі м'якоть біла.

Вміст крохмалю невисокий (близько 15 відсотків), але зате даний сорт має високу врожайність і відмінний смак. Крім усього іншого рослина демонструє хорошу стійкість до різних захворювань. При цьому рослина росте потужною, з міцними стеблами і має добре розвинену кореневу систему і рясну зелену масу. Перший урожай можна знімати вже в червні.

Приготована картопля розсипчаста, тому ідеально підходить для пюре і випікання. Має ніжний приємний смак.

«Світанок кийвський» - середньоранній сорт, універсального використання, відрізняється високою врожайністю. Середній термін дозрівання коренеплодів становить 70-90 днів. Рослина має високий імунітет до картопляного раку і щодо стійке до фітофтори. Рідко уражається ризоктоніозом, вірусними хворобами, паршею звичайною і чорною ніжкою. Коренеплоди покриті гладкою рожевого кольору шкіркою. Мають округлу, вирівняну форму. Вічка поверхневі і дуже дрібні. М'якоть кремово-білого кольору. Містить крохмалю не більше 20,5%.

Сорт картоплі «Тоскана» - високоврожайний середньостиглий столовий сорт, виведений німецькими селекціонерами. Оригінація - фірма Solana, що спеціалізується на виробництві перспективних гібридів овочів. Сорт рекомендований для промислового або аматорського вирощування, бульби можна висаджувати на будь-яких ґрунтах, в регіонах з помірним, континентальним, різко континентальним кліматом. Картопля підходить для продажу, виробництва напівфабрикатів (заморожених скибочок-фрі, супових сумішей, чіпсів). Вегетаційний період - 70-90 днів. Врожайність залежить від кліматичних умов і поживності ґрунту, коливається від 210 до 400 центнерів з гектара. Максимальна зафіксована врожайність - 460 центнерів з гектара. Картопля дозріває дружно, перші бульби можна підкопувати вже в середині літа, але основний збір варто перенести на кінець вегетаційного періоду.

Картопля «Фотинія» - сорт середньостиглої терміну дозрівання, один з найновіших творів української селекції. Проходить державне випробування з 2016 року. Картопля подовжено-овальної форми, вирівняний, вічка поверхневі. Шкірка гладенька, червоного кольору. М'якоть на зрізі біла. Вміст крохмалю в цій картоплі знаходиться в межах 16-17%. Дуже добре поєднується з будь-якими овочами, рибними і м'ясними закусками. Придатна для варіння, смаження і супів. Картопля Фотинія стійкий до раку картоплі,

відносно стійкий до стеблової нематоди, до мокрої бактеріальної гнилі, до парші звичайної [37].

Оригіатор сорту картоплі «*Medison*» - Europlant Pflanzenzucht GmbH (Німеччина). Сорт внесений до Державного реєстру в 2019 році. Загальна характеристика: ранньостиглий столовий сорт картоплі німецької селекції з округлими бульбами. Період дозрівання (вегетації): 65-75 днів. Вміст крохмалю: 15,4-20,8%. Маса товарних бульб (грам): 100-130. Кількість бульб у кущі: 7-12 штук. Урожайність (ц/га): 279-320 (максимальна - 339). Споживчі якості: хороший смак, підходить для варіння, запікання і приготування пюре, може використовуватися для виробництва чіпсів. Лежкість (здатність до зберігання): 94%. Сорт стійкий до раку картоплі, золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди, зморшкуватою полосчатою мозаїці і скручування листя. Сприйнятливий до фітофторозу по бадиллі і помірно чутливий по бульб. Особливості вирощування - стандартна агротехніка [36].

Картопля «*Людмила*» - ранньостиглий, столового призначення. Оригіатор – Німеччина, SOLANA GMBH & CO KG/ Включений в Державний реєстр з 2019 року. Рослина середньої висоти, стеблового типу. Товарна врожайність 188-430 ц/га. Врожайність на 45-й день після повних сходів (перша копка) 99-124 ц/га, на рівні стандарту, на 55-й день (друга копка) - 119-186 ц/га, на рівні і на 39 ц/га вище стандарту. Максимальна врожайність 447 ц/га. Бульба подовжена з дрібними вічками. Шкірка жовта. М'якоть світло-жовта. Маса товарної бульби 111-280 г. Вміст крохмалю 13,3-16,9%. Смак відмінний. Товарність 85-97%. Лежкість 94%. Картопля Людмила стійка до збудника раку картоплі, золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди та середньо стійка до збудника фітофторозу [38].

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

2.1 Морфологічні особливості росту та розвитку картоплі

Листя картоплі переривчасто-непарноперисторозсічені. Листові пластинки мають мезофільну структуру. Мезофіл представлений палісадні і губчастої паренхіми. Палісадна тканину займає від 1/3 до 1/2 товщини листа. У кожній палісадні клітці хлоропластів в 1,5-2,5 рази більше, ніж в губчастої; загальна кількість хлоропластів палісадні тканини становить до 70% від суми пластид листа. А.Т. Мокроносів [16] з співробітниками встановили, що фотосинтетичний метаболізм вуглецю в тканинах якісно не відрізняється. Однак в палісадні тканини виявлено посилений синтез крохмалю, а в губчастої - сахарози. Губчаста тканина більшою мірою, ніж палісадна, спеціалізована на завантаження закінчень флоєми і транспорт асимілятів з листа.

Мезофіл листа картоплі швидко адаптується до факторів середовища. При вирощуванні рослин при дефіциті вологи або мінерального живлення зменшується обсяг палісадних клітин і збільшується сумарна кількість мезофілльних клітин в розрахунку на одиницю площі листа. При затіненні кількість і довжина палісадних клітин зменшуються.

Лист картоплі густо пронизаний жилками, що сприяє постачанню клітин мезофіла водою, мінеральними елементами і відтоку продуктів фотосинтезу. Структура жилок і черешка листа залежить від умов проростання рослин. Наприклад, при несприятливому водному режимі ґрунту (посуха або надлишок вологи) відзначали зменшення кількості та скорочення діаметра судин в пучках паростка.

Стебло картоплі в вузлах чотиригранної форми, з вираженим потовщенням, в міжвузлях - тригранний. На поперечному зрізі від периферії до центру розташовуються такі тканини: епідерміс, який в надалі

замінюється перидермою з черевичками; первинна кора з хлорофілоносною паренхімою, коленхіма, безбарвні паренхіми; ендодерма, клітини якої містять багато крохмальних зерен. За ендодермою розташований комплекс тканин, що утворюють центральний осьовий циліндр.

Столони картоплі - латеральні пагони, сформовані базальними нирками під поверхнею ґрунту. структура столону адаптована до транспорту асимілятів і води. Він має зовнішню і внутрішню флоему, однотипні судинно-волокнисті пучки. Центральна частина заповнена серцевинною паренхімою з великими тонкостінними клітинами.

Столон, як і стебло, має вузли і міжвузля, росте в довжину верхівкою. Довжина столонів впливає на розмір бульбове гнізда в межах куща картоплі. У більшості сортів довжина столону від 5 до 10 см. За даними А.М. Макарова [15], у бульбо утворюючих столонів зростання в довжину припиняється, коли в генеративній сфері головного надземного пагону починаються процеси мікро- і макроспорогенезу. З цього періоду лінійне зростання столона переходить в об'ємний, тобто в бульбоутворення.

Бульба - видозмінений пагін, що утворюється при розростанні субапикальної частини столона. Поверхня бульби покрита пробкою. Товщина пробки - генетична ознака; вона варіює залежно від сорту від 50 до 500 мкм, що відповідає 6-19 верствам клітин. У процесі росту бульби суберінізація периферійних клітин перидерми йде від його заснування (пуповини) до верхівки.

Одночасно з утворенням перидерму під устьїцями бульби починають формуватися чечевички - майбутні отвори в пробкової тканини, забезпечують приплив кисню в глибинні тканини. їх кількість варіює від 70 до 150 на один бульба і залежить від розміру бульби, типу ґрунту і погодних умов.

На свіжих поперечних або поздовжніх зрізах бульби в центрі видно товща клітин, що утворюють серцевину. Периферійну частину серцевини називають перимедулярною зоною. Клітини цієї зони інтенсивно

діляться при розростанні бульби. Відкладення в запас асимілятів у вигляді крохмальних зерен здійснюється в паренхімних клітинах бульби, які в сукупності формують його запасуючу тканину. Ця тканина є результатом діяльності перициклу, камбію і клітин перимедулярної зони серцевини. Запасуюча тканину становить майже всю масу бульби. У пізньостиглих сортів клітини запасуючої тканини крупніше, ніж у ранньостиглих. Пуповинна частина бульби містить крохмалю більше, ніж верхівка, проте по розміром крохмальних зерен пуповинна частина поступається верхівці бульби.

Умови вирощування впливають на формування тканин бульби, кількість і величину крохмальних зерен. Азотні і фосфорні добрива сприяють збільшенню товщини пробки і розміру клітин запасуючою паренхіми.

Порушення водного режиму ґрунту (посуха або надлишок вологи) призводить до зменшення товщини кори. Хоча обсяг крохмальних зерен залежить від умов зростання картоплі, вплив зовнішніх факторів може перебиватися сортовими ознаками. Величина крохмальних зерен корелює зі зрілістю бульби. Повністю сформовані бульби містять більше великих зерен [27].

Морфофізіологічними характеристиками бульб є число і розташування очок. У культурного картоплі переважно дрібне закладення очок, а кількість їх залежить від сорту. На апікальній частині бульби більше очок, ніж на базальної. При розростанні бульби в ширину і товщину збільшується відстань між очима, тому кулясті бульби мають менше очок на одиницю маси і одиницю поверхні бульби. Бульби з меншим числом очок формують більший урожай, а бульби з великим числом очок - більше число пагонів. У більшості випадків утворюється 3-5 стебел.

Біологічної особливістю картоплі є неодноразовий зростання бадилля і бульб. На початку росту пагонів і до моменту цвітіння, в основному, збільшується маса надземної частини рослин; після цвітіння і до початку

в'янення бадилля йде інтенсивний ріст бульб. У період відмирання бадилля зростання бульб завершується. На розвиток бадилля і бульб, в першу чергу, впливають умови вирощування, по-друге, розвиток і поширення шкідників і хвороб.

Залежно від сорту форма бульб сильно розрізняється - від подовжено-овальної до круглої. Колір м'якоті жовтий, креманий або білий, а шкірки - світлий, фіолетовий, рожевий, охристий або червоний. Округлі бульби з білою або жовтою м'якоттю, як правило, відрізняються великим вмістом сухих речовин в біомасі.

Коренева система картоплі має три типи коренів: головний, боковий, придатковий. Головний корінь розвивається при вирощуванні рослин з ботанічних насіння. В подальшому на базальній частині стебла сіянцю формуються додаткові корені. Якщо ж рослина вирощується з бульби, то додаткові корені утворюються на нижній частині формуються стебел.

Перші зачатки коренів на паростках бульби з'являються, коли паросток досягає 3-5 мм товщини. Діаметр коренів картоплі від 1 до 3 мм. При пророщування бульб на світлі корені починають галузитися на ранній стадії формування, і при посадці в ґрунт утворюється потужна коренева система. На столонах в міру їх зростання в вузлах формуються додаткові коріння діаметром 0,3-1 мм. Кількість столонів коренів залежить від вологості ґрунту, при сприятливому зволоженні їх число збільшується.

Основна маса коренів (60-80%) знаходиться в орному шарі. Пізньостиглі сорти утворюють більш потужну і глибше проникає кореневу систему, ніж ранньостиглі. Між масою коренів, глибиною їх проникнення в ґрунт і масою бадилля існує позитивна кореляція. Квітки зібрані в суцвіття, що представляє собою складний завиток, розташований на загальному квітколоже різної довжини. Схильність до цвітіння залежить від сорту і фотоперіодичних умов.

Насіння складається з зародка, ендосперму і оболонки. Зародок складається з двох сім'ядоль, гіпокотилу і корінця; оточений ендоспермом, клітини якого містять жири і білки.

Плід - двугнездна ягода, куляста, овальна або конічна, утворена двома плодолистками. З тканини плаценти утворюється м'якоть зрілого плода, в яку занурені насіння.

Картоплю порівняно рідко вирощують з ботанічних насіння, в основному в селекційно-генетичних цілях. При проростання насіння сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту за рахунок подовження гіпокотилу. Зародковий корінь розвивається як головний, який незабаром утворює бічні корені. Перші справжні листя овальне, покриті волосками. Коли рослина досягає висоти всього декількох сантиметрів, в пазухах сім'ядолей починають формуватися столони. Столони вростають в ґрунт і утворюють дрібні бульби [20].

До появи сходів і створення органів автотрофного харчування материнський бульба служить джерелом енергопластичних речовин для ростових процесів. Проростання починається з верхніх вічок, причому в зростання рушає зазвичай одна нирка вічка. Якщо з'явилися паростки обламати, то в цих же очках пробуджується друга нирка, а якщо видалити і цю, то проростає наступна. На освіту паростків витрачаються пластичні речовини.

Обламування паростків пророслих бульб при посадці негативно позначається на зростанні і розвитку картоплі. Пошкоджені бульби проростають швидше, ніж неушкоджені, через втрати разом з шкіркою інгібіторів росту, більш інтенсивного дихання.

Ощадливе прибирання та сортування, низькі температури при зберіганні (2-3°C) сприяють підтримці стану спокою бульби. За допомогою різних хімічних речовин можна регулювати тривалість періоду спокою клубнів, впливати на фізіологічний стан посадкового матеріалу.

Органогенез картопляної рослини включає 12 етапів [12]. Розглянемо їх більш детально.

I. Проростання бульби або насіння, при якому конус наростання зародкового стебла має форму гладкого овального горбка.

II. Закладення нирок, які формують підземні пагони.

III. Формування горбків зародкових вузлів і міжвузлів майбутнього суцвіття.

IV. Освіта на зародковій осі суцвіття квіткової горбка.

V. Початок освіти квітки, формування в пильовиках археспоріальної тканини.

VI. Початок репродукції, процеси мікро- і макроспорогенезу; індукція процесу розростання клітин тканин субапикальної частини столону.

VII. Формування одноядерного пилку (гаметогенезу); зростання покривних частин квітки.

VIII. Формування двоядерного пилку; формування бутона (бутонізація).

IX. Запліднення і освіти зиготи (цвітіння).

X. Визначається будова ягоди і насіння, характерне для картоплі.

XI. Продовження процесу диференціювання зародка і ендосперму, накопичення поживних речовин в насінні.

XII. Завершення диференціювання зародка і ендосперму.

Нирки, що формують підземні пагони, закладаються на II етапі органогенезу, коли конус наростання має 2-5 зачатків листя на 2-5 вузлах метамерів. Згідно Ф.М. Куперман [12], на цьому етапі онтогенезу конус наростання визначає вегетативну сферу (розгалуження) рослини. Нирки бічних пагонів надземної частини стебла формуються після нирок спеціалізованих пагонів вегетативної репродукції.

Як генетично детермінований процес утворення органів, утворення бульб проявляється в оптимальних для росту і розвитку умовах на певному етапі органогенезу. Об'ємний (радіальний) зростання в субапикальній

частини столона починається на VI етапі органогенезу, коли в генеративній сфері йдуть процеси мікро- і макроспорогенезу. З переходом до об'ємного зростання лінійне зростання столона припиняється.

Слід зазначити, що не всі столони формують бульби, ті що утворюють - відрізняються кращим розвитком ксилеми, великим числом і розміром крохмальних зерен. Це свідчить про більш інтенсивному припливі асимілятів в субапикальну частину бульбоутворюючих столонів. Переважна більшість селекційних сортів виду картоплі проявляють нейтральну фотоперіодичну реакцію утворення бульб. Це означає, що процес переходу столону в бульбу не залежить від тривалості дня. Лише у невеликої групи сортів під впливом короткого фотоперіоду накопичення маси бульб посилюється.

Бульбоутворення - складний процес, що включає дослідження столонів, індукцію і дослідження бульб, їх подальше зростання і дозрівання. Як уже зазначалося, нирки, що формують підземні пагони (столони), закладаються на II етапі органогенезу.

Початок закладення нирок, які формують столони, не залежить від фотоперіоду. Природа цього фактору до сих пір не встановлена. У нейтральній групі видів, форм і сортів картоплі процес утворення бульб детермінований, так як освіта листового фактору не залежить від тривалості фотоперіоду. У цих рослин реалізується принцип автономного механізму, аналогічний встановленому М.Х. Чайлахяном [26] для процесу цвітіння.

У проміжних (кількісних по фотоперіодичною реакції бульбоутворення) рослин освіту листового фактору, мабуть, відбувається і в умовах довгого дня, але з низькою інтенсивністю світла. Короткий фотоперіод лише підсилює цей процес. Гормони впливають на стан субапикальної зони столону, яка, розростаючись радіально, переходить в бульбу.

Початок розростання столонів характеризується підвищенням рівня активності цитокінінів на тлі. Відомі фотогормони, мабуть, не є

безпосередніми індукторами бульбоутворення, але регулюють ділення і зростання клітин, диференціацію тканин, сприяють створенню атрагівуючої сили, що є основою припливу асимілятів і води в бульби.

2.2 Вимоги картоплі до ґрунтово-кліматичних умов та мінерального живлення

Картопля за своїм ботанічним походженням - рослина помірно-прохолодного клімату із середніми річними температурами між 6 °С та 10 °С і відносно високою вологістю повітря. Межі вирощування його обумовлені, з одного боку, чутливістю до морозу, з іншого - до високих температур.

Так як картопля різних груп стиглості відрізняється по довжині вегетаційного періоду (від 60 до 170 діб), вона може добре пристосовуватися до різних кліматичних умов. Незважаючи на чутливість до заморозків, її обробляють в більш північних регіонах і на великих висотах, ніж зернові.

Бадилля картоплі вимерзає при температурах від -1,5 °С до -1,7 °С, бульби - при температурі ґрунту від -1 °С до -2 °С. Навесні, при температурі нижче -2 °С, бадилля гине, ніс встановленням позитивних температур знову відростає, проте в цих випадках різко знижується урожай бульб через уповільненого розвитку рослин.

Картопля починає рости, коли температура ґрунту досягає 8 °С, а висаджена пророслими бульбами - при 4 °С..6 °С. У фазі росту і утворення бульб оптимальна середньодобова температура ґрунту 17 °С (денна 20 °С і нічна - 12 °С ... 14 °С) при 50% повної польової вологості. Ріст і розвиток рослин картоплі стримується, якщо температура підвищується до 29 °С..30 °С. Бульби при цьому не утворюються або стають м'якими, їх м'якоть чорніє від викликаних спекою некрозів і при їх проростанні виникають ниткоподібні паростки. Оптимальна середньодобова температура повітря для асиміляції картоплі близько 20 °С (денна 25 °С, нічна 16 °С). При

температурі вище 30 °С рослини картоплі сильно пригнічуються. Сума температур для проростання ранніх сортів картоплі становить 1000 °С ... 1400 °С, для більш пізніх - 1400 °С ... 2000 °С [28].

На відміну від багатьох інших культур господарсько-корисна частина врожаю картоплі формується під поверхнею ґрунту. При розгляді питання вологозабезпечення картоплі і оптимальної вологості ґрунту слід враховувати високу чутливість молодих бульб до аерації, яка залежить від типу ґрунту і знижується в міру підвищення вмісту в ній води. Зниження концентрації води в середовищі до 10-15% призводить до різкого пригнічення росту бульб. Оптимальний вміст води для росту рослин і освіти високого врожаю бульб на легких ґрунтах - 75-80 % від найменшої вологоємності, середніх - 70 і важких - 50-60 % від найменшої вологоємності.

Опади в першій половині вегетації посилюють зростання бадилля, в період бутонізації позитивно впливають на число бульб в гнізді, в другій половині вегетації - на масу бульб. Високі врожаї картоплі одержують на культурних ґрунтах при 300 мм опадів, більша частина яких випадає в період бутонізації та початку формування бульб і забезпечує вологість ґрунту після бутонізації, рівну 70-75 % від найменшої вологоємності. Дефіцит води в період від початку бульбоутворення до дозрівання бульб може істотно гальмувати процес формування врожаю. На легких піщаних ґрунтах щотижневий полив повною нормою давав прибавку врожаю до 1,5 т/га на кожен сантиметр води [27].

Надмірне зволоження ґрунту, як і нестача води, сильно впливає на водний обмін і продуктивність картоплі. Бульби виходять дрібними, з низьким вмістом сухої речовини і крохмалю, посилюється поразка рослин хворобами. Порушення водного режиму призводять до гальмування зростання бульб. При перезволоженні ґрунту спостерігається різке зниження транспірації, зменшується обводненню тканин, збільшується водний дефіцит листя, змінюється співвідношення вільної та зв'язаної води.

Надмірне зволоження викликає порушення загального метаболізму, підсилює анаеробне дихання кореневої системи. В результаті знижується інтенсивність поглинання основних елементів мінерального живлення, зокрема азоту. Це гальмує синтез і оновлення зелених пігментів, білків, призводить до порушення хлорофіл-білкових комплексів. Істотно знижуються продуктивність роботи одиниці хлорофілу і приріст біомаси рослин.

Картопля - культура "пухких" ґрунтів. Найбільш придатні для неї легкі та супіщані, суглинкові ґрунти, в які легко проникає волога та повітря і які містять достатню кількість поживних речовин. Щільність ґрунтів для гарного росту і розвитку рослин повинна бути в межах 1-1,2 г/см. куб. На щільних, важких ґрунтах поява сходів затримується на 5-6 днів, рослини відстають у рості, мають меншу асиміляційну поверхню, знижується врожайність, а бульби деформуються, коренева система поверхнева і погано розвивається. Картопля найкраще росте при слабо-кислій і нейтральній реакції ґрунтового розчину (рН 5,2-7). Важкі карбонатні ґрунти мало придатні для картоплі.

Картопля висуває підвищені вимоги до ґрунту. Ні в однієї іншої культури величина врожаю й особливо збирання не залежать так сильно від водно-фізичних властивостей ґрунту й рівня її родючості.

Для насичення ґрунту достатньою кількістю кисню, його потрібно утримувати в досить розпушеному стані з об'ємною масою не більше 1,0-1,2 г/см³. У перезвожених, ущільнених ґрунтах вміст кисню зменшується до 2 %, а вміст вуглекислого газу різко збільшується. За таких умов бульби задихаються і загнивають. На ущільнених ґрунтах погано розвиваються столони, картопля формує дрібні, деформовані бульби [14].

Потреба бульб, що проростають, у кисні в багато разів більше, ніж у насінні інших рослин. Нестача кисню в ґрунті може привести до загибелі бульб, що проростають, а в більше пізній період і дорослі рослини.

Для росту й розвитку картоплі необхідно підвищена кількість поживних речовин. У складі сухої речовини картоплі налічується 26 різних

хімічних елементів. Найбільше потрібні картоплі азот, фосфор, калій, кальцій й магній. Потреба в елементах харчування зростає в міру росту бадилля й досягає максимуму у фазу цвітіння. Картопля відноситься до калієлюбивої культури, на 1 тону бульб він виносить із ґрунту 5 кг азоту, 2 кг P_2O_5 й 9 кг K_2O . З початком відмирання бадилля потреба в елементах харчування поступово зменшується й після її засихання припиняється.

При високій агротехніці в основній зоні оброблення із урожаєм картоплі на кожні 100 ц бульб і відповідна кількість бадилля виноситься 40-60 кг N, 15-20 кг P_2O_5 й 70-90 кг K_2O .

Картопля володіє слаборозвиненою кореневою системою й у перший період росту погано засвоює важкорозчинні живильні речовини із ґрунту. Це обумовлює підвищену чутливість картоплі на внесення добрив. Також, ефективність добрив залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки й сорту картоплі.

Картопля добре відзивається на внесення гною на всіх ґрунтах, але найбільш високого збільшення врожаю від гною одержують на дерново-підзолистих ґрунтах, особливо піщаних і супіщаних. На потужних чорноземах південних і південно-східних.

Середня норма гною під картоплю на дерново-підзолистих ґрунтах - 30-40 т на 1 га, на чорноземах - 15-20 т на 1 га. Поряд із гноєм під картоплю можна вносити торф'яногнійни, торф'яножижеві, торфофекальні й інші компости.

2.3 Характеристика найбільш поширених шкідників та хвороб

Шкідники і хвороби картоплі це перше що веде до зниження врожаю, на ряду з цим знижується його якість і втрати при зберіганні. У разі несвоєчасного та неякісного захисту картоплі, врожай бульб знижується на

28-50% і більше. Втрати картоплі при зберіганні в результаті розвитку мокрій і сухої гнилі та інших хвороб часто досягають 30- 40% [7, 22].

В основі нової стратегії боротьби з шкідниками і хворобами лежить інтегрована система захисту рослин, яка ґрунтується на тому, що поряд з хімічними та біологічними методами знищення паразитів картоплі застосовується цілий комплекс агротехнічних і технологічних заходів, який включає і нові сорти картоплі.

На картоплі зареєстровано близько 50 шкідливих комах, а також понад 80 хвороб картоплі [22]. Найбільш небезпечними шкідниками на картоплі є: колорадський жук, картопляна міль, дротяники, несправжні дротяники, личинки пластинчатовусих жуків, гусениці підгризаючих совок, капустянка і ін.

Дротяники й несправжні дротяники проробляють в бульбах ходки - червоточини. При чисельності цих шкідників в ґрунті в 5-6 екземплярів на один квадратний метр пошкоджується 80% бульб.

Личинки хрущів роблять круглі або витягнуті ямки в бульбах. Вони виїдають м'якоть разом з шкіркою, що відрізняє характер їх шкоди від пошкоджень совками. Ушкоджують картопля личинки хрущів, починаючи з другого року життя.

Капустянка в основному пошкоджує бульби, так само виїдаючи м'якоть картоплі разом з шкіркою, при цьому невеликий бульба може з'їсти цілком. При значній чисельності цього шкідника втрати врожаю можуть досягати 30%.

Підгризаючі совки, а точніше їх гусениці вражають стебла картоплі трохи глибше рівня ґрунту. Личинки вигризають м'якоть, не пошкоджуючи шкірки на відміну від личинок жуків.

Картопля уражається так само сисними комахами, по-перше, що вони пошкоджують це листя. Пошкодження павутинним кліщем характеризують явища жовтуватих або іржавих дрібних плям і смуг на протязі жилок. Місце смоктання буріє, підсихає, а зів'яз - частка звисає.

Коли картопля виростає ближче в кінця вегетації (друга половина червня - початок липня) картопля пошкоджують картопляні і серцевинні совки. Гусениці совок вгризаються в нижню частину стебла, проробляючи всередині хід до верхньої частини. Стебла після цього в'януть і обламуються.

Останнім часом на картоплі зростає шкідливість багатьох широко розповсюджених хвороб: фітофтороз, альтернаріоз, парша звичайна, суха і мокра гниль, чорна ніжка, стеблова нематода та ін.

На ефективність картоплярства сильно впливають численні вірусні хвороби. Ці захворювання, в залежності від виду вірусу, погодних умов, агротехнічних заходів, терміну прояви інфекцій і стійкості до них сортів викликають значне зниження врожайності (на 20-80%) і вмісту крохмалю в бульбах (на 1-2%). Особливо небезпечні віруси, що викликають скручування листя, деякі віруси утворюють некрози в бульбах.

У хворих рослин сильно пригнічується фотосинтетична активність листя, знижуються синтез і накопичення цукру, зменшується вміст зелених і жовтих пігментів. Вони відстають від здорових (безвірусних) рослин за швидкістю зростання листової поверхні і сумарному (за весь період вегетації) фотосинтезу. Інтенсивність дихання, виміряна в різні періоди онтогенезу, в середньому на 15-20% вище у інфікованих рослин.

У вегетативно розмножуємо картоплі основним джерелом інфекції є хвора матковий бульба. Тому для посадки слід використовувати тільки оздоровлений матеріал і стійкі сорти. Схеми промислового оздоровлення сортів картоплі включають: отримання регенерантів, вільних від вірусної інфекції, з верхівкових меристем; їх прискорене розмноження, збереження колекції оздоровлених сортів *in vitro*. Розробка методу отримання безвірусного матеріалу стала можливою завдяки накопиченим знанням з регулювання морфогенезу, зростання і розвитку картоплі, застосування сучасних біотехнологій. Всі етапи створення безвірусного насінневого матеріалу повинні супроводжуватися аналізами на наявність вірусу.

Віруси, що вражають картоплю, переносяться в основному попелицями. Інфекційну ланцюг вірусних хвороб можна перервати профілактичними агротехнічними заходами (раннє знищення бадилля, фітопрочистки) і знищенням переносників за допомогою інсектицидів. Цьому також сприяє вирощування стійких до вірусів сортів. Обробіток стійких сортів картоплі - економічно найвигідніше і екологічно ефективний захід у боротьбі з хворобами і шкідниками.

Тому виведення стійких сортів картоплі - одна з головних задач селекціонерів, яка успішно вирішується при використанні в якості донорів стійкості диких примітивних культурних видів, міжвидових гібридів і перспективних сортів.

Фітофтороз, на жаль, як і раніше є найбільш шкідливою хворобою. Фактори які впливають на рівень ураження це погодні умови терміни появи хвороби на картоплі, загальна агротехніка вирощування. Чим раніше фітофтора вражає картоплю, тим більше врожаю можна недобрати. Коли фітофтороз розвиватися в кінці вегетації картоплі, він не викликає сильного зменшення врожаю, але якщо при збиранні виникли проблеми то зараження здорових бульб хворими може викликати втрати врожаю. Втрати врожаю від цієї хвороби може досягати 70% [33].

Альтернаріоз картоплі може так само як і фітофтороз привести до значних втрат врожаю. Зазвичай картопля уражаються альтернаріоз перед початком клубнеутворення. Поширюється вона вогнищами. В основному уражається бадилля, а втрати врожаю від цього досягають 20-25%, до того ж знижується рівень крохмалю на 1,5-3 %. Середньостиглі та пізні сорти більш схильні до дії альтернаріозу.

Значну загрозу насінництва викликає ризоктоніоз. Відсутність стійких до цієї хвороби сортів і ефективних протруйників насінневого матеріалу призводить до того, що на перезволожених ґрунтах на паростках, столонах, коренях, підземних частинах стебел з'являються коричневі плями або виразки [7].

Останнім часом на бульбах картоплі спостерігається зростання шкодочинності звичайної парші. Найбільш сприятливими умовами розвитку хвороби є: суха і спекотна погода, нестача вологи в ґрунті в період утворення бульб. Залежно від ступеня ураження бульб урожай знижується, зменшується зміст крохмалю, так само псується товарні якості картоплі.

При зберіганні картоплі на перше місце за шкідливістю вийшли суха і мокра гнилі. Ці хвороби набули широкого поширення. При нормальних умовах зберігання втрати, звичайно, складають 10-15%. При зберіганні картоплі в умовах підвищеної температури і вологості вони можуть досягати 30 і навіть 50% [11]. Основними факторами, які сприяють ураженню бульб і подальше поширення хвороб в польових умовах є тепла погода з частими зливами в кінці вегетації картоплі, часте застосування техніки, що призводить до ущільнення ґрунту. Підвищена вологість і відносно висока температура в період зберігання призводить до зараження бульб в сховищах.

Останнім часом збільшилася шкідливість стеблового нематоди. Хвороба набула широкого поширення, що різко знижує якість насінневого і продовольчої картоплі. З проникненням нематод в бульби шкірка на них знебарвлюється, а потім стає свинцево-сірого кольору, легко відділяється від м'якоті і тріскається. Нематоди знаходяться на межі здорової і ураженої частини бульби. Шкідливість стеблової нематоди проявляється зниженням насінневих і товарних якостей бульб. Крім того, вона є першопричиною загнивання картоплі при зберіганні.

3 МЕТОДИ ОЦІНКИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

3.1 Сучасний стан моделювання продукційного процесу посівів сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату

Сьогодні проблемам змін клімату приділяється значна увага у зв'язку з їх важливістю та актуальністю. Зміни та коливання температури повітря, кількості опадів та інших метеорологічних величин значно впливають на життя та діяльність людей (сільське господарство, транспорт, енергетику та ін.). Очевидно, що зміни клімату відбувалися постійно, але сучасні зміни характеризуються значними швидкостями та високою повторюваністю несприятливих метеорологічних процесів та явищ і потребують як постійного моніторингу, так і прогнозування майбутніх змін [2, 9, 31].

Застосування чисельних моделей для вирішення поставлених задач є найбільш оптимальним, оскільки розвиток обчислювальної техніки та й самих моделей в останні десятиліття досягли значних успіхів. Контрольні розрахунки клімату останніх століть за допомогою глобальних кліматичних моделей підтвердили їх здатність відтворювати основні тенденції та зміни в кліматичній системі планетарного масштабу. Тому використання даних таких моделей як граничних умов для розрахунків на майбутнє регіональних кліматичних моделей є також цілком виправдано.

Досвід застосування такого методу в Європейських країнах [5, 11] показує, що отримані в моделях проєкції можна використовувати як початкові для подальших прогнозів в суміжних та залежних від клімату галузях науки та господарської діяльності. Але такий підхід потребує певних попередніх перевірок (верифікацій) в регіоні, для якого застосовуються чисельні моделі, та методів формування ансамблю з кліматичних моделей як

найефективнішого їх використання для того, щоб зменшити ті невизначеності, які виникають у будь-якому прогнозі, тим більше на далеку перспективу [23].

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) [29, 30].

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

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м⁻² для RCP2.6; 4,5 Вт·м⁻² для RCP4.5; 6,0 Вт·м⁻² для RCP6.0 і 8,5 Вт·м⁻² для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і

сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5) [23, 30]. 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 року.

Таким чином, RCP можуть відображати результати цілого ряду заходів в області клімату в XXI-му столітті в порівнянні з їх відсутністю в Спеціальній доповіді про сценарії викидів, що використовувались в попередніх доповідях з питань зміни клімату [29]. Сценарії викидів були розроблені лише з використанням послідовного підходу, іншими словами, соціально-економічних, демографічних та технологічних факторів, які потім використовувалися в простих кліматичних моделях для визначення концентрацій парникових газів.

З іншого боку, кожен сценарій RCP представляє набори даних з високим просторовим розділенням щодо змін у землекористуванні і викидів забруднюючих повітря речовин за секторами економіки, а також визначає річні концентрації парникових газів і антропогенних викидів.

Сценарії RCP ґрунтуються на комбінації комплексних оціночних моделей, простих кліматичних моделей та моделей атмосферної хімії і глобального вуглецевого циклу. Хоча RCP охоплюють широкий діапазон значень сукупних впливів, вони не включають весь спектр викидів, описаних в літературі, особливо по аерозолях.

3.2 Моделювання процесів формування продуктивності картоплі

Розробка динамічних моделей продуктивності сільськогосподарських культур дозволяє досліджувати вплив агрометеорологічних умов на найважливіші процеси життєдіяльності рослин, пояснити цілий ряд особливостей впливу цих умов на продуктивність рослин, вивчити адаптивні

реакції на зміну умов зовнішньої. Ці моделі можуть розглядатися як основу для розробки методів агрометеорологічних розрахунків і прогнозів.

Відомо багато динамічних моделей продуктивності різних сільськогосподарських культур, які дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результуючу основних фізіологічних процесів. Розроблено динамічні моделі продукційного процесу картоплі. Важливі роботи з динаміки формування врожаю картоплі залежно від агрометеорологічних умов, що не втратили свого значення дотепер, виконані А.Г. Лорхом [13, 14].

У роботі А.М. Польового [18] запропонована динамічна модель продукційного процесу картоплі для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю картоплі. Модель дозволяє розрахувати динаміку формування врожаю, впливу на цей процес основних факторів зовнішнього середовища.

Більшу динамічну модель продукційного процесу картоплі (РОТАТО) імітаційного типу розробили Нджи й Луміс [19]. У модель включені всі основні відомості по фізіології картоплі, у результаті чого вона вийшла досить громіздкої. Використання моделі РОТАТО в агрометеорології й агрономії, особливо в наших умовах, пов'язане з труднощами й вимагає адаптації, у першу чергу тому, що параметри моделі ставляться до південних сортів, а сама модель орієнтована на використання при зрошенні, коли запаси вологи в ґрунті не лімітують фізіологічні процеси.

У роботі Х.Г. Тоомінга й П.Х. Кийва [24] на основі польових експериментальних даних запропонована проста модель для розрахунку врожаю картоплі залежно від сум евапотранспірації. Уперше в цій роботі дається крива забезпеченості врожайності картоплі в різних погодних умовах.

У роботі [18] запропонована динамічна модель «погода-урожай», що знаходить все більше застосування для агрометеорологічних завдань. Передбачається, що не міняючи принципову схему моделі, її можна

використати для оцінки агрометеорологічних умов вирощування різних сільськогосподарських культур, попередньо визначивши деякі невідомі параметри. У роботі визначалися параметри моделі «погода-урожай» для розрахунків урожаю картоплі. Треба відзначити, що модель для розрахунку врожаю картоплі на цій основі вже створена [19] для умов Нечорноземної зони Росії.

При формуванні врожаю картоплі його зниження найбільш часто відбувається з наступних причин: по-перше, значні коливання врожайності визначаються впливом погодних умов, по-друге, при значному перезволоженні спостерігається розвиток фітофтори, що також обумовлює великі коливання врожаю картоплі.

Розробка динамічних моделей продуктивності сільськогосподарських культур дозволяє досліджувати вплив агрометеорологічних умов на найважливіші процеси життєдіяльності рослин, пояснити цілий ряд особливостей впливу цих умов на продуктивність рослин, вивчити адаптивні реакції на зміну умов зовнішнього середовища. Ці моделі можуть розглядатися в якості основи для розробки методів агрометеорологічних розрахунків і прогнозів.

Динамічну модель погода-урожай для картоплі, як основу системи картопля-шкідник-хвороба-середовище проживання розробили О.К. Устинова, Є.В. Абашина, В.В. Вольвач [4]. Посів в моделі розглядається як функціонально диференційоване ціле, в якому виділено п'ять ємностей: листя, стебла, коріння, материнська бульба, бульба нового врожаю (l, s, r, c, r). Добовий приріст біомаси кожного органу рослини визначається процесами росту G_p , дихання D_p , розпаду q_p і отпад відмерлих тканин P_p :

$$dm_p / dt = G_p - D_p - q_p - P_p \quad (3$$

.1)

де m_p – вага p -го органу, $\text{мг}/\text{см}^2$, $p \in l, s, r, c, R$.

Під ростом в моделі розуміється новоутворення структурної маси і передбачається, що весь фонд вуглеводів, який сформувався за добу перетворюється в структурну масу в процесі росту.

Для опису дихання використана двокомпонентна схема. Прийнято, що дихання складається з дихання зростання, прямо пропорційного швидкості росту і дихання підтримки, обумовленого величиною вже сформованої маси органа, вологістю і температурою середовища:

$$D_p = R_g G_p + [D_1(1 - \psi_Q) + D_2] m p \varphi_Q, \quad (3.2)$$

де D_p - подих p -го органу, мг / мг добу;

R_g - коефіцієнт дихання зростання;

D_1, D_2 - коефіцієнти дихання підтримки, мг/мг добу;

$\psi_Q \varphi_Q$ - волога і температурна функції дихання.

Вплив режиму зволоження на утворення нових тканин рослини здійснюється через два канали: при нестачі вологи в ґрунті - через продихо-кутикулярний опір потоку CO_2 , при надлишку - через коефіцієнт перезволоження. Азотний режим впливає на фотосинтез і ріст в моделі через величину фотохімічного опору фотосинтезу. Слід підкреслити, що в цій моделі для врахування хвороб використовуються фактичні дані про відсоток ушкоджень, розвиток хвороб не моделюється.

При наявності ушкоджень вводяться дати їх настання, кількість пошкоджених органів і відсоток ушкоджень. Таким чином, інформація про пошкодження або про хвороби, що надходить в модель, тягне за собою зміну мас і площ органів картоплі. Така інформація може бути отримана в результаті розрахунків по окремій моделі розвитку хвороб. Ю.А.Моргунов, В.В. Вольвач, О.К. Устинова розробили модель розвитку фітофтори картоплі [4].

Сучасна технологія вирощування сільськогосподарських культур передбачає контроль за станом посівів та корекцію агротехнічних заходів в залежності від результатів цього контролю. Одна з характеристик стану посівів - ступінь розвитку різних хвороб, що вражають рослини. У зв'язку з цим становить інтерес проблема моделювання розвитку найбільш небезпечної хвороби картоплі - фітофторозу.

Свидерською С.М. [21] була розроблена модель екологічних взаємодій «середовище – інфекція – шкідник - рослина», у якій моделюється вплив чинників зовнішнього середовища на формування продуктивності культури картоплі, розвиток популяції колорадського жука, розвиток фітофтори в їхньому складному взаємозв'язку. Моделювання містить кількісний опис процесів фотосинтезу, переміщення запасних речовин з материнської бульби, дихання, росту і розвитку, швидкості розвитку популяції колорадського жука, а також швидкості розвитку фітофтори.

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КАРТОПЛІ НА ПОДІЛЛІ

4.1 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика природних умов території дослідження

Вінницька область розташована в лісостеповій смузі правобережної частини України. На півночі регіон межує з Житомирською, на сході - з Київською, Черкаською та Кіровоградською областями України, на заході - з Хмельницькою і Чернівецькою областями, на півдні - Одеською областю, Молдовою і Придністров'ям [6].

Велика частина території області розташована в межах Подільської (до 362 м) і Придніпровської (до 323 м) височин. Поверхня Вінницької області - хвиляста рівнина, що підвищується на північний захід і знижується на південь і південний схід. Особливо сильно розчленована її південно-західна частина вузькими долинами меридіональних лівих приток Дністра [1].

Щодо питань вологозабезпеченості, тут, скоріше, все добре, ніж з питань достатньої кількості сум ефективних температур. Лише в деяких випадках кількість опадів може бути з надмірною, що може призвести до поширення хвороб. Тому в цій зоні варто звернути увагу на ранньо- і середньостиглі гібриди, які мають хорошу стійкість до хвороб, і подбати про надійний фунгіцидний захист.

В середньому за рік кількість опадів коливається від шістсот двадцяти п'яти до шістсот дев'яносто трьох мм, розподіляючись по території від п'ятсот семі десяти трьох до сімсот шістдесят дев'яти мм. Сама річна кількість опадів коливається від тисячі тридцять п'ять до тисяча дев'яносто чотирьох мм, в посушливі роки становить лише 317-373 мм. Близько 70% від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень-жовтень) по областях коливається від 62-70% до 75-84%, а кількість днів з відносною вологістю повітря 30% і менше (показник посушливості) за цей період становить в середньому 3 -15 днів (максимальні значення цього показника досягали 36-43 дня).

Перші осінні заморозки за середніми багаторічними даними настають вже в першій-другій декаді жовтня, останні весняні - в другій-третій декаді квітня. Середня кількість днів з заморозками в повітрі (за середніми багаторічними даними) становить 5-12 днів, на поверхні ґрунту - 9-26 днів. Середня тривалість періоду без заморозків в повітрі становить 160-186 днів, на поверхні ґрунту - 141-170 днів. У більшості років сніговий покрив утворюється наприкінці листопада-початку грудня, а руйнується протягом березня.

В останні десятиліття досить часто спостерігається зима без стійкого снігового покриву або взагалі безсніжні. Середня глибина промерзання ґрунту за зиму коливається від 13 см до 38 см. Взимку зазвичай спостерігаються відлиги. Після тривалих відлиг при наявності снігового покриву існує значна ймовірність щодо його руйнування.

Вегетаційний період триває 209-227 днів, починається в середньому з кінця березня - початку квітня і закінчується в кінці жовтня - початку листопада. Сума позитивних температур вище 5 °С за цей період змінюється від 2926 °С до 3188 °С. Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) в середньому триває 163-172 днів, змінюючись в окремі роки від 140 до 210 днів, починається в другій-третій декаді квітня і закінчується в першій декаді жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період коливається від 2460-2600 °С [10].

Помірна атмосферна посуха має ймовірність 90% на більшій частині території даної кліматичної зони. Кількість днів з суховіями за теплий період (квітень-жовтень) в середньому становить 16 днів, хоча трапляються роки,

коли суховії не спостерігається зовсім. Серед інших несприятливих для сільськогосподарських культур явищ погоди на території цієї кліматичної зони в вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дощ, зливи.

4.2 Агрокліматичні умови вирощування картоплі на Вінниччині в умовах зміни клімату

Сучасне потепління, крім підвищення середньої температури, супроводжується змінами її річний та добової амплітуди, що може мати як позитивні, так і негативні наслідки. Так, збільшення тривалості безморозного періоду безумовно позитивний фактор, але скорочення періоду наливу зерна і більш раннє дозрівання при підвищенні температури часто веде до зменшення врожаю.

Для адекватної оцінки впливу змін клімату на термічні ресурси не можна обмежитися яким-небудь одним показником. Необхідно використовувати можливо більш широкий набір показників - кліматичних індексів - для оцінки термічних ресурсів, що застосовуються в агрокліматології [8].

Одним із найпростіших методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-якої метеорологічної величини є порівняння з минулими даними, зокрема, середніми багаторічними величинами за базовий період. В даному дослідженні за базовий береться період з 1991 по 2010 рр.

Для оцінки можливих змін клімату нами було використано сценарій RCP4.5 та - RCP8.5 (репрезентативні траєкторії концентрації).

Агрокліматичні умови періоду вегетації картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 на Вінниччині у порівнянні з середньо багаторічними даними (1991 - 2010 рр.) буде проходити на фоні знижених температур та зменшеної кількості опадів наприкінці та збільшенням опадів в середині вегетації.

У картоплі прийнято відзначати такі фази росту і розвитку рослин: сходи, утворення бокових пагонів, поява суцвіть, цвітіння, відмирання (в'янення) бадилля.

Крім того, в життєвому циклі вирощування цієї культури виділяються чотири періоди, які характеризують формування морфологічних структур і елементів продуктивності. Ріст і розвиток картоплі прийнято ділити на чотири періоди:

- 1) від проростання нирок до появи сходів, коли харчування відбувається за рахунок материнських бульб;
- 2) освіту надземних органів, коренів і стolonів;
- 3) посилений ріст стolonів і бульб під час бутонізації та цвітіння;
- 4) дозрівання бульб і завершення накопичення в них крохмалю.

Наступ та тривалість кожної з них залежить від комплексу агрометеорологічних умов.

Розглянемо, як під впливом кліматичних змін зміняться дати настання фаз розвитку культури, показники розвитку його по міжфазних періодах, показники фотосинтетичної продуктивності та значення врожаю картоплі. За середніми багаторічними даними садіння картоплі відбувається в другій декаді квітня – 16 квітня (табл. 4.1), за умовами зміни клімату RCP4.5 дата садіння картоплі очікується в третій декаді квітня, що на дванадцять днів пізніше, ніж за середніми багаторічними, а за умовами зміни клімату RCP8.5 садіння картоплі очікується проводити на сім днів пізніше, ніж за середніми багаторічними – 23 квітня.

За розрахунками сходи з'являються при накопиченні суми активних температур порядку 280 °C - 18 травня. За умовами зміни клімату RCP4.5 поява сходів очікується 31 травня при накопиченні суми активних температур порядку 275 °C , що на тринадцять днів пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1). За умовами зміни клімату RCP8.5 поява сходів очікується 24 травня при накопиченні суми активних температур близької до 290 °C , що на шість днів пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

Цвітіння картоплі за середньо багаторічними датами спостерігається 24 червня. За умовами зміни клімату RCP4.5 дата цвітіння очікується 6 липня, а за умовами зміни клімату RCP8.5 очікується 7 липня що на 12-13 днів пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Дати настання фаз розвитку картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

Період	Садіння	Сходи	Цвітіння	В'янення бадилля	Тривалість періоду, дні
1991-2010	16.04	18.05	24.06	3.08	109
RCP4.5	28.04	31.05	6.07	13.08	107
Різниця	+12	+13	+12	+10	-2
RCP8.5	23.04	24.05	7.07	11.08	110
Різниця	+7	+6	+13	+4	+1

В'янення бадилля картоплі за середніми багаторічними даними спостерігається в першій декаді серпня – 3 серпня. За умовами зміни клімату RCP4.5 в'янення бадилля картоплі очікується 13 серпня, за умовами зміни клімату RCP8.5 - 11 серпня, що на десять та чотири дні пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

За період сходи - цвітіння картоплі середня температура повітря за середніми багаторічними даними становила 17,2 °С. За кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 значення середньої температури повітря очікується на рівні 15,7 °С та 15,6 °С відповідно (табл. 4.2).

Сума активних температур за період сходи - цвітіння за середніми багаторічними даними становить 613 °С (табл. 4.2). За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зменшення суми активних температур повітря

до рівня 600 °С, а за кліматичним сценарієм RCP8.5 очікується збільшення суми активних температур повітря до рівня 630 °С.

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

Період	Період сходи - цвітіння				Період цвітіння – в'янення бадилля				Весь період вегетації			
	t	T	R	V	t	T	R	V	t	T	R	V
1991-2010	17,2	613	112	0,76	19,9	720	116	0,80	18,5	1330	228	0,78
RCP4.5	15,7	600	102	1,1	18,9	680	80	0,64	17,5	1280	182	0,83
Різниця	-1,5	-13	-20	+0,34	-1,0	-40	-36	-0,16	-1	-50	-42	+0,05
RCP8.5	15,6	630	115	1,4	18,9	660	91	0,65	17,4	1290	206	0,86
Різниця	-1,6	+27	+3	+0,64	-1,0	-60	-25	-0,15	-1,1	-40	-22	+0,08

Примітка: t – середня температура повітря за період, °С; T – сума температур за період, °С; R – сума опадів за період, %; V – оцінка вологозабезпеченості, відн. одн.

Недолік вологи в цей час зовні по рослині мало помітний, але призводить до того, що утворюються в листі органічні речовини практично не переходять в бульби, а використовуються на зростання бадилля. Засуха на початку бульбоутворення призводить до зменшення кількості бульб і до затримки їх формування. Тому урожай знижується майже вдвічі [3].

Сума опадів за цей період за середніми багаторічними даними становила 112 мм (табл. 4.2). За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зменшення опадів на 9 %, збільшення суми опадів на 3 % у порівнянні з середньою багаторічною сумою опадів (табл. 4.2) очікується за кліматичним сценарієм RCP8.5.

За період цвітіння – в'янення бадилля картоплі середня температура повітря за середніми багаторічними даними становила 19,9 °С. За

кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 значення середньої температури повітря очікується на рівні 18,9 °C (табл. 4.2).

Сума активних температур за цвітіння - в'янення бадилля картоплі за середніми багаторічними даними становила 720 °C (табл. 4.2). За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зменшення суми активних температур повітря до рівня 680 °C, а за кліматичним сценарієм RCP8.5 до рівня 660 °C.

Цей період є другим критичним періодом. В цей час потреба рослин картоплі у волозі дещо менше, ніж у першому критичному періоді. Дефіцит вологи під час або відразу після утворення бульб уповільнює їхній ріст і підсилює поразку звичайної паршею. Якщо в ґрунті недостатньо вологи, то формування нових нирок на бульбах призупиняється. Таким чином, знижуються продуктивні якості насінневої картоплі.

Сума опадів за цей період за середніми багаторічними даними становила 116 мм (табл. 4.2). За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зменшення опадів на 31 %, зменшення суми опадів на 22 % у порівнянні з середньою багаторічною сумою опадів (табл. 4.2) очікується за кліматичним сценарієм RCP8.5.

В'янення бадилля за середніми багаторічними даними відбувається при накопиченні суми температур рівної в середньому 1300 °C, в першій декаді серпня. За кліматичним сценарієм RCP4.5 в'янення бадилля картоплі очікується при накопиченні суми температур повітря на рівні 1280 °C, а за кліматичним сценарієм RCP8.5 на рівня 1290 °C.

Середньодобова температура повітря за весь період вегетації становить 18,5 °C. За кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 очікуються зменшення середньодобової температури повітря на 1°C.

Сума опадів за весь період вегетації за середніми багаторічними даними становила 228 мм (табл. 4.2). За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зменшення опадів на 20 %, зменшення суми опадів на 10 % у

порівнянні з середньою багаторічною сумою опадів (табл. 4.2) очікується за кліматичним сценарієм RCP8.5.

Такі умови призведуть до відповідних змін у вологозабезпеченості. Так, за кліматичним сценарієм RCP4.5 відносна вологозабезпеченість картоплі (E/E_0) очікується на рівні 0,83 відн.од., що на 6 % більш, ніж за середніми багаторічними значеннями. За кліматичним сценарієм RCP8.5 значення відносної вологозабезпеченості очікується на рівні 0,86 відн.од., що на 10 % більш, ніж за середніми багаторічними значеннями.

Таким чином, можна зробити висновок, що в Вінницькій області за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 умови вегетації картоплі будуть проходити на фоні знижених температур. Також, очікується перерозподіл та зменшення кількості опадів за міжфазні періоди вегетації картоплі, що пов'язано зі здвигом настання фаз розвитку культури.

4.3 Оцінка продуктивності картоплі в Вінницькій області в умовах зміни клімату

Картопля займає проміжне положення серед інших культур по середньої за вегетаційний період величині чистої продуктивності фотосинтезу, яка становить 3-8 г/(м²*добу). Однак, для неї зареєстровані і максимально високі значення - на рівні 15-25 і навіть 60 г/(м²*добу) [27]. Для фотосинтетичної продуктивності істотні розміри листової поверхні, які визначають поглинання радіації посівом. Залежність врожаю від площі листя прямолінійна, якщо остання не перевищує оптимальну величину.

Для забезпечення формування врожаю бульб асимілятами велике значення має тривалість фотосинтетичної діяльності посіву протягом вегетаційного періоду або фотосинтетичний потенціал. Зростання бульб здійснюється за рахунок продуктів поточного фотосинтезу, надходячи з листя і раніше депонованих в стеблах або інших частинах рослини.

Картопля займає провідне місце в групі рослин з порівняно високою активністю дихального метаболізму листя. Порівняно висока інтенсивність дихання листя в поєднанні з досить високою кількістю листя на одній рослині призводить до того, що протягом значної частини вегетаційного періоду в диханні цілої рослини картоплі домінують листя.

Для надання порівняльної характеристики продуктивності картоплі в умовах зміни клімату за середніми багаторічними даними та за сценаріями зміни клімату були розраховані такі величини: площа листя картоплі, чиста продуктивність фотосинтезу та приріст маси в період максимального розвитку рослини. Також розглядалась суха біомаса цілої рослини, суха біомаса бульб картоплі та її врожай (табл. 4.3).

Оптимальний розвиток листкової поверхні та її тривала активна дія, повністю можуть бути здійснені в посівах, для того потрібно: 1 - певна норма висіву насіння для кожної культури; 2 - повне постачання рослині необхідні елементи мінерального живлення; 3 - забезпеченість посівів водою.

Розглянемо відмінності в динаміці площі листя картоплі в Вінницькій області за всіма варіантами. Так, площа листя в період максимального розвитку в середньому за багаторічний період становить $3,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (табл. 4.3), за умовами зміни клімату RCP4.5 очікується збільшення площі листя до $4,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за умовами зміни клімату RCP8.5 також очікується збільшення площі листя картоплі в порівнянні із його середнім багаторічним значенням, але більш значне – до $4,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

На рисунку 4.1 представлена динаміка накопичення відносної площі листя картоплі в Вінницькій області в умовах зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з базовим періодом. Як бачимо, впродовж вегетаційного періоду динаміка наростання площі листя як за кліматичними сценаріями та й за середніми багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються. Але у всіх випадках ці значення відповідають фазі «початок бульбоутворення».

Таблиця 4.3 - Показники фотосинтетичної продуктивності картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

Період	Варіант	Період максимального росту			Суша біомаса бульб картоплі, г/м ²	Урожай, ц/га
		Площа листової поверхні, м ² /м ²	Приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за добу	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу		
1991-2010	Базовий	3,9	31,5	7,0	860	100
2021–2050	RCP4.5	4,3	37,9	8,1	1090	140
	RCP8.5	4,9	34,2	7,8	996	128

L, м²/м²

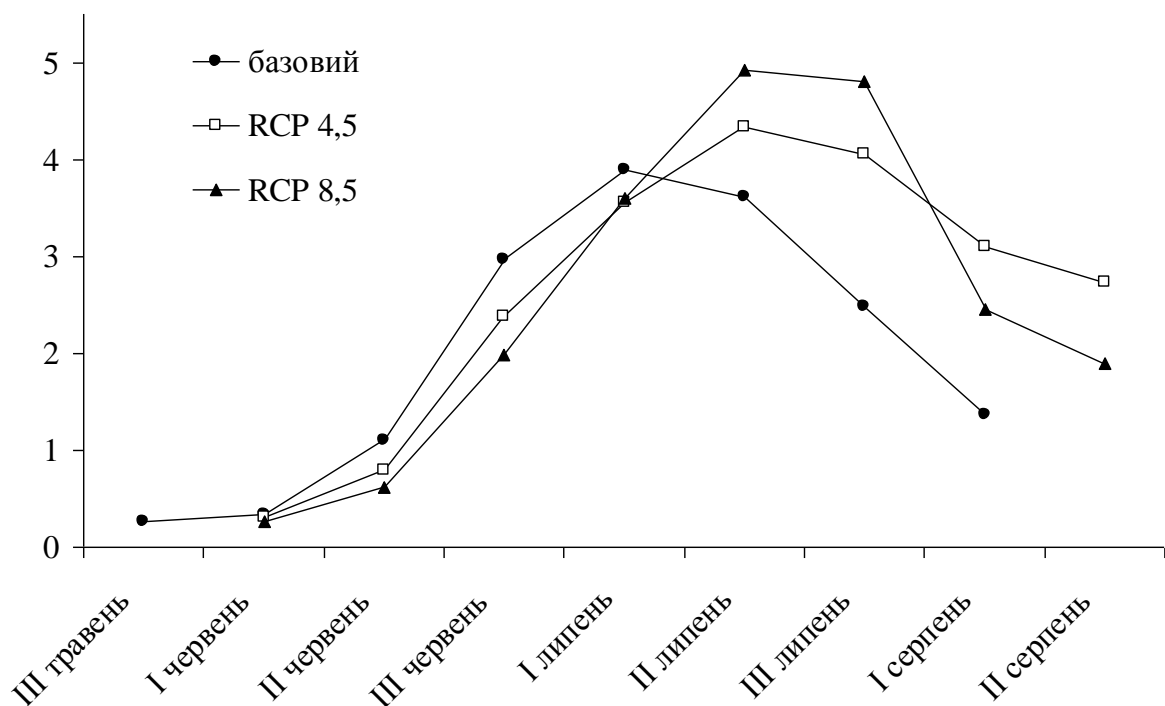


Рисунок 4.1 - Динаміка відносної площі листя (L) картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

На рисунку 4.2 представлена динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу картоплі за умовами зміни клімату у RCP4.5 та RCP8.5 у порівнянні з середніми багаторічними значеннями. За усіма кліматичними сценаріями очікується незначне збільшення значень інтенсивності фотосинтезу за період вегетації картоплі. Впродовж вегетаційного періоду динаміка інтенсивності фотосинтезу за кліматичними сценаріями та за середніми багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються.

ИФ, $\text{мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{година})$

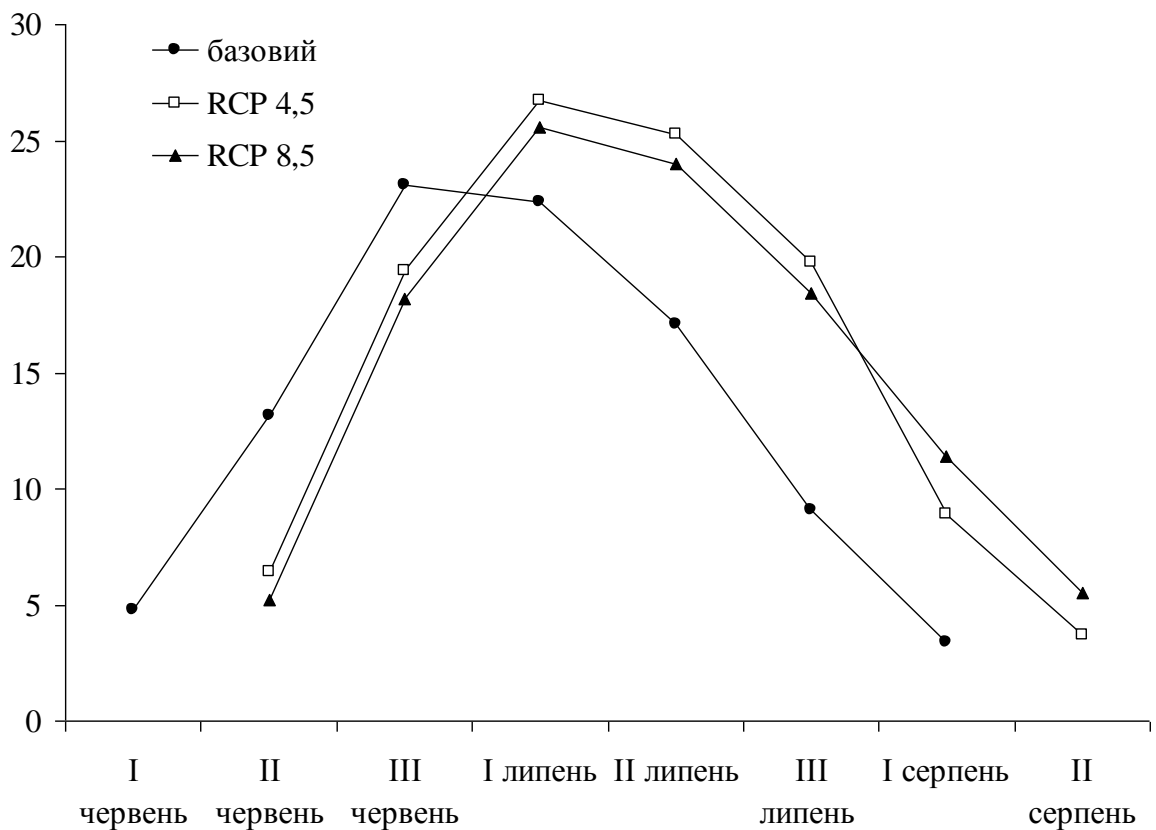


Рисунок 4.2 - Динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу (ИФ) картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

Як видно з рис. 4.2, максимальні значення інтенсивності фотосинтезу в середньому за багаторічними умовами становить $22,4 \text{ мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{годину})$. За кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 очікується незначне збільшення інтенсивності фотосинтезу до $26,7$ та $25,6 \text{ мгСО}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{годину})$ відповідно.

Близько 95% сухої біомаси рослинного організму доводиться на частку органічних речовин, утворених в процесі фотосинтезу. Тому зміни сухої маси рослин може досить об'єктивно відображати асиміляційну активність рослин. Одним з показників, що характеризують продукційний процес рослин, є чиста продуктивність фотосинтезу. На рисунку 4.3 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5.

ЧПФ, г/м^2

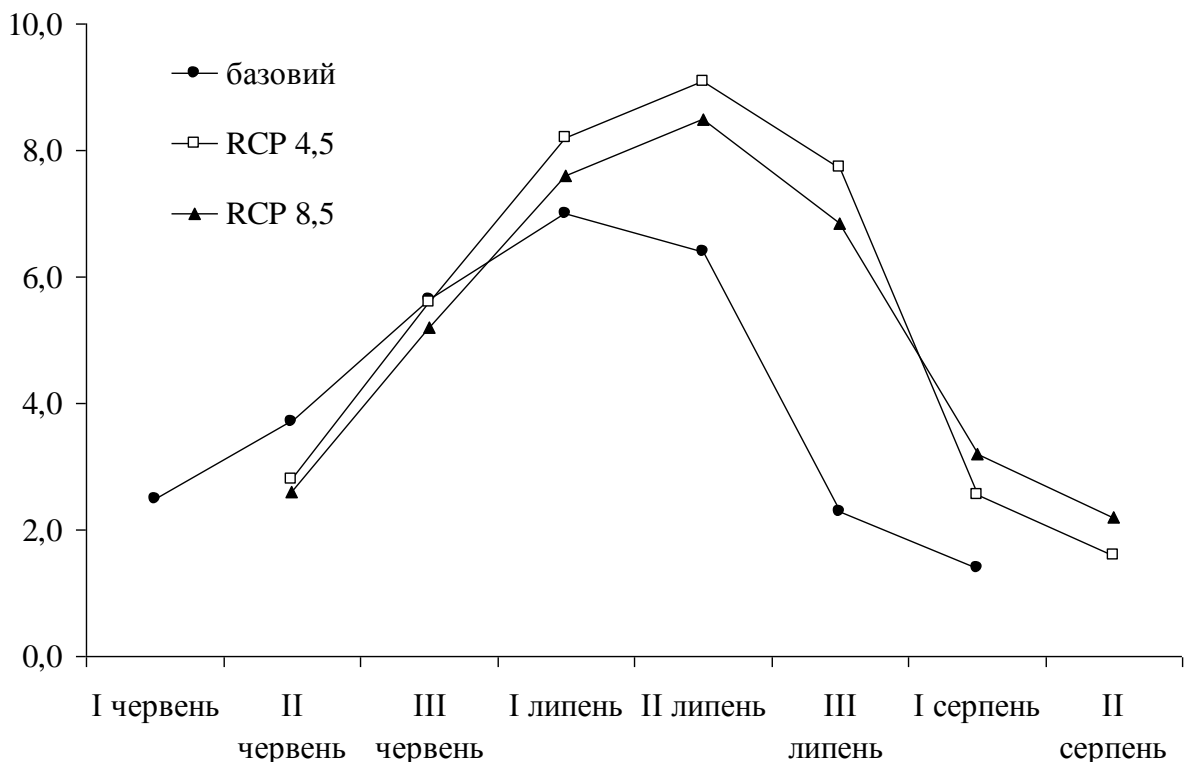


Рисунок 4.3 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

За усіма кліматичними сценаріями очікується збільшення значення чистої продуктивності фотосинтезу за період вегетації картоплі. Впродовж вегетаційного періоду динаміка чистої продуктивності фотосинтезу за кліматичними сценаріями та за середніми багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються. Так, максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі в середньому за багаторічними умовами становить $7,0 \text{ г/м}^2$ (табл. 4.3).

Хоча за умовами кліматичних змін RCP8.5 площа листя більш ніж за останніми варіантами, значення чистої продуктивності очікується меншим, ніж за умовами RCP4.5 – $7,8 \text{ г/м}^2$ й навпаки – за умовами кліматичних змін RCP4.5 значення чистої продуктивності очікується на рівні $8,1 \text{ г/м}^2$, притому, що площа листя за цим варіантом менш, ніж за умовами RCP8.5. Це пов'язано з реакцією рослин на підвищення CO_2 , так за умов збільшення CO_2 в повітрі відбувається збільшення площі листя.

Така реакція рослин на підвищення CO_2 обумовила і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси картоплі та її приростів (табл. 4.3). Важливою умовою продукційного процесу формування врожайності бульб картоплі вважається накопичення сухої біомаси рослин. При добре розвинутій вегетативній масі продуцирується значна кількість асимілятів, яка потім може бути реутилізована в бульби.

Накопичення сухої речовини залежить від швидкості фотосинтезу, на яку впливають зовнішні і внутрішні фактори. Як й у попередні випадках за умовами всіх кліматичних сценаріїв очікується збільшення значень приростів загальної сухої біомаси за період вегетації культури картоплі. Впродовж вегетаційного періоду динаміка приростів загальної сухої біомаси за кліматичними сценаріями та за середніми багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники також значно відрізняються.

Розглянемо зміни, що спостерігаються в приростах загальної сухої біомаси рослини картоплі в Вінницькій області. Так, максимальні значення приросту загальної сухої біомаси картоплі в середньому за багаторічними

умовами становить $31,5 \text{ г/м}^2$ за добу (табл. 4.3). Збільшення значень очікуються за обома кліматичними сценаріями, так за умовами кліматичних змін RCP4.5 очікується на рівні $37,9 \text{ г/м}^2$, а за умовами кліматичних змін RCP8.5 очікується на рівні $34,2 \text{ г/м}^2$.

Відповідні зміни відбулися й в динаміці сухої біомаси бульб картоплі в період вегетації в очікуваних умовах зміни клімату у порівнянні з середніми багаторічними значеннями у Вінницькій області, графічне зображення цих змін представлено на рис. 4.4.

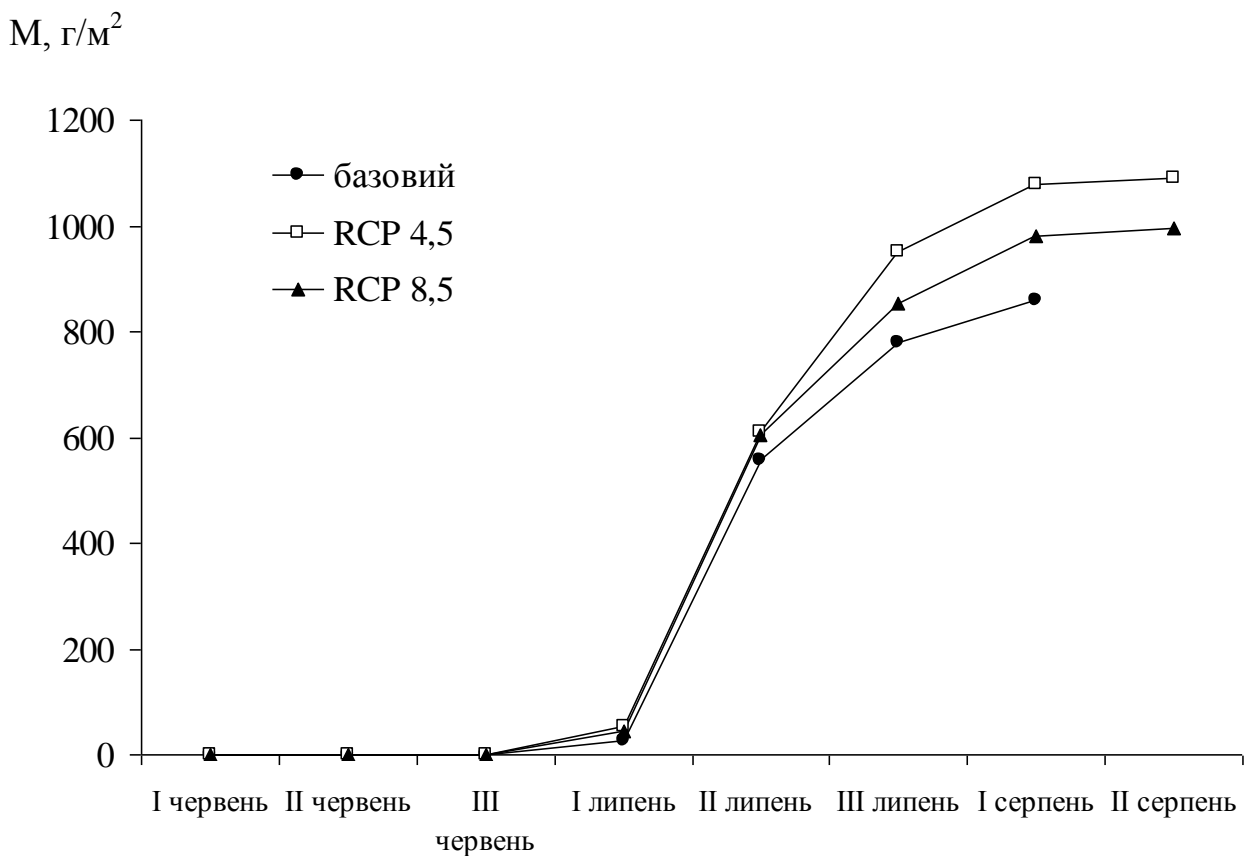


Рисунок 4.4 – Динаміка загальної сухої біомаси бульб картоплі за середніми багаторічними даними та за кліматичними змінами RCP4.5 і RCP8.5 у Вінницькій області

Розглянемо ці зміни, так, максимальне значення загальної сухої біомаси бульб картоплі в середньому за багаторічними умовами становить

860 г/м². Збільшення сухої біомаси бульб очікуються за кліматичним сценарієм RCP4.5 до 1090 г/м², а за умовами кліматичних змін RCP8.5 - до рівня 996 г/м².

За умовами кліматичних змін RCP4.5 очікується збільшення врожайності бульб картоплі на 40 %, а умовами кліматичних змін RCP8.5 очікується збільшення врожайності на 28 %.

Враховуючи реакцією рослин на підвищення CO₂ в умовах зміни клімату в Вінницькій області вважаємо доцільним рекомендувати використовувати сучасні сорти та дуже відповідально віднестися до умов агротехніки, особливо до густоти садіння.

ВИСНОВКИ

У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря в Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.

В результаті виконаної роботи можливо зробити наступні висновки:

1. Виконано аналіз сучасного стану досліджень біології культури картоплі та умов вирощування на Вінниччині. Наведена характеристика сучасних сортів картоплі, які районовані в Україні та зроблено огляд шкідників та хвороб, котрі найчастіше уражують рослини картоплі. На основі даних Державної статистичної служби України дана оцінка сучасного стану та перспектив вирощування картоплі в Україні.

2. Для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю картоплі у Вінницькій області була уточнена базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового.

3. Визначено дати настання фаз розвитку картоплі за середніми багаторічними даними та умовами кліматичних змін RCP4.5 та RCP8.5. Так, за умовами кліматичних змін дата садіння картоплі очікується пізніше, ніж за середніми багаторічними значеннями, значного скорочення періоду вегетації не очікується.

4. Аналіз агрокліматичних умов вирощування картоплі показав, що у Вінницькій області за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 умови вегетації картоплі будуть проходити на фоні знижених температур. Також, очікується перерозподіл та зменшення кількості опадів за міжфазні періоди вегетації, що пов'язано зі здвигом настання фаз розвитку культури.

5. Були розраховані показники фотосинтетичної продуктивності картоплі, це такі величини, як площа листя, чиста продуктивність

фотосинтезу та приріст маси в період максимального розвитку рослини. Також розглядалась суха біомаса бульб рослини та врожай.

6. Розрахунки площі листя в період максимального його розвитку показали, що в середньому за багаторічний період це значення становить $3,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за умовами зміни клімату RCP4.5 очікується збільшення площі листя до $4,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за умовами зміни клімату RCP8.5 також очікується збільшення площі листя картоплі в порівнянні із його середнім багаторічним значенням до $4,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

7. Розрахунок чистої продуктивності фотосинтезу показав, що максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу в середньому за багаторічними умовами становить $7,0 \text{ г}/\text{м}^2$. Хоча за умовами кліматичних змін RCP8.5 площа листя більш ніж за RCP4.5, значення чистої продуктивності очікується зменшеним – $7,8 \text{ г}/\text{м}^2$ й навпаки – за умовами кліматичних змін RCP4.5 значення чистої продуктивності очікується на рівні $8,1 \text{ г}/\text{м}^2$, притому, що площа листя за цим варіантом менш, ніж за умовами RCP8.5.

8. Розрахована загальна суха біомаса рослин картоплі в середньому за багаторічними умовами становить $1157 \text{ г}/\text{м}^2$. Збільшення сухої біомаси очікуються за кліматичним сценарієм RCP4.5 до $1706 \text{ г}/\text{м}^2$, а за умовами кліматичних змін RCP8.5 до $1588 \text{ г}/\text{м}^2$.

9. Проведене дослідження виявило певні тенденції в можливих майбутніх змінах змін у врожайності. Так, умовами кліматичних змін RCP4.5 очікується збільшення врожайності бульб картоплі на 40 %, а за умовами кліматичних змін RCP8.5 очікується збільшення врожайності на 28 %.

10. Враховуючи реакцією рослин на підвищення CO_2 в умовах зміни клімату у Вінницькій області, вважаємо доцільним рекомендувати використовувати сучасні сорти та дуже відповідально віднестися до умов агротехніки, особливо до густоти садіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по території України (середні обласні показники 1986-2005 рр.) / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець – Подільський. 2011. 108с.
2. Балабух В.О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. Наук. праці УкрНДГМІ. 2008. №257. С. 61-72.
3. Бондура С.В., Костюкевич Т.К. Оцінка сучасного стану вирощування картоплі в Волинській області: матеріали III Всеукраїнської конференції: Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації (21 листопада, м. Полтава). Полтава : ПДАА, 2019. С. 131-133.
4. Вольвач В.В., Моргунов Ю.А. и др. Моделирование развития фитофтороза картофеля. Труды ВНИИСХМ. 1990. Вып. 26. С. 93-96.
5. Говоркова В.А., Катцов В.М., Мелешко В.П., Павлова Т.В., Школьник И.М. Климат России в XXI веке. Часть 2. Оценка пригодности моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 для расчетов будущих изменений климата России. Метеорология и гидрология. 2008. №8. С.5-19.
6. Ґрунти України: за ред. професора В.І. Купчика. Київ : Вища освіта. 2010. 414 с.
7. Дмитрик П.М. Фітопатологія. Конспект лекцій. Івано-Франківськ. 2015. 127с.
8. Кандиба К.Ю., Бондура С.В., Свидерська С.М. Оцінка продукційного процесу картоплі в умовах зміни клімату в Східному та Західному Лісостепу: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (Харків, 25-26 жовтня 2018 р.). Харків. 2018. С. 129-132.
9. Клімат України / за ред. Дядук В.А. Укр. науково-дослідний г/м інститут. 2003. 564с.

10. Климовский Д.Н., Стабников В.Н. Теннология спирта. 3-е издание, дополненное и перераб. под ред. докт.тех.наук А.Л. Малченко. Москва: Пищепром. 1960. 516 с.
11. Кричак С.О. Региональное моделирование современного климата европейской территории России с помощью модели RegCM3. Метеорология и гидрология. 2008. №1. С. 31-41.
12. Куперман Ф.М. Биология развития растений. Москва : Высшая школа. 1952. 424 с.
13. Лорх А.Г. Динамика накопления урожая картофеля. Москва: Сельхозгиз, 1948. –191 с.
14. Лорх А.Г. О картофеле. Москва: Сельхозгиз, 1960. 151 с.
15. Макаров, А.М., Головкин Т.К., Табаленкова Г.Н. Морфофизиология клубнеобразующих растений. СПб. : Наука. 2001 . С. 104-174.
16. Мокроносов А.Т. Передвижение и использование продуктов фотосинтеза во вторичных синтетических процессах. Физиология сельскохозяйственных растений. Москва: Изд-во МГУ. 1971. Т. 12. с. 129-156.
17. Пенман Х.Л. Значение погодных условий и воды для роста и развития картофеля. Рост и развитие картофеля. Москва, 1966. С. 236-246.
18. Полевой А.Н. Динамическая модель формирования урожая картофеля. Метеорология и гидрология. 1978. № 7. с.79-85.
19. Полевой А.Н. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Нечерноземье. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 118 с.
20. Растениеводство / под ред Г.С. Посыпанова и др. М.: Колос 1997. 448 с.
21. Свидерская С.М. Моделирование влияния агрометеорологических условий на формирование продуктивности картофеля и развитие популяции колорадского жука в Полесье. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2009. Вип.7. С.110-119.
22. Сільськогосподарська ентомологія / Литвинов Б.М., Євтушенко М.Д.. К.:Вища освіта, 2005. 513 с.

23. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 204 с.
24. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264с.
25. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Ян Байер и другие. Москва : Колос. 1984. с. 367.
26. Чайлахян М.Х. Гормональная регуляция роста и развития картофеля. Регуляция роста и развития картофеля. М.:Наука. 1990. С.48-62.
27. Часная физиология полевых культур / под ред. Е.И. Кошкина. Москва: КолосС. 2005. 344 с.
28. Шпаар Д., Быкин А., Деггер Д. Картофель. Минск: Орех. 2004. 465 с.
29. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakicenović [et al.] / Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, 2000. 599 p.
30. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [et al.] / Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
31. Corobov, R., Sheridan, S., Overcenko, A. and N. Terinte. Air temperature trends and extremes in Chisinau (Moldova) as evidence of climate change / Clim. Res. 2010. Vol.42. p. 247–256.
32. Бондура С.В. Оцінка мінливості врожайності картоплі в умовах Лісостепу України: збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (м. Одеса, 6-10 травня, 2019 р.). С.39-41. URL: <http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Zbirniktez-KMV-06-10-travnja-2019r.pdf> (дата звернення: 10.12.2019 р.).
33. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 30.11.2019 р.).

34. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 19 серпня 2019 року. Державна ветеринарна та фіто санітарна служба України. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>. (дата звернення 30.11.2019 р.).
35. Саммит по борьбе с изменениями климата. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/un-climate-summit-2019.shtml>. (дата звернення: 07.12.2019 р.).
36. Самые популярные в Украине сорта картофеля URL: <https://agrostory.com/info-centre/fans/samye-populyarnye-v-ukraine-sorta-kartofelya/> (дата звернення: 07.06.2019 р.).
37. Семменной картофель. URL: <https://www.dobrodar.com.ua/catalog/semennoy-kartofel-936/kartofel-fotinia.html> (дата звернення: 3.12.2019 р.).
38. Сорта картофеля. URL: <https://potato.professorhome.ru/variety/lyudmila-ludmilla> (дата звернення: 5.12.2019 р.).
39. Страны-лидеры по производству картофеля. URL: <http://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/reiting-stran-po-potrebleniyu-kartofelya/> (дата звернення: 11.12.2019 р.).
40. Фитофтора. Агросборник. URL: <https://agrosbornik.ru/bolezni-kartofela/354-2011-10-27-17-04-54.html> (дата звернення: 07.06.2019 р.).