

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

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорології та  
агроекології

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **Вплив кліматичних змін на продуктивність озимого  
жита в Поліссі України**

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-2а  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,  
(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»  
(назва)

Єрмоленко Катерина Віталіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

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

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

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

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорологія та агроекології  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Агрометеорологія  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
агрометеорології та агроекології  
Польовий А.М.  
« 29 » жовтня 2018 року

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

Єрмоленко Катерині Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив кліматичних змін на продуктивність озимого жита в Поліссі України

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

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

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: 1.Агрокліматичні дані по Поліссю України за 1991-2010 рр.; 2. Кліматичний сценарії RCP4.5; 3.Програма динамічної моделі формування урожайності сільськогосподарських культур; 4.Дані державної статистичної служби України

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вивчити фізико-географічні умови Полісся України; 2. Описати агрокліматичні умови вегетації с.-х. культур; 3. Описати біологічні особливості озимого жита та його основні сорти; 4.Описати динамічну модель формування урожайності; 6. Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування озимого жита у зв'язку зі змінами клімату; 7. Оцінити зміну фотосинтетичної продуктивності озимого жита в умовах зміни клімату.

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

1. Графік динаміки врожайності озимого жита;  
2. Графіки порівняння середньої температури повітря та опадів, динаміки площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу, інтенсивності фотосинтезу, приростів рослинної маси, загальної біомаси.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання.	29.10.2018 р.		
2	Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення першого розділу магістерської роботи.	30.10.2018 р. - 5.11.2018 р.	90	5(відмінно)
3	Проведення чисельних розрахунків на ПОЕМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи.	6.11.2018 р. – 18.11.2018 р.	90	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	90	5(відмінно)
4	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків.	25.11.2018 р. - 29.11.2018 р.	90	5(відмінно)
5	Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи.	30.11.2018 р.- 6.12.2018 р.	90	5(відмінно)
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	7.12.2018 р. - 10.12.2018 р.	90	5(відмінно)
7	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	14.12.2018 р.	90	5(відмінно)
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	-	<b>90,0</b>	

Студентка \_\_\_\_\_ Єрмоленко К.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Костюкевич Т.К.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Єрмоленко К.В. Вплив кліматичних змін на продуктивність озимого жита в Поліссі України.**

*Актуальність* обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема, озимого жита, необхідне детальне вивчення агрометеорологічних умов його 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 умов формування продуктивності озимого жита в Поліссі України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

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

*Об'єкт дослідження* - агрометеорологічні умови формування врожайності озимого жита в умовах зміни клімату.

*Предмет дослідження* - оцінка впливу агрометеорологічних умов на врожайність озимого жита в Поліссі України.

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

*Вперше* встановлені закономірності впливу змін клімату на агрометеорологічні умови вирощування озимого жита та його продуктивність в Поліссі України.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування озимого жита та оптимізації розміщення його посівних площ за умов реалізації сценарію RCP4.5 зміни клімату в Поліссі України.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 75 сторінок, 9 рисунків, 4 таблиці. Список використаних літературних джерел містить 46 найменувань.

**Ключові слова:** озиме жито, модель продуктивності, зміна клімату, агрометеорологічні умови, врожай зерна.

## SUMMARY

### **Yermolenko K.V. Influence of climate change on productivity of winter rye in Polesie region of Ukraine.**

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

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

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

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

- to calculate the basic agrometeorological indicators of vegetation period winter wheat in Polesie region of Ukraine 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 winter rye yield under the conditions of realization of climate change scenario RCP 4.5.

*The object of study* - agrometeorological conditions of formation of winter rye yield in climate change conditions.

*The subject of the study* was to assess the influence of agrometeorological conditions on yield of winter rye in Polesie region of Ukraine.

*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 winter rye cultivation and its productivity in Polesie region of Ukraine.

The results can be used when performing a comprehensive assessment of agrometeorological resources in relation to winter rye cultivation and optimize the placement of the acreage in the conditions of realization of the RCP 4.5 climate change in Polesie region of Ukraine.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references. Full work is 75 pages, 9 graphics, 4 tables. The list of used literary sources contains 46 items.

**Key words:** winter rye, productivity model, climate change, agrometeorological conditions, crop grain.

ЗМІСТ		
ВСТУП .....		6
I.	ЗАГАЛЬНА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ..	9
	1.1 Фізико-географічна характеристика території Полісся .....	9
	1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Полісся .....	12
II.	БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОГО ЖИТА .....	15
	2.1 Особливості росту та розвитку озимого жита .....	15
	2.2 Вимоги озимого жита до умов навколишнього середовища .....	18
	2.3 Шкідники і хвороби озимого жита .....	25
	2.4 Характеристика розповсюджених в Україні сортів .....	29
III.	МЕТОДИ ОЦІНКИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ .....	34
	3.1 Сучасний стан моделювання продукційного процесу посівів сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату .....	34
	3.2 Моделювання формування продуктивності зернових культур ..	37
	3.3 Базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур .....	39
IV.	ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОГО ЖИТА В ПОЛІССІ УКРАЇНИ.....	49
	4.1 Сучасний стан та перспективи вирощування озимого жита ....	49
	4.2 Агрокліматичні умови вирощування озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату .....	52
	4.3 Оцінка продуктивності озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату .....	59
ВИСНОВКИ .....		68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		71

## ВСТУП

Дослідження свідчать, що клімат України, протягом останніх десятиліть вже почав змінюватися (температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми) і згідно результатів моделювання – для території України в майбутньому продовжуватиметься зростання температури повітря (хоча величина змін дещо відрізняється за різними прогнозними моделями) та відбуватиметься зміна кількості опадів протягом року. Це може призвести до зміщення кліматичних сезонів, зміни тривалості вегетаційного періоду, зменшення тривалості залягання стійкого снігового покриву, зміни водних ресурсів місцевого стоку [45].

Гуманітарні та екологічні наслідки зміни клімату й характеру екстремальних погодних умов, ймовірно, будуть значними. У світі дедалі більше людей висловлюють занепокоєння через потенційні негативні наслідки зміни клімату для суспільства та економіки, які можуть завдати шкоди різним секторам – від сільського господарства до водних ресурсів. Найвагоміші наслідки зміни клімату, ймовірно, непропорційно позначатимуться на найбільш вразливих і найбільш соціально незахищених верствах населення, які вже сьогодні мають обмаль ресурсів, щоб залишити своє місце проживання у разі катастрофи, і погано підготовлені, щоб дати лад новим викликам, пов'язаним зі зміною клімату.

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 [5].

Сучасне потепління викликає значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення

розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням беззаморозкового періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду [2].

Якою б не представлялася картина цього майбутнього розвитку, розуміння цієї ситуації призводить до необхідності вирішення проблеми спостережень, досліджень, аналізу і прогнозу зміни кліматично обумовлених природних ресурсів у зв'язку із змінами клімату.

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. 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) [36].

На відміну від пшениці озимої, жито є менш вибагливою культурою до ґрунтових умов, може рости за підвищеної кислотності ґрунту. Кореневі волоски жита здатні засвоювати з ґрунту важкорозчинні мінеральні сполуки. Також жито має вищу стійкість до морозів та бур'янів, хвороб і шкідників, високу екологічну пластичність, може вирощуватися після гірших попередників [41]. Отже, жито озиме є особливо цінною сільськогосподарською культурою сьогодення.

В даній роботі ми будемо надавати оцінку впливу продуктивності озимого жита в умовах зміни клімату в Поліссі з використанням сценарію викидів RCP4.5, якій являє собою сценарії середнього рівня викидів.



Для дослідження впливу кліматичних змін на темпи розвитку та формування продуктивності озимого жита в Поліссі на фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти - базовий (1991-2010 рр.), кліматичні умови періоду за сценарієм зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 рр.) та кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері.

# I. ЗАГАЛЬНА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ УМОВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

## 1.1 Фізико-географічна характеристика території Полісся

Полісся - особлива історико-етнографічна область України, частина колишньої прабатьківщини слов'ян, давня етноконтактна зона. Як і Карпати, воно зберегло найдавніші релікти праслов'янської та праукраїнської культури, що є постійними об'єктами вивчення дослідників-археологів, істориків, фольклористів, етнографів [7].

Українське Полісся розташоване на півночі України, займає південно-західну частину великої зони мішаних лісів Східноєвропейської рівнини і є частиною єдиної фізико-географічної провінції з характерним для неї підтипом поліських ландшафтів.

На півночі воно межує з Білоруським Поліссям, а південна частина його межа проходить із заходу на схід через такі пункти: Устилуг - Луцьк - Тучин - Межиріччі - Корець - Житомир - на південь від Києва - Носівка - Ніжин - Батурин - Путивль - Кролевець - Корп - Глухів. Межа між Поліссям і Лісостепом чітко виявляється у рельєфі, геологічній будові антропогенових відкладів, характері ґрунтів, рослинності.

Загальна площа Українського Полісся становить 113,5 тис. км кв. (19 % території України). Сюди входить більшість адміністративних районів Волинської, Рівненської, Житомирської і Чернігівської областей, а також ряд районів Київської і Сумської областей. За геоботанічним районуванням, воно є частиною Поліської підпровінції Східноєвропейської широколистянолісової провінції Європейської широколистянолісової області. Тут знаходяться понад 25 % природних кормових угідь і понад 2/5 площі усіх лісів України [20].

За фізико-географічним районуванням України, Українське Полісся є частиною зони змішаних лісів на території України і складається із 6 фізико-географічних областей: I - Волинське Полісся, II - Мале Полісся, III - Житомирське Полісся, IV - Київське Полісся, V - Чернігівське Полісся, VI - Новгород-Сіверське Полісся. Кожна з названих областей має свою фізико-географічну специфіку, яка знайшла належне відображення в характері розподілу ґрунтів, рослинності і, зокрема, дендрофлори [20].

Більшу частину території займає Поліська низовина з долинами численних річок, у заплавах яких багато лук та озер, які затоплюються поверхневими водами. Глибина річкових долин збільшується півночі на південь і вони як правило, мають по дві-три заплавні тераси. На південь від Поліської низовини простягається Волино-Подільська височина, густо почленована долинами річок та балок.

У Житомирському та Волинському Поліссі слабо виражений макрорельєф і дуже розвинутий мезорельєф. Східна частина Житомирського Полісся являє собою моренну рівнину з грядово-хвилястим рельєфом. Мікрорельєф тут проявляється у вигляді різних за формами неглибоких западин. Східне Полісся – це древня тераса Дніпра і Десни. Місцевість цієї зони переважно мілкохвиляста рівнина, порізана густою сіткою річок з окремими підвищеннями і виступами корінного плато.

Для природних умов Українського Полісся характерним є рівнинний рельєф з широкими заболоченими річковими долинами, позитивний баланс вологи, переважання дерново-підзолистих і болотних ґрунтів та високий рівень ґрунтових вод. До 70 % заболочених земель України припадає на Полісся. Значна зволоженість зумовила розвиток підзолистого та болотного процесів ґрунтоутворення і формування лучної, болотяної та лісової рослинності.

Рельєф Українського Полісся являє собою рівнину. Правобережна частина Українського Полісся має загальний нахил топографічної поверхні з півдня на північ і північний схід від Прип'яті до Дністра, а лівобережна – на

південний захід до долини Дніпра. За даними О.М. Маринича [20], у сучасному рельєфі Полісся найхарактернішими є річкові долини, зандрові, морено-зандрові і моренні рівнини.

Підвищення спостерігається у північно-західній частині Житомирського Полісся, де на значній площі висоти досягають 300 - 320 м. Словечансько-Овруцький кряж, що простягнувся більше як на 50 км зі сходу на захід, досягає в ширину 17 - 20 км (в середньому 10 – 15 км). Цей кряж порушує типовий низинний характер рельєфу північної частини Полісся.

Однією з характерних ознак поліської території є значна обводненість, що зумовлено кліматичними умовами та рельєфом. Середня густота річкової сітки в межах Українського Полісся становить 0,29 км. Найбільші річки Українського Полісся - Дніпро, Десна, Прип'ять, Горинь, Стир, Тетерів, Уборть, Уж, Снов, Остер.

У межах Українського Полісся протікає близько 700 річок, які мають довжину понад 10 км. Високий рівень господарського освоєння водозбірних басейнів спричиняє порушення рівноваги природного ландшафту, умов формування стоку, погіршення якості води

На режим річок Українського Полісся значний вплив мають болота. Вони акумулюють вологу, затримують весняний спад води, а в посушливі періоди випаровують багато води і тому мають від'ємний вплив на живлення річок. Заболочення території досить велика - 1,8 млн. га. У західних районах Полісся заболочені землі становить 15%, у північних - 40%, У Київському та Чернігівському Поліссі 4,5% загальної площі. Характерними рисами природних умов Полісся є низинний рельєф з широкими заболоченими долинами, високий рівень підґрунтових вод, позитивний баланс вологи, панування дерново-підзолистих і болотних ґрунтів, значне поширення соснових лісів з домішкою широколистяних порід. Особливо сильно заболочена її північно-західна частина. Площа торф'яних боліт Полісся становить 529,4 тис. га. Широкому розвитку процесів заболочування на Поліссі сприяють приплив річкових вод з навколишніх височин, позитивний

баланс вологи, рівнинність і незначне дронування поверхні, не глибоке залягання водонепроникних порід та великі весняні розливи річок [14].

Ґрунти Полісся сформувалися переважно на безкарбонатних піщаних та супіщаних відкладах в умовах значного зволоження під змішаними лісами. За ступенем кислотності їх поділяють на три групи: сильнолужні - рН 4,5 і нижче; кислі рН 4,6 - 5,5; слаболужні рН 5,6 - 6. Зональним типом ґрунтів є дерново-підзолисті та болотні, що займають значні площі. Крім того тут зустрічаються дерново-карбонатні, сірі лісові та злегка опідзолені чорноземи. Дерново-підзолисті ґрунти утворилися під пологом хвойних та мішаних лісів з трав'янистою рослинністю на водно-льодовикових, моренних і лісовидних відкладах. Тому підзолистий процес тут відбувається з одночасним нагромадженням гумусу, що дає можливість чітко визначити ґрунтові горизонти: гумусно-елювіальний (18-25 см), елювіальний та ілювіальний.

## 1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Полісся

Клімат Українського Полісся менш континентальний і більш зволожений, ніж в інших фізико-географічних зонах України, з теплим і вологим літом та м'якою, хмарною зимою. Взимку формується він під впливом теплого і вологого повітря, яке надходить з Атлантики у вигляді циклонів, що викликають відлиги та збільшену кількість атмосферних опадів. На територію Полісся надходять також маси арктичного повітря, які зумовлюють взимку значне похолодання, а навесні - пізні заморозки [14].

Річна сума опадів на Поліссі становить 500 - 600 мм., більшість (70%) випадає з квітня по жовтень. У вологі роки вона досягає 850 - 950 мм, а в сухі - 300 - 400 мм. Випаровування не перевищує 400 - 450 мм. Коефіцієнт зволоження (відношення кількості опадів до випаровування) 1,9 - 2,8. В роки з ослабленою дією циклонів на Лівобережному Поліссі з'являються посухи та суховії.

За агрокліматичним районуванням України, Українське Полісся належить до вологої, помірно теплої зони. У кліматичному відношенні в Українському Поліссі виділяють три райони:

- Західний (Волинське та мале Полісся),
- Правобережний (житомирське та Київське Полісся),
- Лівобережний (Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся).

Характерною особливістю для Полісся є перевищення суми опадів за рік над кількістю випарування з поверхні води. Це зумовлює промивний тип водного режиму, призводить до заболочування низьких ділянок, утворення болотних ґрунтів. Цьому процесу сприяє також високий рівень залягання ґрунтових вод. Проте кліматичні умови не однакові в різних районах Полісся (табл. 1.1) що в свою чергу, впливає на розвиток і розподіл рослинності, утворення різних рослинних формацій.

Середня річна температура в Українському Поліссі коливається від +6,8 °С (Житомир) до +6,4 °С (Чернігів. ).

Таблиця 1.1 - Кліматичні умови окремих регіонів Українського Полісся

Кліматичні умови	Житомирське і Західне Полісся	Чернігівське Полісся
Середня річна температура повітря, °С	6,6	5,5 – 6,0
Абсолютний мінімум температури, °С	-30 - 36	-35 - 40
Абсолютний максимум температури, °С	35 - 38	37 - 39
Тривалість безморозного періоду, дні	153 - 160	160 - 170
Сума активних температур вище 10 °С	2400 - 2500	2400 - 2600
Глибина промерзання ґрунту, см	100 - 120	110 - 150
Тривалість вегетаційного періоду, дні	200 - 210	190 - 196
Кількість опадів, мм	650	500

Вся територія Українського Полісся належить до зони змішаних лісів Східноєвропейської рівнини, в усіх частинах неоднорідна. Ця неоднорідність проявляється в геологічній будові та рельєфі, кліматичних умовах, строкатості ґрунтового та рослинного покривів. Внаслідок тісного взаємозв'язку цих компонентів формуються природні комплекси (ландшафти), що характеризуються загальними рисами і на даній території відокремлюються в окремі ділянки з певними фізико-географічними [20].

## II. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОГО ЖИТА

### 2.1 Особливості росту та розвитку озимого жита

Озиме жито - цінна продовольча культура помірно холодного клімату, що має зерно, багате амінокислотами, кальцієм та іншими речовинами, які надають житньому хлібу високу поживність і прекрасні смакові якості.

Озиме жито має низку переваг перед іншими зерновими культурами. У зерні жита містяться повноцінні білки, вуглеводи, жири, дуже цінні незамінні амінокислоти, а також вітаміни і інші елементи, дуже важливі для життєдіяльності людини. Житній хліб смачний і ароматний. В зерні жита менше протеїну, ніж у пшениці, вміст клейковини 8-26%, яка, крім того, більш рухлива і гірше розтягується, тому житній хліб менш об'ємний і швидше черствіє.

Озиме жито має потужну кореневу систему. Вона добре використовує вологу і поживні речовини з ґрунту, що дозволяє йому давати гарні врожаї майже в будь-яких ґрунтово-кліматичних умовах. Однак найкраще озиме жито росте на родючих і добре аеріруємих ґрунтах. На легких ґрунтах рослини озимого жита розвиваються більш інтенсивно і краще переносять несприятливі умови перезимівлі [22].

Жито, як і всі озимі культури, добре використовує вологу осіннього і раннього весняного періодів. У зв'язку з цим воно менше страждає від посухи. Озиме жито чуйне на добрива і попередники; при відповідних агротехнічних умовах обробітку воно дає достатньо високі врожаї - до 5,0 т/га, а в передових господарствах і більше 8,0 т/га.

Вегетаційний період озимого жита в помірних і північних широтах проходить два цикли, розділених між собою періодом вимушеного спокою, викликаного несприятливими умовами погоди для нормального росту рослин в зимовий час [22].



Перший цикл озиме жито проходить восени. Другий цикл зростання починається навесні при відновленні вегетації і закінчується влітку плодоношенням і відмиранням рослин. Цей період характеризується формуванням генеративних органів (колоса, колосків, квіток, зернівок і насіння). Осінній період є дуже важливим у житті озимих культур. У цей час формуються вегетативні органи рослин, що виконують найважливіші функції фотосинтезу, дихання, водообміну та ін.

В осінній період озиме жито проходить фази проростання насіння, сходи, третій лист і кущіння. При сприятливих умовах протягом осені жито інтенсивно кушиться і вкорінюється, а також накопичує у вузлах кущіння запаси енергетичних речовин, необхідні для гарту і благополучній перезимівлі.

Дослідженнями Ф. М. Купермана встановлено, що в процесі індивідуального розвитку рослини проходять дванадцять послідовних етапів органогенезу [18].

У міжфазний період проростання насіння - поява сходів озиме жито проходить I етап органогенезу. На цьому етапі конус наростання недиференційований, йдуть активні процеси анатомічної диференціації первинної меристеми на основні тканини майбутнього стебла і листя. При сприятливих умовах тривалість першого етапу органогенезу дорівнює 7-10 дням.

У фазах третього листа і кущіння озиме жито знаходиться на II етапі органогенезу, коли відбувається диференціація основи конуса наростання на вузлі, зближені міжвузля зародкового стебла і утворюються листові зачатки. У пазухах листових зачатків формуються конуси наростання другого порядку, з яких надалі утворюються пагони кущіння. Тривалість II етапу органогенезу досягає значно більших меж: 7-8 місяців. З них близько 4 місяців на півдні і 6 місяців на півночі рослини знаходяться в стані зимового спокою. Лише наприкінці зими та на початку весни при підвищенні

температури повітря і ґрунту на глибині вузла кущіння жито переходить до III етапу органогенезу [18].

Восени озиме жито формує досить потужну кореневу систему. Рясно гілкуючись, воно добре використовує запаси води і поживних речовин порівняно з невеликого обсягу ґрунту. Основна маса коренів озимого жита (до 90%) розташовується в орному шарі ґрунту, лише незначна частина їх може досягати до глибини 1,5-2 м. Таке розміщення кореневої системи зменшує небезпеку пошкодження рослин внаслідок неодноразового замерзання і відтавання ґрунту, збільшується опірність рослин до випирання [22].

У короткостеблових сортів озимого жита коренева система менш потужна, ніж у довгостеблові сортів; коротші стебла мають підвищену стійкість до вилягання. Короткостеблові рослини жита зазвичай мають знижену кущистість і щільні колосся.

Одночасно з розвитком кореневої системи жито формує надземну масу рослин: утворюються листя, зародкові стеблові вузли. У підземній частині стебла озимого жита в середньому на глибині 2-3 см закладається вузол кущіння - найважливіший і єдиний орган, здатний регенерувати нові органи рослини. У ньому накопичуються запасні поживні речовини, головним чином вуглеводи, які визначають в значній мірі результат перезимівлі рослин. Загибель вузла кущіння озимого жита призводить до загибелі всієї рослини.

Вузол кущіння у озимого жита зазвичай закладається ближче до поверхні ґрунту і глибина залягання його більш рівномірна, ніж у озимої пшениці. За сприятливих агрометеорологічних умов в осінній період у озимого жита при середній глибині залягання вузла кущіння по полю 3 см у 80% рослин вона становить 2-4 см і тільки у 20% менше 2 см або більше 4 см [22].

Озиме жито - сама морозостійка культура, здатна витримувати на глибині вузла кущіння мінімальну температуру  $-20 \dots -24 \text{ }^\circ\text{C}$ , а деякі сорти навіть нижче  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

З початком весняної вегетації жито продовжує кущитися, а потім рослини виходять в трубку. У весняно-літній період озиме жито проходить наступні фази розвитку: вихід в трубку, поява нижнього стеблового вузла соломини над поверхнею ґрунту, колосіння, цвітіння, молочна, воскова і повна стиглість. У цей період воно проходить решту (III-XII) етапів органогенезу [18].

У ранньовесняний період, коли жито ще кущиться, конус нарощування рослин знаходиться на III етапі - йде його витягування і «сегментація». З початком виходу рослин у трубку конус нарощування переходить до IV етапу, який пов'язаний з формуванням колоскових горбків.

У період від виходу в трубку до початку стеблуння конус нарощування знаходиться на V етапі - йде формування квіток у колосках.

VI етап - формування суцвіття в квітках, зростання середнього міжвузля втечі і VII етап - утворення статевих клітин рослин - (гамет) жито проходить в період росту стебла.

У фазі колосіння воно переходить до VIII етапу органогенезу, коли завершуються процеси формування всіх органів суцвіття та квітки. Фазі цвітіння відповідає IX етап органогенезу - йде запліднення і утворення зиготи.

У міжфазний період цвітіння - молочна стиглість конус нарощування проходить X етап органогенезу, який характеризується зростанням і формуванням зернівки. У фазі молочної стиглості, коли рослини знаходяться на XI етапі, йде накопичення поживних речовин в зернівці, яке триває до воскової і повної стиглості (XII етап) [18].

## 2.2 Вимоги озимого жита до умов навколишнього середовища

Озиме жито має найвищу морозостійкість, легко витримує морози до мінус 25 °С у безсніжні зими, а при доброму загартуванні восени йому не

шкодить зниження температури повітря до мінус 35 °С. Проте озиме жито, особливо тетраплоїдні сорти, недостатньо зимостійке, зокрема малостійке проти випрівання та вимокання.

Температурні умови грають важливу роль в житті рослин. Вони можуть прискорити або сповільнити їх розвиток в певні періоди. Максимальна продуктивність рослин проявляється тільки при оптимальному температурному режимі, властивому кожному виду, сорту і змінюваному по фазах їх розвитку.

Як північна рослина жито в цілому помірно теплолюбне. Насіння починає проростати при 1-2 °С, а сходи з'являються при температурі 4-5 °С. З підвищенням температури до 25 °С поява сходів прискорюється, але подальше збільшення тепла позначається негативно, а при температурі вище 30 °С проростання припиняється [30]. Сума ефективних температур для проростання насіння жита становить 52 °С, а для періоду від початку сходів до початку кушіння - 67 °С. Для нормального розвитку в осінній період загальна сума середньодобових температур від сходів до припинення осінньої вегетації повинна становити 400-500 °С.

В період підготовки рослин до зими оптимальні умови складаються, коли температура вдень поступово знижується до 5-10 °С, а вночі - до легких заморозків. Потім в денний час вона повинна знизитися до 2-5 °С, а в подальшому - до мінус 2-5 °С як вдень, так і вночі. При такому ході температури в сонячну осінь рослини накопичують достатню кількість цукру і витримують зниження температури ґрунту на глибині залягання вузла кушіння до мінус 20 - 22 °С [22].

При достатніх запасах вологи в ґрунті на тривалість періоду сівба – сходи головним чином впливає температура повітря. Найменша тривалість періоду сівба – сходи при середній температурі повітря вище 14 °С та доброму зволоженні ґрунту (більше 30 мм в орному шарі) складає 4 – 6 днів.

За даними [34] при достатньому зволоженні ґрунту для наступу фази сходів жита озимого необхідна сума ефективних температур (вище 5 °С)

близько 52 °С. При цьому сходи у жита з'являються через 4 дні. Зниженні температури повітря (7...8 °С) навіть при добрих запасах продуктивної вологи збільшують тривалість періоду сівба - сходи до 16 - 18 днів.

Активний ріст рослин восени відбувається до настання стійкого похолодання із середньодобовою температурою 4-5 °С. Навесні жито раніше відростає, ніж пшениця, і приблизно на 7 - 10 днів швидше досягає [26].

Процес кущення жита найкраще відбувається при середній за період сходи – початок кушіння температурі повітря 13 - 18 °С. Сума ефективних температур від сходів до кущення жита становить 67 °С. У період вегетації сприятливою для жита є температура 18 - 20 °С.

Встановлено, що для оптимальних умов вегетації жита озимого восени (для зон достатнього зволоження) сума ефективних температур повинна становити 200 °С, що забезпечує появу трьох пагонів кущистості, а сума ефективних температур в 300 °С забезпечує появу шості пагонів кущистості [30].

В зимовий час складається найбільш несприятливий температурний режим для рослин озимого жита. В період підготовки рослин до зими оптимальні умови складаються, коли температура вдень поступово знижується до 5-10 °С, а вночі - до легких заморозків. Потім в денний час вона повинна знизитися до 2-5 °С, а в подальшому - до мінус 2-5 °С як вдень, так і вночі. При такому ході температури в сонячну осінь рослини накопичують достатню кількість цукру і витримують зниження температури ґрунту на глибині залягання вузла кушіння до мінус 20-22 °С. Критичною температурою для виживання вузла кушіння, зазвичай залягає на глибині 1,5-2 см, вважається 16-20 °С в залежності від сорту, умов росту і розвитку восени, ступеня і тривалості загартування [22].

Дуже чутливе жито до високих температур у період цвітіння - погіршується запилення квіток, спостерігається череззерниця, а при наливанні формується щупле зерно. Сума ефективних температур від

початку весняного відростання до досягання становить 1200 - 1500 °С, а від проростання насіння до досягання 1800 °С.

У порівнянні з озимою пшеницею, жито менш вимогливе до вологи - досить ефективно використовує осінньо-зимові опади і краще витримує весняні посухи завдяки добре розвиненій кореневій системі. Проте в суху осінь сходи бувають досить зрідженими і рослини погано кушаться. Транспіраційний коефіцієнт у жита нижчий, ніж у озимої пшениці (340 - 420). Суха погода і спека, а також затяжні дощі у період цвітіння негативно впливають на запилення квіток, що викликає череззерницю.

Достатня кількість продуктивної вологи у фазу сходу і кушіння, а також під час найбільшого зростання - від виходу в трубку до колосіння має велике значення для озимого жита. Відсутність вологи в ґрунті при посіві затримує появу сходів, а сухість ґрунту надалі зменшує кушіння, що позначається на перезимівлі рослин і врожайності. Недолік вологи в період виходу в трубку - колосіння призводить до утворення дрібних, малопродуктивних колосів. Цей період є критичним по відношенню до вологи. У фазу наливання зерна вирішальне значення має висока відносна вологість повітря. При низькій вологості повітря посилюється випар вологи рослинами, знижується наповненість насіння, відбувається утворення щуплих зерен [30].

Озиме жито досить негативно реагує на ґрунтову й повітряну посуху. Особливо шкодить житу ґрунтова посуха у період трубкування рослин, коли формуються генеративні органи. Суха погода і спека, а також затяжні дощі у період цвітіння негативно впливають на запилення квіток, що викликає череззерницю. Завдяки добре розвиненій кореневій системі, маса якої в 1,5 рази перевищує пшеничну (6 т/га проти 3-4 т/га), та її високій всмоктувальній здатності озиме жито дає добрі врожаї не тільки на родючих чорноземах, а й на бідних піщаних ґрунтах Полісся, добре витримує підвищену кислотність ґрунту (рН 5,5), невелику засоленість [26].

Озиме жито до ґрунтів порівняно невимогливе, хоча дає високі врожаї на достатньо родючих або окультурених ґрунтах з нейтральною реакцією ґрунтового розчину. Кращими для його вважаються потужні чорноземи легкого механічного складу. При дотриманні вимог агротехніки високих врожаїв можна добитися і на інших різновидах чорноземів, а також на каштанових, сірих лісових, дерново-підзолистих і торф'яно-болотних, т. д. Відносно невисока вимогливість озимого жита до родючості ґрунтів обумовлена тим, що воно володіє потужною кореневою системою, яка охоплює великий обсяг ґрунту і здатне витягувати необхідні поживні речовини з важкорозчинних сполук [32].

Жито озиме, як уже зазначалося, менш вибагливе до родючості ґрунтів, тому більш поширене на підзолистих ґрунтах, де пшениця низьковрожайна. Високі врожаї жита збирають на осушених торф'яниках, а також на піщаних ґрунтах після внесення добрив і застосування сидератів. Серед зернових культур жито найменш чутливе до кислотності ґрунту (досить високі врожаї отримують за рік. Високі врожаї його вирощують і на родючих чорноземах. Ґрунти перезволожені, важкі та ті, що заливаються водою, для вирощування жита непридатні.

Однак потрібно враховувати, що для жита переважні ґрунти, легкі за механічним складом, які характеризуються хорошою аерацією і порівняно малою вологоємністю. Не випадково супіщані ґрунти називають «житніми».

Чистий пар, правильно оброблюваний і удобрюваний - це кращий попередник озимого жита в усіх зонах її обробітку. В чистих парах сприятливо складаються водно-повітряний і харчовий режими, забезпечуючи отримання повних і сильних сходів озимого жита, кращий розвиток рослин з осені і, як правило, високі врожаї.

Як відомо, жито озиме менш вимогливе до попередників, у тому числі і до повторного вирощування, порівняно з пшеницею озимою. Проте потенційні можливості районуваних сортів і гібридів найбільшою мірою виявляються при вирощуванні після кращих попередників, до яких у зоні

Лісостепу належать багаторічні трави на один укіс, озимі та кукурудза на зелений корм, вико-вівсяні сумішки на зелений корм і сіно, горох на зерно, кормові боби, вика, допускається вирощування після вівса, гречки [32].

Розміщення жита озимого після традиційних попередників для пшениці озимої практично неможливе, тому що пшениця озима є першою стратегічною культурою для забезпечення внутрішніх потреб України, яка вимагає кращих попередників. Істотні зміни у структурі посівних площ і особливо розширення посівів сої, ріпаку озимого та ячменю ярого обумовили зміну структури попередників під жито озиме.

Важливою умовою підвищення врожайності озимого жита є застосування органічних та мінеральних добрив, на які воно позитивно реагує в усіх зонах вирощування. За рахунок внесення органічних добрив (30-40 т/га) на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся приріст урожаю жита становить 6-8 ц/га, на чорноземах Лісостепу (20-25 т/га) 4-6 ц/га. Мінеральні добрива залежно від умов вирощування теж забезпечують приріст урожаю зерна на 3,5-8,5 ц/га [22].

З органічних добрив найбільше значення має гній. Використовують також низинний торф у вигляді компосту з гноєм, фосфоритним борошном і вапном. Вносять органічні добрива переважно під попередники озимого жита, яке добре використовує їх післядію.

На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України висівають люпин на зелене добриво, який приносять одночасно із внесенням фосфорно-калійних добрив з розрахунку P45-60K45-60.

Мінеральні добрива вносять під основний обробіток ґрунту, в рядки і в підживлення. Норми їх, як правило, нижчі, ніж під озиму пшеницю. Пояснюється це тим, що на високому фоні добрив озиме жито сильно вилягає. Крім того, воно краще, ніж озима пшениця, засвоює поживні речовини з ґрунту. Залежно від типу ґрунту норми повних мінеральних добрив становлять від 45 до 90 кг/га азоту, фосфору і калію. Більш високі дози добрив вносять при сівбі жита після стерньових попередників, при



виращуванні короткостеблових тетраплоїдних сортів, які стійкіші проти вилягання. Після кукурудзи під жито вносять підвищені норми азотних добрив, а після багаторічних трав, гороху, навпаки, зменшують ці норми. Калійні добрива повною дозою, фосфорні у кількості 80-85 % норми вносять під основний обробіток, решту 10-15 кг/га фосфору - в рядки під час сівби [30].

З перших днів життя рослини і до повної стиглості рослина має потребу в азотному живленні, до складу якого входять білки, ферменти, хлорофіл. Це один з найважливіших елементів живлення. Азотне живлення посилює кушіння і загальне зростання рослин.

Недостатня кількість азоту в зазначений період уповільнює ріст коренів, призводить до затримки кушіння, що знижує зимостійкість рослин. Найбільш сильний недолік азоту рослини озимого жита відчують навесні, з поновленням вегетації, коли починають відростати листя, пагони, коріння, відбувається формування стебла і колоса. Також, призводить до пожовтіння листя рослин, потім вони червоніють і відмирають, затримується розвиток кореневої системи, послаблюється ріст надземних органів. Достатня кількість азоту в орному шарі (не менше 40 кг/га) в цей час забезпечує добре кушіння в весняний період, формування щільних колосків і в підсумку, високий врожай [32].

Фосфор надає великий вплив на рослини - гарна забезпеченість рослин цим елементом необхідна з ранніх етапів росту і розвитку. Він, посилює поглинання та використання інших елементів живлення, сприяє кращому укоріненню і розвитку кореневої системи, зокрема азоту. Під дією фосфору посилюється накопичення цукру в клітинах та інших пластичних речовин, що оберігають рослини від вимерзання.

Фосфорні добрива скорочують період вегетації озимого жита, прискорюють перехід від вегетативного розвитку до генеративного, дозрівання насіння, підвищують посухостійкість рослин [26].

Калій відіграє особливу роль у водному і вуглеводному обміні рослин озимого жита відіграє калій. Він забезпечує нормальний процес фотосинтезу, регулює відтік асимілятів з листя, сприяє утворенню міцного стебла з товстими короткими міжвузлями. Внесений разом з азотними і фосфорними добривами під основний обробіток, сприяє кращому їх використанню.

Також калій обумовлює підвищення зимостійкості та посухостійкості озимих хлібів (завдяки збільшенню концентрації клітинного соку), зниження зараженості рослин грибними хворобами, зменшує вилягання. Особливо велике значення має внесення калійних добрив на піщаних ґрунтах. При калійному голодуванні у рослин озимого жита в період кушіння листя набувають темно-зелений відтінок, а два нижніх починають з верхівок жовтіти. В умовах інтенсивного обробітку озимого жита зростає роль мікроелементів (міді, бору, цинку, марганцю та ін.). Це пов'язано, по-перше, з тим, що з ростом врожаїв винесення з їх ґрунту збільшується, і, по-друге, зі зростанням виробництва концентрованих комплексних добрив, що містять менше мікроелементів порівняно з простими [21]. Мікродобрива покращують обмін речовин, підвищують врожайність і покращують якість зерна.

### 2.3 Шкідники і хвороби озимого жита

Особливо небезпечні шкідники, які негативно впливають на якість зерна жита, це: клопи, цикади, попелиці, трипси, які являються переносниками вірусних хвороб.

*Хлібні клопи* набувають поширення та збільшення питомої частки в господарствах на площах зернових культур. За видовим складом переважає клоп - шкідлива черепашка - 72 %. З інших клопів зерновим культурам завдають шкоди: маврський, австрійський, елія носата і гостроголова, трав'яний, ягідний, злаковий або хлібний. У наших умовах розвиваються в

одному поколінні. Зимують дорослі жуки в лісах, лісосмугах, під опалим листям та підстилці [28].

*Клоп – шкідлива черепашка* пошкоджує зернові культури, починаючи з перших днів появи на посівах і до переселення в місця зимівлі. Їх шкідливість розділяють на три періоди. Перший для озимої пшениці припадає на фазу виходу рослин у трубку і колосіння, для ярої – фазу сходів і кушення, коли пшеницю пошкоджують клопи, що перезимували. Другий період – цвітіння – початок формування зерна, коли шкодять личинки молодших віків. З фази молочної стиглості і до збирання врожаю триває третій період. В цей час шкодять личинки старших віків і молоді клопи. У перший і другий період шкідник пошкоджує або повністю знищує головне стебло. Це призводить до зниження врожаю на 50-54 %. Пошкодження колосу в період колосіння спричиняє повну або часткову білоколосицю, що призводить до значних втрат врожаю [23].

*Гессенська муха.* Поширена по всій території України, але частіше шкоди завдає у Степу. Пошкоджує пшеницю, ячмінь, жито, злакові трави. Пошкоджені рослини до виходу в трубку припиняють ріст і гинуть, а пошкодження рослин у фазі трубки до колосіння призводить до пустозерності колоса. У результаті живлення личинок у рослин утворюються характерні коліна, тому посіви набувають вигляду побитих градом або потолочених.

*Жук-хрестоносець.* Поширений повсюди, але найбільше на Поліссі та у північній частині Лісостепу. Він пошкоджує зерно пшениці, жита, ячменю, а личинки - кореневу систему зернових злаків. Довжина тіла 10-14 мм, голова, груди і ноги чорні, надкрила червонувато-коричневі з чорним малюнком у вигляді хреста. Екологічні та біологічні особливості схожі з жуком-кузькою.

*Трипс житній.* Житній трипс поширений в Україні повсюди. Пошкоджує жито, пшеницю й інші злаки. Дорослі трипси викликають часткову або повну білоколосість, живлення личинок - відмирання листків.

Колір тіла дорослої комахи від чорно-бурого до чорного, довжина 1,3-1,5 мм. Личинки блідо-жовті.

*Жук-кузька*. Поширені майже повсюди, за винятком північно-західних районів Полісся. Пошкоджує пшеницю, жито, ячмінь. Жук завдовжки 13-16 мм, тіло синювато-чорне з металевим блиском, надкрила темно-каштанові з чорною квадратною плямою біля щитка. Жуки не тільки виїдають зерно, а й вибивають його. Личинки пошкоджують кореневу систему, що пригнічує розвиток та викликає загибель рослин.

*Тверда головня* - поширена у всіх районах вирощування жита. Симптоми захворювання зазвичай проявляються в період молочної або початку воскової стиглості зерна [44]. Шкідливість хвороби проявляється в значному недоборі зерна, внаслідок утворення сажкових мішечків, а також в прихованих втратах, які іноді перевищують явні. Стійких сортів немає.

*Стеблева іржа* - збудник базидіальний гриб *Russinia graminis* Pers. f. sp. secalis Eriks. et Henn. Крім жита, її підвиди вражають ячмінь, пшеницю, овес і багато злакові трави. Шкідливість стеблової іржі дуже велика. При сильному ураженні жита недобирають зерна 50 - 60% і більше [44].

Шкідливість *лінійної іржі* полягає у порушенні водного балансу рослин (посилення транспірації), що в кінцевому результаті веде до формування плюсклого зерна. Інтенсивне ураження рослин збудником хвороби відбувається за наявності краплинно-рідинної вологи та температури повітря 18...20°C. Посилений розвиток хвороби відбувається за великої кількості атмосферних опадів.

*Ріжки жита*. Характерною ознакою хвороби є утворення у колосках під час наливання і досягання злаків спочатку фіолетово-синіх, пізніше чорних ріжків (склероціїв) замість зерна. Склероції у кілька разів перебільшують розмір насіння і виступають за межі колоскових лусочок, їх наявність у колосі дуже легко виявити. Рослини жита уражуються під час цвітіння сумкоспорами, які разносяться вітром. Окремі з них потрапляють на квітки рослин і проростають.

*Септоріоз жита* частіше викликається трьома недосконалими грибами з роду *Septoria*: *S. secalis* Prill, et Del., *S. secalina* Sacc. і *S. graminutn* Desm. У період вегетації рослин гриби поширюються за допомогою пікноспори, які заражають рослини. Проростають пікноспори при наявності крапельної вологи і температурі від 9 до 28 °С. Поширення: повсюдно, але сильніше розвивається в районах з достатнім зволоженням [28].

*Тифульоз* - проявляється на листках та інших надземних органах рослин у вигляді буруватих або білуватих плям з бурою або червонуватою облямівкою, а часто і без неї. Частіше тифульоз розвивається на важких, запливаючих ґрунтах і особливо на ділянках, зарослих пирієм. Хвороба зареєстрована в Латвії, Естонії, Литві, Білорусії, поліських областях України. Виявляється вогнищами на сходах озимого жита восени і навесні, особливо в роки з різкими змінами погоди. Випрівання, або загнивання зимуючих сходів озимого жита зустрічається рідше, ніж озимої пшениці. Частіше спостерігається в районах з глибоким сніговим покривом, на запливаючих ґрунтах, в низинах. Внаслідок випадання снігу на слабо замерзлу землю або при великих скупченнях води на посівах рослини значно послаблюються і швидко уражаються полусапрофітними грибами.

Відомі, крім тифулеза, такі типи загнивання зимуючих сходів жита: *склеротініоз*, *снігова пліснява* і *«снігова крупка»*. Уражені рослини з осені стають темно-зеленими і нерідко набувають вигляду ошпарених окропом. Навесні у таких рослин нижні листя відмирає і лежать на ґрунті, часто вкриті брудно-сірою грибницею. Верхні листки жовтіють і відмирають. Що з'являються нові листя має вузьку жорстку пластинку і ростуть вертикально. В пазухах листків уражених рослин часто виявляється щільна біла грибниця. Вузол куштиння уражених рослин втомився, надземна частина його легко відділяється від коренів. Між здоровою і мертвою тканиною часто утворюється червоно-коричнева облямівка [44]. Захворювання нерідко призводить до прорідження посівів та зниження продуктивності рослин на 30- 40 %.

*Тверда, або смердюча сажка.* Хвороба виявляється повсюди, де вирощують жито. Перші ознаки з'являються у фазі молочної стиглості зерна. Уражені рослини дещо відстають у рості, колос у них сплющений, має інтенсивне синьо-зелене забарвлення. Лусочки колосків, як правило, розсунуті в результаті розвитку в зерні збудника хвороби [23]. При роздавлюванні уражених зернівок у фазі молочної стиглості з них виділяється сіра рідина із запахом триметиламіну (запах гнилих оселедців), у зв'язку з чим іноді тверду сажку називають «смердючою».

#### 2.4 Характеристика розповсюджених в Україні сортів

На відміну від пшениці озимої, жито озиме є менш вибагливою до ґрунтових умов, може рости за підвищеної кислотності ґрунту. Кореневі волоски жита здатні засвоювати з ґрунту важкорозчинні мінеральні сполуки. Також жито має вищу стійкість до морозів та бур'янів, хвороб і шкідників, високу екологічну пластичність, може вирощуватися після гірших попередників. Все це ставить жито озиме в ряд особливо цінних сільськогосподарських культур сьогодення, проте не слід забувати, що розкрити свій потенціал кожна культура, зокрема, і жито спроможне лише за належного рівня агротехніки.

Одним із головних резервів збільшення виробництва зерна озимого жита та розширення посівних площ в Україні є удосконалення елементів технології вирощування сучасних сортів і гібридів, які реалізують свій потенціал урожайності та забезпечують високі показники якості при відповідній сортовій агротехніці вирощування.

Завдяки досягненням селекціонерів Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України зараз з'явилися високопродуктивні конкурентоспроможні сорти і гібриди жита озимого нового покоління з високим генетичним потенціалом урожайності, що свідчить про принципово

новий етап у виробництві культури. Найважливішими елементами сортової агротехніки в кожній конкретній зоні вирощування є підбір сортів і гібридів та попередників для забезпечення реалізації їх генетичного потенціалу врожайності. Це на сьогодні є найдешевшим агрозаходом, доступним для виробників [19].

Селекціонерами Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України вперше серед країн СНД створено гібриди жита озимого, такі як Первісток, Юр'ївець, Слобожанець та інші. В порівнянні з існуючими сортами, гібриди жита мають суттєві переваги, зокрема, забезпечують вищу врожайність та якість зерна, у тому числі й за менших норм висіву. Варто відзначити, що внаслідок підвищеної кущистості гібридів жита (коефіцієнт кушіння сягає 9 і більше) зникає необхідність застосування гербіцидів за їх вирощування, тому що своєю вегетативною масою гібриди повністю закривають поверхню ґрунту і тим самим перешкоджають росту й розвитку бур'янів [46].

Станом на 13 квітня 2017 року в реєстр сортів рослин України, придатних до поширення, включено 37 сортів озимого жита. Серед них дев'ять німецької селекції – Пікассо, Фугато, Гуттіно, Лівадо, Раво та інші; Польської – Данківській діамант [43].

**Юр'ївець** - Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Української академії аграрних наук. Рік внесення до Державного реєстру сортів рослин України: 2007. Колос середньої довжини, нещільний, мас горизонтальне положенням в просторі, та помірний сизий наліт Зернівка середньої довжини, із темним забарвленням алейронового шару. Середня урожайність за роки випробування становила в зоні Степу 58,8 ц/га, Полісся 50,9 ц/га Гарантована добавка 2.0-16,2 ц/га. Вміст білку 11,7%, загальна оцінка 6,6 балів. Зимостійкість на рівні 7,8-8,2 балів. Сорт відносно стійкий до вилягання, осипання, посухи; ураження хворобами незначне [13].

**Хамарка** - Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Української академії аграрних наук. Рік внесення до Державного реєстру сортів рослин

України: 2007. Рослина диплоїд, низька за висотою, форма куща напівпрямостоячий. Тип розвитку – озимий. Колос середньої довжини, нещільний, має похиле положенням в просторі, та слабкий сизий наліт. Зернівка середньої довжини, із світлим забарвленням алейронового шару. Середня урожайність в зоні Степу 56,5 ц/га. Гарантована прибавка 13,9 ц/га. Вміст білку 11,4%. Сорт відносно стійкий до посухи, осипання, вилягання; ураження хворобами незначне [13].

Тетраплоїдний сорт жита *Древлянське* створено Інститутом оздоровлення і відродження народів України та Інститутом молекулярної біології і генетики НАН України методом обробки насіння сорту "Белта" модифікованими екзогенними нуклеїновими кислотами тваринного походження з подальшою селекцією рослин на збіднених азотом ґрунтах. Основне значення сорту - використання зерна для продовольства, а зеленої маси і соломи - для кормових. Вегетаційний період - 307-312 днів. Сорт середньорослий. Вага 1000 насінин - 40-55 г.

Сорт має високу стійкість до проростання зерна в колосі на корені, що забезпечує високоякісне зерно для посіву та продовольства. Сорт зимостійкий, стійкий до кореневих гнилей, снігової плісняви та борошнистої роси.

Недоліком сорту є загибель рослин при тривалому вимокання, яке триває більше місяця і поразка бурюю іржею. Найбільш високий урожай на звичайних ґрунтах в Київській обл. склав 55 ц/га. В умовах державних сортовипробування в 1994 р. у Чернівецькій і Хмельницькій областях врожайність сорту досягла 66-66,8 ц/га. У 1997 р сорт жита "Древлянська" занесений до Державного реєстру сортів України і визначений національним стандартом для тетраплоїдних сортів жита.

*Хасто* - оригінатор: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, в реєстрі сортів рослин України з 2002 року для Лісостепу. Синтетик, диплоїдний сорт. Сорт середньостиглий. Висота 110-130 см, домінантний тип короткостебловий, придатний для механізованого збирання. Зимостійкість



підвищена, посухостійкість висока. Ураження борошнистою росою, бурою іржею і сніговою пліснявою на рівні 5-7%, посухостійкість 9 балів. Господарські ознаки: потенційна врожайність 7,0 т/га, зерно крупне, овальне, сіро-зеленого кольору. Маса 1000 зерен 34-37 г. Число падіння 280 - 330 с. Хлібопекарські властивості добрі. Вміст сирого протеїну становить 10,4% . Агротехнічні вимоги з розміщення після попередників багаторічних трав, гороху, кукурудзи на зерно.

**Пикассо.** Автори: P.Wilde, B.Schmiedchen, J.Menzel Заявник - селекційно-насінницька фірма «Lochow- Petkus GmbH» (Німеччина). В 2005 році внесено до Державного реєстру.

Морфологічні ознаки. Гібрид диплоидной жита. Стебло зі слабким опушенням під колосом, порожнистий, висотою 127-130 см. Колос горизонтальний, слабо веретеновидної форми, зі слабким восковим нальотом, довжиною 10-12 см, середньої щільності, кількість колосків у колосі 35-40. Зерно полуовидовженої форми, темне. Середня врожайність гібрида за 2003-2005 роки становила 72,7 ц/га, максимальна 119,5 ц/га отримана в 2004 році. Сорт середньостійкий до вилягання, з хорошою зимостійкістю. Відносно стійкий до посухи. Маса 1000 насінин 32,6-40,4 г. Вміст білка в зерні 9,2%, збір білка з гектара 6,4 ц. Хлібопекарські якості задовільні [15].

**Фугато.** Заявник - селекційно-насінницька фірма «HYBRO Saatzucht GmbH & Co.KG» (Німеччина). Рік включення сорту до Державного реєстру – 2009. Середня врожайність за 2006-2008 роки випробування склала 73,6 ц/га, максимальна врожайність 108,0 ц/га в 2008 році. Гібрид з хорошою зимостійкістю і стійкістю до посухи, до вилягання - середньостійкий. Середня маса 1000 насінин 38,1 г. Вміст білка в середньому 9,3%. Хлібопекарські якості від задовільних до хороших.

**Слобжанець F1** - Оригінатор: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2008 року для Степу та Полісся. Біологічні особливості: гібрид середньостиглий. Висота 120-130 см.

Зимостійкість 9 балів, посухостійкість 9 балів, толерантний до основних хвороб. Господарські ознаки: потенційна врожайність 9,5-10,0 т/га, зерно крупне, овальне, сіро-зеленого кольору. Маса 1000 зерен 34-37 г. Число падіння 280 - 330 с. Агротехнічні вимоги: розміщувати після попередників - пар, багаторічні трави, горох, кукурудза на зерно. Строки сівби - оптимальні для озимого жита в зоні вирощування. Норма висіву 3,0 млн. схожих зерен [13].

*Дозор*. Виробник: Носівська СДС інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва в 2005 році. Рекомендовано для всіх ґрунтово-кліматичних зон країни. Сорт диплоїдний, середньостиглий, стійкий щодо посухи (8 балів), вилягання (7 балів), має високу зимостійкість (9 балів). Хворобами та шкідниками уражується слабо. Середня урожайність сухої речовини - 129,6 ц/га, насіння - 72,5 ц/га. Вміст білка у сухій речовині - 12,6%, клітковини - 30 %.

*Харківське 98* – Оригіна́тор - інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України з 1999 року для всіх зон України. Сорт середньостиглий. Висота 110 – 130 см. Зимостійкість підвищена, посухостійкість висока. Толерантний до основних хвороб. Стійкість до вилягання та осипання висока. Придатний до механізованого збирання. Потенційна врожайність 7,0 т/га, зерно крупне, овальне, сіро-зеленого кольору. Маса 1000 зерен 32-38 г. Хлібопекарські властивості добрі. Вміст сирого протеїну становить 12,4%. Агротехнічні вимоги: розміщувати після попередників - багаторічні трави, горох, кукурудза на зерно. Строки сівби оптимальні для озимого жита для зони вирощування. Норма висіву 4,0 млн. схожих зерен [13].

### III. 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 [3, 14, 37].

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 [6, 17] показує, що отримані в моделях проєкції можна використовувати як початкові для подальших прогнозів в суміжних та кліматозалежних 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 [6].

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) [36].

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 CO<sub>2</sub> є вищою за сьогоднішній рівень унаслідок зростання сукупних викидів CO<sub>2</sub> протягом XXI століття.

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP2.6; 4,5 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP4.5; 6,0 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP6.0 і 8,5 Вт·м<sup>-2</sup> 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) [29,

36]. Згідно RCP6.0 і RCP8.5, радіаційне вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в RCP2.6 цей вплив досягає максимуму і потім знижується; і в RCP4.5 він стабілізується до 2100 р. (рис. 3.1).

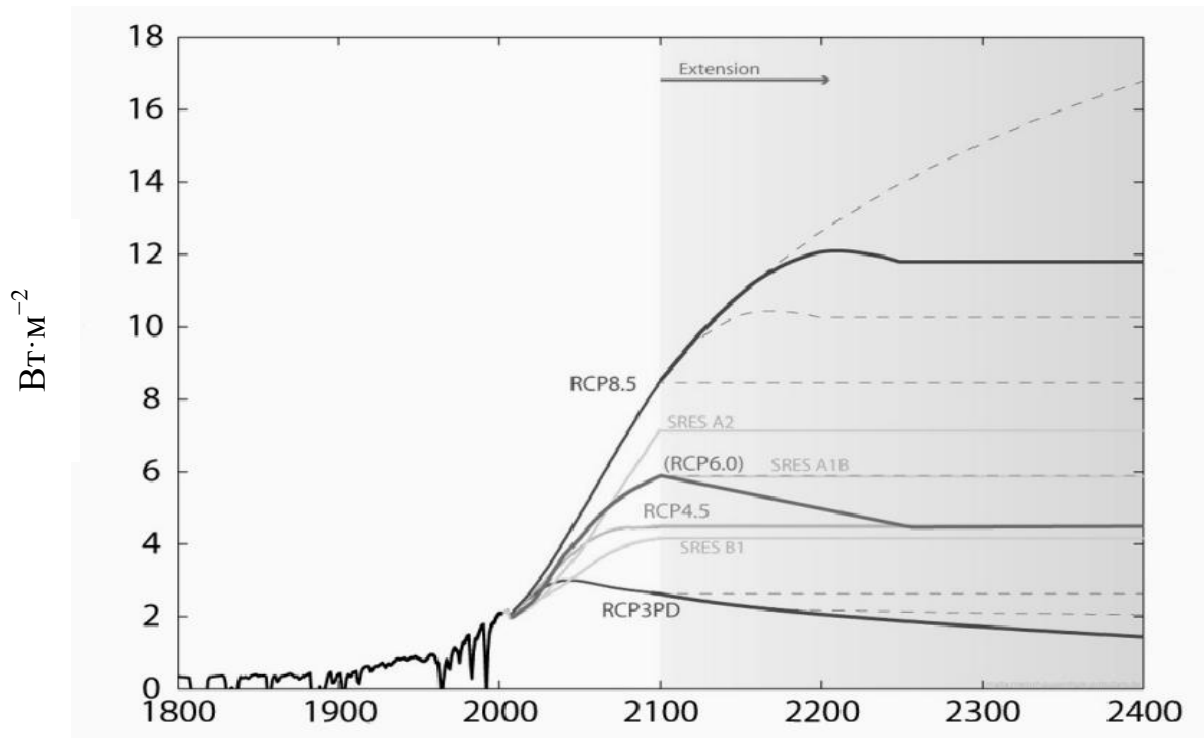


Рисунок 3.1. Схематичне зображення радіаційного впливу (товсті лінії – рекомендовані траєкторії, пунктирні – траєкторії з врахуванням додаткових можливостей, визначених за альтернативними правилами) [40]

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 (СДСВ), що використовувались в попередніх доповідях з питань зміни клімату [35]. Сценарії СДСВ 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 [29, 36].

### 3.2 Моделювання формування продуктивності зернових культур

Існують різні методи оцінки взаємозв'язку між погодними умовами, технологіями вирощування і врожайністю сільськогосподарських культур. Усі ці методи оцінки можна розділити на дві групи. Перша група складається з імітаційних моделей сільськогосподарських культур, які дають безпосередньо оцінку впливу погодних і ґрунтових умов на фізіологію рослин. Ці типи моделей корисні, тому що вони зосереджені на моделюванні специфічних впливів загальновідомих фізіологічних і біологічних факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин на протязі їхнього життєвого циклу.

Друга група складається з моделей множинної регресії, які оцінюють взаємини погодних умов, технологій вирощування і врожайності культур. Одним з переваг моделей множинної регресії над імітаційними моделями є те, що моделі множинної регресії охоплюють як погодні умови, так і технологічні аспекти зміни врожайності з плином часу.

Регресивні моделі розроблені для прогнозування врожайності зернових культур для території штатів Іллінойс, Індіана, і Айова розроблена

Л.М. Томпсоном [39], включає в себе середньомісячні дані про кількість опадів і спостережень за температурою повітря з 1930 по 1962 рр. Модифікована модель включає в себе щомісячні спостереження з 1960 по 2006 роки.

В.Л. Діксон і інші автори [38] стверджували, що регресивні моделі, засновані на середньомісячних метеорологічних даних потенційно менш корисні для оцінки і прогнозування врожайності, ніж ті моделі, які засновані на метеоданих в певні стадії розвитку культури. Проте, результати їх досліджень показали, що поліпшення моделей системи «рослина-погода» з використанням щотижневих змінних з прив'язкою до розвитку культури було незначним і вимір змінних було значно складним і трудомістким.

При побудові довгоперіодичних динамічних моделей формування продуктивності сільськогосподарських культур використовуються методологія, розроблена Ю.К. Россом [27], Х.Г. Тоомінгом [31], а також сформульовані цими авторами принципи моделювання ряду фізіологічних процесів.

У основі моделі А.М. Польового [24] лежить система рівнянь радіаційного, теплового, водного балансів і балансу біомаси в рослинному покриві системи "середовище – рослина". Система "середовище – рослина" розглядається як складна динамічна система, що розвивається під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників, в якій виділяються процеси росту, розвитку та формування продуктивності рослин в їх складній взаємодії. Моделювання процесу росту і розвитку рослин містить кількісний опис процесів фотосинтезу, дихання, росту та розвитку рослин.

Польовим А.М. та Кульбідю Н.І. [25] розроблена модель формування врожаю озимої пшениці в Україні періоду весняно-літньої вегетації, яка включена в автоматизоване робоче місце агрометеоролога-прогнозіста. За основу моделі взято базову динамічну модель формування врожаю сільськогосподарських культур, в яку був внесений цілий ряд істотних модифікацій з більш детальним врахуванням впливу волого-температурного

режиму на процес фотосинтезу та комплексній оцінці впливу на ріст і формування репродуктивних органів таких екстремальних явищ, як посуха і суховії, полягання посівів, «стікання» зерна.

Антоненко В.С. [1] запропонував динамічну модель росту, розвитку та формування врожаю озимої пшениці, що описує весь життєвий цикл культури "від насіння до насіння". Модель призначена для інтерпретації аерокосмічної інформації і відповідно до цільового призначення моделі, в неї включені характеристики зовнішнього середовища і параметри стану рослинного покриву, які дозволять використати дистанційну інформацію про стан ґрунтово-рослинного покриву.

Вітченко О.М. [4] розроблена діаміко-статистична модель оцінки агроекологічного потенціалу ландшафтів та встановлені функції впливу агроекологічних факторів (сонячної радіації, ґрунтової родючості, вологості ґрунту, температури повітря, умов перезимівлі та ін.), Визначені параметри моделі для основних сільськогосподарських культур оброблюваних в Білорусі (озиме жито, озима пшениця, ярий ячмінь, картопля і льон-довгунець), обґрунтовані і запропоновані показники: ступеня негаразди кліматичних умов, що характеризує розмір втрат врожайності, обумовлені лімітуючою дією кліматичних умов вегетаційного періоду, рівня використання агрокліматичних ресурсів та рівня реалізації агроекологічного потенціалу ландшафтів.

### 3.3 Базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур

Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму у системі ґрунт - рослина - атмосфера і біологічних уявлень про ріст і розвиток сільськогосподарських культур під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі



лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси (вуглеводів та азоту) у рослинному покриві [24].

Модель складається із 8 блоків:

1. Блок вхідної інформації.
2. Блок радіаційно-теплового режиму рослинного покриву.
3. Блок водного режиму рослинного покриву.
4. Блок фотосинтезу.
5. Блок дихання і старіння рослин.
6. Блок мінерального живлення.
7. Блок росту (розподіл структуроутворюючих компонентів – вуглеводів і азоту).
8. Блок формування площі листя.

Розглядається, що рослина складається з двох функціонально пов'язаних частин: надземної (shoot) і підземної (root), які у свою чергу поділяються на окремі органи або їх складові частини. Виділяються: функціонуючі листки ( $l_{func}$ ), пожовклі листки ( $l_{yel}$ ), відмерлі листки ( $l_{mor}$ ), зелені стебла ( $s_{gr}$ ), пожовклі стебла ( $s_{yel}$ ), функціонуючі корені ( $r_{func}$ ), відмерлі корені ( $r_{mor}$ ), функціонуючі репродуктивні органи ( $p_{func}$ ), дозріваючі репродуктивні органи ( $p_{rip}$ ).

Маса  $m$  окремих органів та їх окремих частин складається з двох компонентів – маси вуглеводів  $C$  і маси азоту  $N$ . Моделюється, що під впливом екзогенних і ендогенних чинників у рослині відбувається формування єдиного фонду вільних вуглеводів  $C_{lab}$  та єдиного фонду вільного азоту  $N_{lab}$ .

*Моделювання радіаційного та теплового режимів рослинного покриву.* Радіаційний баланс рослинного покриву можна представити у вигляді суми довгохвильової і короткохвильової радіації:

$$R_L = Q_L + F_L ; \quad (3.1)$$

$$R_S = Q_S + F_S , \quad (3.2)$$

де  $R_L$  і  $R_S$  – радіаційний баланс рослинного покриву (РП) і поверхні ґрунту;

$Q_L$ , і  $Q_S$  – величини поглиненої короткохвильової радіації РП і поверхні ґрунту;

$F_L$  і  $F_S$  – величини балансу довгохвильової радіації РП і поверхні ґрунту.

Величини поглиненої короткохвильової радіації рослинного покриву і поверхні ґрунту визначаються за співвідношеннями:

$$Q_L = Q_o(1 - \alpha_{LS}); \quad (3.3)$$

$$Q_S = Q_o a_Q (1 - \alpha_S), \quad (3.4)$$

де  $Q_o$  – сумарна короткохвильова радіація над верхньою межею РП;

$\alpha_{LS}$  і  $\alpha_S$  – альбедо РП і поверхні ґрунту;

$a_Q$  – функція пропускання сумарної радіації РП.

Альбедо рослинного покриву визначається за формулою

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_o} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_o}) \exp[-L(1 + ctgh_o / \pi)], \quad (3.5)$$

$$\alpha_{Lh_o} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sinh_o}.$$

Альбедо поверхні ґрунту визначається в залежності від зволоження ґрунту за допомогою рівняння

$$\alpha_S = \alpha_S^{\max} - (\alpha_S^{\max} - \alpha_S^{\min}) \frac{W_{SS} - W_{WP}}{W_{FC} - W_{WP}} \quad \text{при } W_{WP} \leq W_{SS} \leq W_{FC}, \quad (3.6)$$

$$\alpha_S^{\min} \quad \text{при } W_{SS} > W_{FC},$$

де  $\alpha_S$  – альbedo поверхні ґрунту;

$\alpha_S^{\max}, \alpha_S^{\min}$  – альbedo сухого і досить зволоженого ґрунту;

$W_{SS}$  – вологість поверхневого шару ґрунту;

$W_{WP}$  – вологість стійкого в'янення;

$W_{FC}$  – найменша вологемність ґрунту.

Функцію пропускання сумарної радіації знаходимо за формулою

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_s^L L}{\sinh o}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_s^L L}{\sinh o}\right), \quad (3.7)$$

де  $c_2, c_3$  – емпіричні постійні;

$k_s^L$  – емпірична постійна, що характеризує вплив геометричної структури РП на пропускання сонячної радіації.

Величини балансу довгохвильової радіації визначаються за такими формулами:

$$F_L = (F_A + \varepsilon_S \sigma T_S^4 - 2\varepsilon_L \sigma T_L^4)(1 - e^{-kL}), \quad (3.8)$$

$$F_S = F_A e^{-kL} - \varepsilon_S \sigma T_S^4 + \varepsilon_L \sigma T_L^4 (1 - e^{-kL}), \quad (3.9)$$

де  $F_A$  – противипромінювання атмосфери

$\varepsilon_L$  і  $\varepsilon_S$  – коефіцієнти сірості листя і ґрунту;

$\sigma$  – постійна Стефана-Больцмана;

$T_L, T_S$  – температура листя і ґрунту;

$k$  – емпіричний параметр орієнтації листя.

Противипромінювання атмосфери визначається за виразом

$$F_A = \varepsilon_a \sigma T_a^4, \quad (3.10)$$

де  $T_a$  – температура повітря;

$\varepsilon_a$  – коефіцієнт довгохвильового випромінювання, який може бути визначений за емпіричною формулою

$$\varepsilon_a = 0,398 \cdot 10^{-5} \cdot T_a^{2,148}. \quad (3.11)$$

Потік тепла у ґрунті приймається пропорційним радіаційному балансу поверхні ґрунту

$$B_S = c_{BS} R_S, \quad (3.12)$$

де  $c_{BS}$  – емпірична постійна.

Сумарна короткохвильова радіація визначається за формулою

$$Q_o = A_1 \left( \frac{1}{\tau} + S \right)^{A_2} \exp\left(-A_3 \frac{S}{\tau}\right) + A_4 \exp\left[-A_5 \left(1 - \frac{S}{\tau}\right) (\sinh_o)^{A_6}\right] \quad (3.13)$$

де  $A_1 - A_6$  – константи;

$\tau$  – тривалість світлого часу доби, від сходу до заходу Сонця.

*Моделювання водного режиму рослинного покриву.* Вологоперенесення у ґрунті. Рівняння потоку води в системі ґрунт – корінь розглядається одночасно як для насиченого так і ненасиченого середовища

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{1}{C(\psi)} \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\Theta) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(\psi)}{C(\psi)}, \quad (3.14)$$

де  $\psi$  - потенціал тиску ґрунтової вологи;

$C(\psi) = \frac{d\Theta}{d\psi}$  - диференціальна вологоємність;

$K(\Theta)$  – гідравлічна провідність;

$\Theta$  – об'ємна вологість;

$S(\psi)$  – поглинання води кореннями;

$t$  – час;  $z$  – вертикальна координата.

Як початка умова ( $t = 0$ ) задається

$$\psi(z, t = 0) = \psi_0(z). \quad (3.15)$$

За граничні умови приймається:

– на нижній межі ( $z_{so}$ ) потенціал тиску задається як

$$\psi(z = z_{so}, t) = \psi_{so}(t), \quad (3.16)$$

– на рівні ґрунтових вод величини

$$C(\psi) = 0 \quad \text{і} \quad \psi(z_{so}, t) = 0; \quad (3.17)$$

– на поверхні ґрунту  $z_o$  (верхня межа)

$$P_s - E = -K(\Theta) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \quad \text{при} \quad P_s - E < J_{\max}; \quad (3.18)$$

$$\Theta = \Theta_{\max} \quad \text{при} \quad P_s - E \geq J_{\max}$$

де  $P_s$  – кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту;

$E$  – випаровування з поверхні ґрунту;

$J_{\max}$  – максимально можлива інтенсивність інфільтрації при вологості

ґрунту на його поверхні, дорівнює  $\Theta_{\max}$ .

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, знаходиться як

$$P_s = P_o - P_L, \quad (3.19)$$

де  $P_o$  – кількість опадів, що випали;

$P_L$  – кількість опадів, перехоплених рослинним покривом, яка залежить від величини листкової поверхні

$$P_L = 0,2 L, \quad (3.20)$$

де  $L$  – відносна площа листкової поверхні (листяний індекс).

Величина джерельно-стокового члена  $S(\psi)$  визначається в залежності від потенціалу тиску і максимальної швидкості поглинання води  $S_{\max}$

$$S(\psi) = \alpha_s(\psi) S_{\max} / f_{depth}^{root} \quad (3.21)$$

приймаємо, що  $S_{\max} = T_r$ , де  $T_r$  – транспірація;

$f_{depth}^{root}$  – функція розподілу коренів на глибині;

$\alpha_s(\psi)$  – функція впливу водного потенціалу ґрунту на поглинання води кореневою системою.

Транспірація рослинного покриву визначається за формулою Пенмана

$$T_r = \frac{\Delta \left( \frac{R_L}{\lambda} \right)}{\Delta + \gamma_{ef}} + \frac{ET_{pot}}{\Delta + \gamma_{ef}}, \quad (3.22)$$

де  $\Delta$  – нахил кривої залежності тиску насиченої водяної пари від температури повітря;

$\gamma_{ef}$  – ефективна психрометрична постійна;

$R_L$  – радіаційний баланс РП;

$ET_{pot}$  – випаровуваність;

$\lambda$  – прихована теплота пароутворення.

Випаровуваність визначається за допомогою рівняння

$$ET_{pot} = \frac{(e_s - e_a) \rho c_p}{r_a}, \quad (3.23)$$

де  $e_s$  – тиск насиченої пари при даній температурі повітря;

$e_a$  – фактичний тиск водяної пари;

$\rho$  – густина повітря;

$c_p$  – теплоємність повітря;

$r_a$  – опір примежового шару.

Ефективна психрометрична постійна знаходиться за формулою

$$\gamma_{ef} = \gamma \frac{r_a + r_{st}}{r_a}, \quad (3.24)$$

де  $\gamma$  – психрометрична постійна;

$r_{st}$  – продиховий (устячковий) опір дифузії водяної пари для листя.

Опір примежового шару визначається за виразом

$$r_a = \frac{\ln[(z - d_o) / z_o]^2}{\chi^2 u}, \quad (3.25)$$

де  $d_o$  – висота шару витіснення;

$z_o$  – висота шару шорсткості;

$\chi$  – постійна Кармана;

$u$  – швидкість вітру на висоті  $z$ .

Продиховий опір визначається за формулою

$$r_{st} = \frac{1}{g_n + \frac{g_x Q_o}{Q_o + p_r}}, \quad (3.26)$$

де  $g_n$ ,  $g_x$ ,  $p_r$  – емпіричні параметри.

Випаровування з поверхні ґрунту  $E_s$  визначається як

$$E_S = \frac{(\Delta R_S) \cdot 1,26}{\Delta + \gamma}. \quad (3.27)$$

*Модельовання процесів фотосинтезу, дихання та старіння рослин.*  
Фонд вільних вуглеводів рослин на кожному часовому кроці являє собою баланс продуктів фотосинтезу і продуктів розпаду тканин (при стресових умовах або старінні рослин), а також витрат на дихання

$$\frac{dC_{lab}}{dt} = \Phi + C_{hydr} - R, \quad (3.28)$$

де  $C_{lab}$  – фонд вільних вуглеводів;

$\Phi$  – маса продуктів фотосинтезу;

$C_{hydr}$  – маса вуглеводів, що утворюються при розпаді тканин, які старіють;

$R$  – витрати вуглеводів на дихання рослин.

Процес фотосинтезу листя описується з врахуванням впливу на фотосинтез рівня мінерального живлення, фази розвитку рослин, температурного режиму і вологозабезпеченості рослин.

При стресових умовах і старінні рослин відбуваються процеси розпаду тканин. Ці процеси описуються рівняннями кінетики ферментативного каталізу. При достатньо високій концентрації гідролізуемого субстрату, швидкість розпаду може бути описана рівнянням реакції нульового порядку, а при достатньо низькому – рівнянням реакції першого порядку

$$\frac{dC_{ihydr}}{dt} = K_{hydr}^0 K_{hydr}(T_a) K_{hydr}(W) \quad \text{при} \quad C_i \geq C_{icrit} \quad (3.29)$$

і

$$\frac{dC_{ihydr}}{dt} = K_{hydr}^1 K_{hydr}(T_a) C_i K_{hydr}(W) \quad \text{при} \quad C_i < C_{icrit} \quad (3.30)$$



де  $K_{hydr}^0$  – константа швидкості реакції нульового порядку;

$K_{hydr}^1$  – константа швидкості реакції першого порядку;

$K_{hydr}(T_a), K_{hydr}(W)$  – функції впливу температури повітря  $T_a$  і вологості ґрунту  $W$  на швидкість розпаду;

$C_{icrit}$  – критична кількість вуглеводів, що визначають початок реакції розпаду як реакції першого порядку;

$C_i$  – кількість вуглеводів тканин, які старіють.

Витрати на дихання росту і дихання підтримки моделюються з використанням концепції Мак-Крі і з врахуванням зміни інтенсивності дихання в онтогенезі та під впливом температури повітря

$$\frac{dR}{dt} = \alpha_R \left[ C_G \frac{dm}{dt} + C_m m \varphi_R \right], \quad (3.31)$$

де  $C_G$  – коефіцієнт витрат на дихання росту;

$C_m$  – коефіцієнт витрат на дихання підтримки;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;

$dm/dt$  – приріст біомаси рослин;

$m$  – маса рослин;

$\varphi_R$  – температурна крива дихання.

## IV. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОГО ЖИТА В ПОЛІССІ УКРАЇНИ

### 4.1 Сучасний стан та перспективи вирощування озимого жита

Озиме жито - зернова культура, яка має велике значення, особливо в районах, де обмежена обробіток озимої пшениці через ґрунтово-кліматичних умов, що дозволяє віднести цю сільськогосподарську культуру до групи культур найменшого економічного ризику при її вирощуванні.

Велике значення озимого жита в інтенсифікації землеробства. Розвиваючи з осені рослинний покрив і пронизуючи ґрунтову товщу кореневою системою, вона сприяє запобіганню водної та вітрової ерозії. Жито не тільки обумовлює збереження ґрунтової родючості, а й сприяє його підвищенню, накопичуючи в ґрунті в 2 рази більше органічних речовин порівняно з яровими зерновими та служить прекрасним попередником для інших культур. Також озиме жито звільняє поля раніше за інші зернові культури, що дозволяє провести пожнивне лушення і зяблеву оранку в оптимальні терміни. При цьому стає можливим внесення органічних та мінеральних добрив восени під зяб, що дуже впливає на підвищення врожайності наступних культур [22].

Жито, зазвичай, застосовується для годування тварин в суміші з іншими зерновими культурами. Житнім борошном та висівками часто присмачують грубі корми - сіно, соломку і полу.

Зелена маса озимого жита в абсолютно сухій речовині містить протеїну 15-16, без азотистих екстрактивних речовин 32-35, клітковини 32-33, жиру близько 6% і добре засвоюється тваринами. Один кілограм зеленої маси дорівнює 0,18 корм. од. Особливо підвищується кормова цінність зеленої маси жита при спільному її посіві з озимою викою. Місце, що звільнилося

після збирання вико-житній суміші поле можна використовувати для посіву поукісних культур [46].

Солома жита по якості значно поступається соломі інших злаків, тому використовується в основному на підстилку для худоби. У той же час її з успіхом застосовують для приготування різноманітних плетених художніх виробів і деяких предметів побутового призначення (мати, обгортковий папір, капелюхи), а також можна отримати кристалічний цукор, целюлозу, оцет, лігнін [19].

На сьогоднішній день лідерами по вирощуванню жита в Україні є Рівненська, Чернігівська, Житомирська та Волинська області (рис. 4.1). Світове виробництво жита зосереджено в країнах Євросоюзу, Росії, Білорусії, США, Канаді, Туреччині та ін. [11, 16].

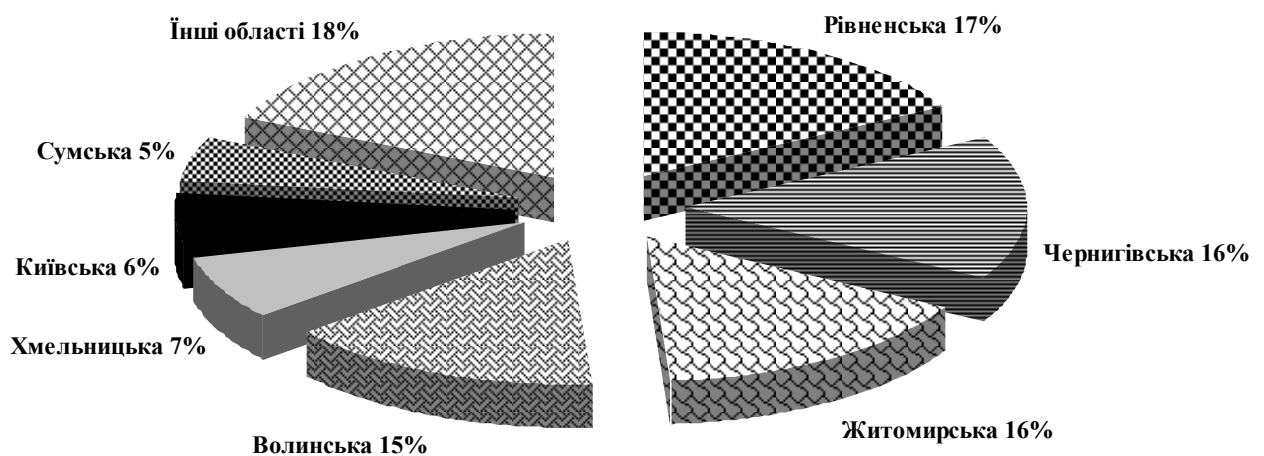


Рисунок 4.1 - Обсяг виробництва озимого жита в Україні в розрізі областей станом на 2018 рік [32]

Товарні ресурси зернового ринку і повнота задоволення потреби в різних видах зерна значною мірою визначаються розміром, структурою

посівних площ, врожайністю і як похідною цих параметрів складом валових зборів зернових культур. Врожайність і валовий збір не відрізняються стабільністю. Високі врожаї зерна припадають, в основному, на роки з відносно сприятливими погодними умовами.

На рисунку 4.2 представлена динаміка виробництва озимого жита в Україні. Як бачимо, в останні роки відбувається ріст врожайності жита.

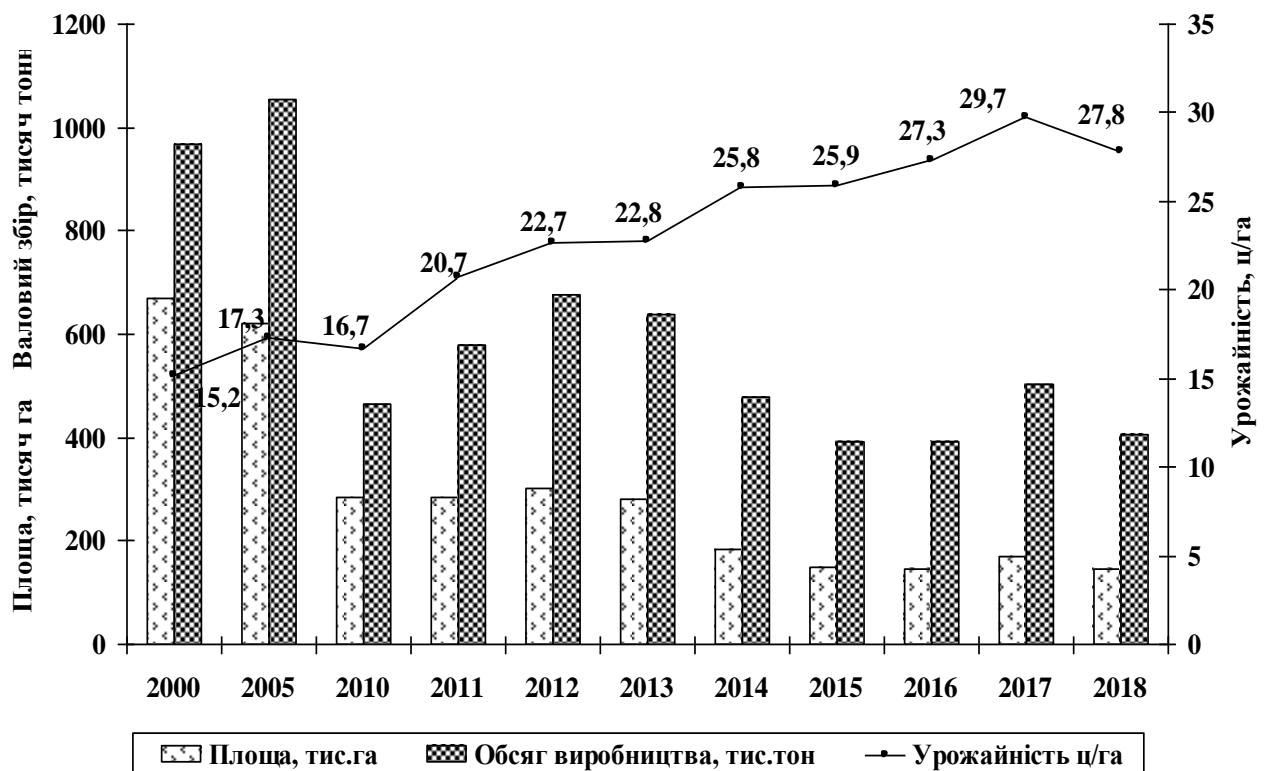


Рисунок 4.2 - Динаміка виробництва жита озимого в Україні [32]

Незважаючи на те, що в Україні жито почали вирощувати понад три тисячі років тому, останнім часом спостерігалася тенденція скорочення посівних площ цієї культури у зв'язку з розширенням площ пшениці озимої, а також з економічних причин - передусім низькою закупівельною ціною на зерно жита. Але зі стрімким розвитком світової економічної кризи, а також із гострим дефіцитом продовольства у багатьох країнах світу ціни на продовольчу продукцію та сировину для її виробництва почали зростати з

рекордною швидкістю. Змінилися й пріоритети щодо значення тієї чи іншої культури. На сьогодні, наприклад, закупівельні ціни на жито істотно перевищують вартість пшениці. І це при тому, що потенційна урожайність жита озимого є на порядок вищою, ніж у пшениці озимій [9].

Так, врожайність жита в 2000 році в середньому становила 15,2 ц/га, в 2010 році 16,7 ц/га, то в 2017 та 2018 роках ці значення становлять вже 29,7 та 27,8 ц/га відповідно, що свідчить про тенденцію росту врожайності жита. Під урожай жита 2017 та 2018 року в Україні було засіяно 170 і 147 тис.га відповідно, що в три рази менш, ніж у 2000 та 2005 роках. За рахунок збільшення врожайності валовий збір в останні роки зменшився на половину.

#### 4.2 Агрокліматичні умови вирощування озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату

Урожайність озимого жита залежить від багатьох факторів, серед яких найважливішими є світло, тепло, волога, мінеральне живлення тощо. Зміни клімату, які особливо відчутні в останнє десятиліття, спричиняють зміну агрокліматичних умов вирощування озимого жита, які, в свою чергу, спричиняють зміну темпів розвитку культури, показників формування її продуктивності, яка значною мірою визначає рівень врожайності [8, 10, 12].

Для оцінки можливих змін клімату нами було використано сценарій RCP4.5 - (репрезентативні траєкторії концентрації), який являє собою сценарій середнього рівня викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів.

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.

Слід зазначити, що вплив зміни клімату на продуктивність озимого жита розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів культури. Для дослідження впливу кліматичних змін на продуктивність озимого жита на фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти:

- базовий (середні багаторічні);
- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері до 470 ppm.

Розрахунки виконувались для природно-кліматичної зони Полісся. Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності сільськогосподарських культур розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів жита озимого в припущенні, що вони суттєво не зміняться. Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів розглядалась нами за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій змін клімату в Україні RCP4.5 (2021-2050 pp.).

Агрокліматичні умови періоду вегетації озимого жита за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2021 - 2050 pp.) в Поліссі у порівнянні з середньо багаторічними даними (1991 - 2010 pp.) представлено на рис.4.3. Як видно з графіку, період вегетації озимого жита за умов реалізації сценарію «клімат» буде проходити на фоні знижених температур та зменшеної кількості опадів наприкінці та збільшенням опадів в середині вегетації.

Розглянемо, як під впливом змін клімату будуть змінюватись дати настання фаз розвитку жита озимого, показники розвитку його по міжфазних періодах, показники фотосинтетичної продуктивності та врожай. За даними 1991-2010 pp. (базовими), відновлення вегетації жита озимого майже співпадають з датами переходу температури повітря через 5°C, і спостерігаються в третій декаді березня – 30 березня (табл. 4.1). За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2021 – 2050 pp.) в Поліссі дата відновлення вегетації зміститься на більш пізні строки – 8 квітня.

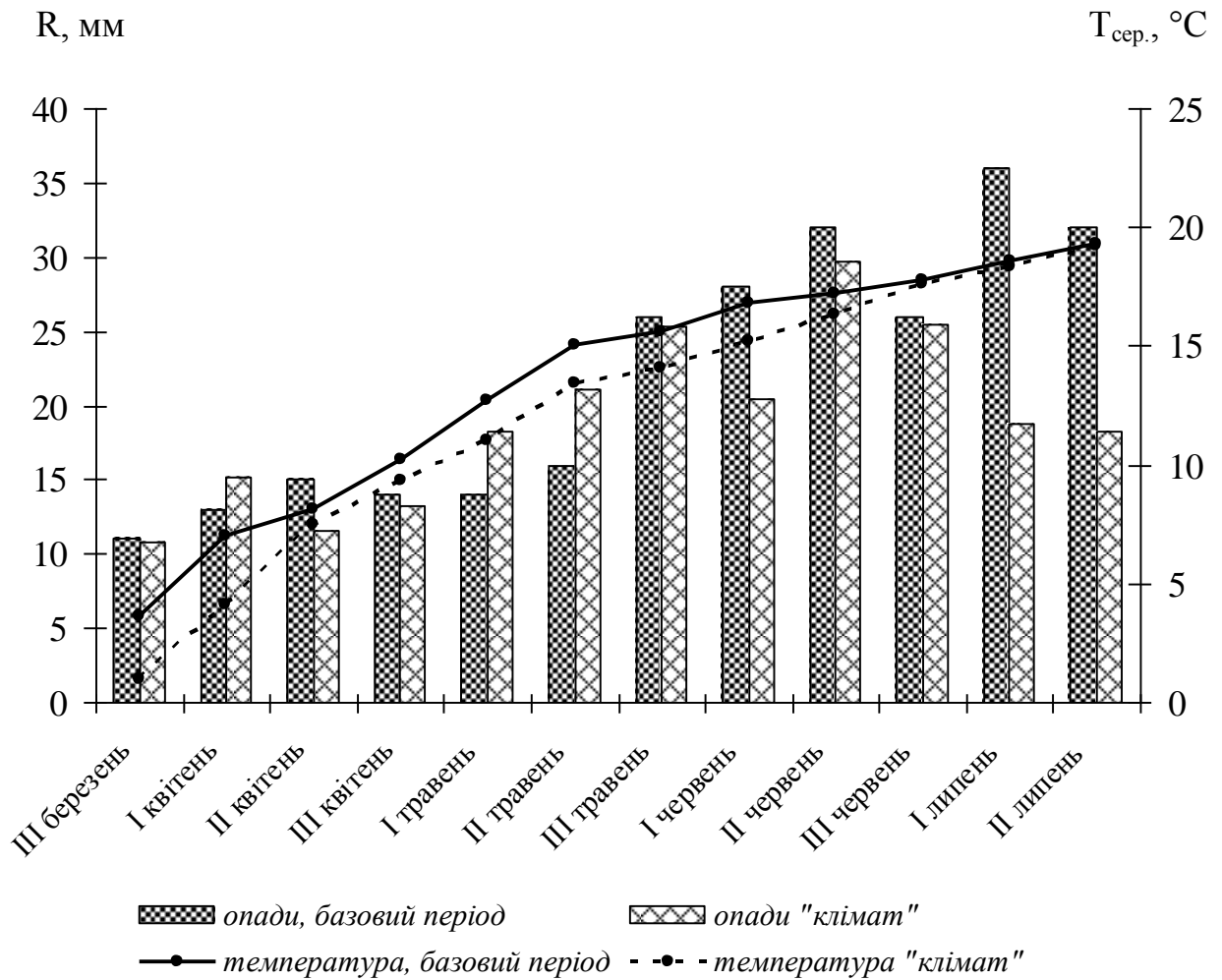


Рисунок 4.3 – Агрокліматичні умови періоду вегетації озимого жита в Поліссі України за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991- 2010 рр.)

Поява нижнього вузла соломини, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 330 °C (табл. 4.2) - 6 травня. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2021 – 2050 рр.), дата появи нижнього вузла соломини спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 320 °C - 13 травня, що на сім днів пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Фази розвитку озимого жита за середньо багаторічними даними (1991-2010 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 (2021 - 2050 рр.)

Період	Відновлення вегетації	Поява нижнього вузла соломини	Колосіння	Воскова стиглість	Тривалість періоду, дні
1991-2010	30.03	6.05	20.05	13.07	105
2021-2050	8.04	13.05	30.05	20.07	104
Різниця	+9	+7	+10	+4	-1

Колосіння озимого жита за середньо багаторічними даними (1991 - 2010 рр.) спостерігається в Поліссі - 20 травня. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 рр. ), на території Полісся дата колосіння спостерігається 30 травня, що на десять днів пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

Воскова стиглість озимого жита за середньо багаторічними даними (1986-2010 рр.) спостерігається в другій декаді липня - 13 липня. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 рр.) дата воскової стиглості очікується 20 липня, що на чотири дні пізніше, ніж за базових умов (табл. 4.1).

Температурні умови грають важливу роль в житті рослин. Вони можуть прискорити або сповільнити їх розвиток в певні періоди. Максимальна продуктивність рослин проявляється тільки при оптимальному температурному режимі, властивому кожному виду, сорту і змінюваному по фазах їх розвитку.

Сума температур за період відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини в умовах зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 рр.) менш лише на 10 °C ніж за середньо багаторічними даними (1991-2010 рр.). Середня температура повітря за цей період в умовах зміни клімату RCP4.5 (2021 -



2050 pp.) становитиме 8,8 °С, що на 0,1 °С менш, ніж за середньо багаторічними даними (1991 - 2010 pp.) (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування озимого жита за середньо багаторічними даними (1991-2010 pp.) та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 pp.)

Показник	1991-2010	2021-2050	Різниця
Відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини			
t	8,9	8,8	-0,1
T	329	318	-11
R	100	100	0
N	38	36	-2
Поява нижнього вузла соломини - колосіння			
t	14,4	13,8	-0,6
T	201	235	+34
R	100	182	+82
N	14	17	+3
Колосіння – воскова стиглість			
t	17,3	17,3	0
T	934	880	-24
R	100	76	-24
N	54	51	-3
Весь вегетаційний період			
t	14,0	13,9	-0,1
T	1464	1433	-31
R	100	93	-7
N	105	104	-1
V	0,94	0,96	0,02
ГТК	1,6	1,4	-0,2
Примітка: t - середня температура повітря за період, °С; T - сума активних температур за період, °С; R – сума опадів за період, %; N – тривалість періоду, дні; V - вологозабезпеченість, від.од.; ГТК – гідротермічний коефіцієнт.			

Зниженим буде і температурний режим в період поява нижнього вузла соломини - колосіння в умовах зміни клімату RCP4.5. Середня температура повітря на території Полісся за період умовах зміни клімату RCP4.5 (2021 – 2050 рр.) буде на 0,6 °C менш (13,8 °C), ніж за середньо багаторічними даними (1991-2010 рр.).

Температурний режим періоду колосіння - воскова стиглість буде проходити на фоні однакових температур - 17,3 °C (табл. 4.2). Порівняння сум температур за вегетаційний період озимого жита в умовах зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2021-2050 рр.) з таким же показником в базовий період показує, що ці суми зростуть не значно, не дивлячись на зміщення початку вегетації на більш пізні терміни, температурний фон у цьому випадку буде дещо нижчим, і за вегетаційний період озимого жита (умовно він складає 105 днів після відновлення вегетації) будуть накопичуватись трохи менші суми температур, але зменшення в умовах зміни клімату RCP4.5 (2021-2050 рр.) у Поліссі буде не суттєвим - лише на 31 °C (табл. 4.2).

Роль вологи в житті рослин величезна. За допомогою води відбувається транспорт елементів мінерального живлення з коренів в надземні частини, а асимілятів з листя - до інших органів рослин, а також підтримується необхідний при цьому температурний режим.

Формуючи велику масу зерна, соломи і коренів, озиме жито витрачає багато води (до 100 мм на 1т зерна). Однак, використовуючи ґрунтові запаси і вологу осінньої, весняних та літніх опадів, а також розвиваючись, переважно при невисоких температурах і зниженому випаровуванні, ця культура зазвичай не відчуває дефіциту вологи. Транспіраційний коефіцієнт у жита 340 – 420 [22].

Для оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду озимого жита аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий 1991-2010 рр. та розрахунковий за кліматичним сценарієм RCP4.5 (2021-2050 рр.).

При цьому розглядались такі показники: сума опадів за період та вологозабезпеченість. Результати розрахунків представлені у таблиці 4.2.

Так, кількість опадів у період відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) в Поліссі у порівнянні з базовим періодом (1991-2005 рр.) очікується незмінною (табл. 4.2).

Кількість опадів у період поява нижнього вузла соломини – колосіння в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) очікується значне збільшення - на 82 % від середньо багаторічних значень (1991-2005 рр.) (табл. 4.2).

За період колосіння – воскова стиглість в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) в Поліссі у порівнянні з базовим періодом (1991-2005 рр.) очікується зменшення - на 24 % (табл. 4.2).

В цілому за період вегетації озимого жита в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) в Поліссі у порівнянні з базовим періодом (1991 - 2005 рр.) очікується незначне зниження - на 7 % (табл. 4.2).

За таких умов значення вологозабезпеченості в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) на території Полісся збільшиться на 0,02 відносних одиниці (табл. 4.2) у порівнянні з середньо багаторічними даними.

Значення гідротермічного коефіцієнту за період вегетації озимого жита в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) зменшиться на 0,2 у порівнянні з базовим періодом (1991-2005 рр.) та становитиме 1,4.

Як бачимо, найбільші відмінності було виявлено в період поява нижнього вузла соломини - колосіння. Це зменшення середньої температури на 0,6 °C за умов зміни клімату у порівняння з базовим періодом, та збільшення суми опадів на 82 % за умов зміни клімату у порівняння з базовим періодом.

В період поява нижнього вузла соломини – колосіння озиме жито проходить IV, V, VI та VII етапи органогенезу – формування колосових горбків та формування квіток. В цей період необхідна температура повітря

не нижче 15 °С та достатнє зволоження ґрунту. Цей період вважається критичним по відношенню до вологи.

Таким чином, можна зробити висновок, що за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) умови вегетації озимого жита в Поліссі будуть проходити на фоні знижених температур у порівнянні з середньо багаторічними даними. Очікується перерозподіл кількості опадів за міжфазні періоди вегетації озимого жита, що пов'язано з здвигом настання фаз розвитку культури.

#### 4.3 Оцінка продуктивності озимого жита в умовах зміни клімату

Зміни агрокліматичних умов спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів озимого жита, що обумовить рівень його врожайності. Для надання порівняльної характеристики продуктивності озимого жита в умовах зміни клімату за середньо багаторічними даними та за сценаріями зміни клімату в Поліссі були розраховані такі величини, як площа листя озимого жита, чиста продуктивність фотосинтезу та приріст маси в період максимального розвитку рослини. Також розглядалась суха біомаса цілої рослини культури та її врожай (табл. 4.3).

Як видно із таблиці площа листя в період максимального розвитку в середньому за базовий період становить 2,75 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. За умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 рр.) по варіанту «клімат» очікується зменшення площі листя до 2,66 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, за варіантом «клімат + CO<sub>2</sub>» очікується збільшення площі листя озимого жита в порівнянні із його середнім багаторічним значенням, і в порівнянні з варіантом «клімат» та становитиме 2,94 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

На рисунку 4.4 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.).

Таблиця 4.3 - Показники фотосинтетичної продуктивності посівів озимого жита в умовах зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 pp.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 pp.) в Поліссі

Період	Варіант	Період максимального росту			Суша біомаса цілої рослини, г/м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	приріст загальної сухої біомаси, г/м <sup>2</sup> за добу	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> за добу		
1986–2005	Базовий	2,75	17,6	6,7	758	100
2021–2050	Клімат	2,66	15,9	6,3	712	97
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,94	18,2	7,3	809	111

Як бачимо, впродовж вегетаційного періоду динаміка наростання площі листя за умов зміни клімату та за середньо багаторічних умов була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються. Максимальні значення площі листя озимого жита середньому за базовий період спостерігаються в сьомій декаді вегетації, що відповідає фазі колосіння. За умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 pp.) по варіанту «клімат» та за варіантом «клімат + CO<sub>2</sub>» максимальні значення площі листя озимого жита очікуються в восьмій декаді вегетації, що також відповідає фазі колосіння.

Головним фактором формування врожаю озимого жита є інтенсивність фотосинтезу листя. На рисунку 4.5 представлена динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу посівів озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 pp.) у порівнянні з базовим періодом (1991 - 2010 pp.).

Інтенсивність фотосинтезу залежить від багатьох факторів: температурних умов, умов зволоження, мінерального живлення та агротехнічних умов вирощування. Найбільша інтенсивність фотосинтезу

спостерігається при температурі 20-28 °С. При подальшому підвищенні температури інтенсивність фотосинтезу падає, а інтенсивність дихання зростає.

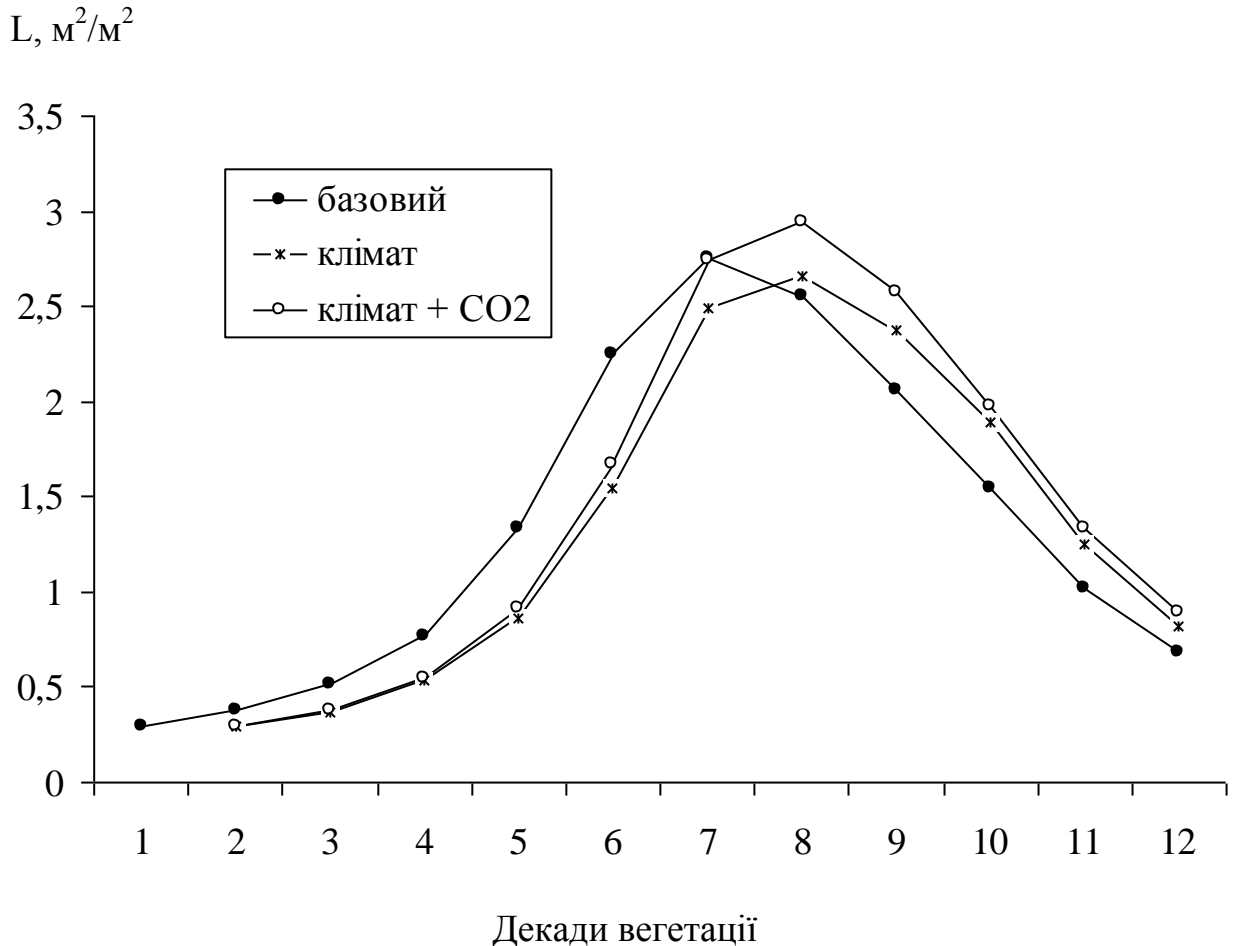


Рисунок 4.4 - Динаміка відносної площі листя ( $L$ ) посівів озимого жита за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.)

Інтенсивність світла, необхідна для найбільшої ефективності фотосинтезу, у різних рослин різна. У тіньовитривалих рослин максимум активності фотосинтезу досягається приблизно при половині повного сонячного освітлення, а у світлолюбних рослин - майже при повному сонячному освітленні [33].

Максимальні значення інтенсивності фотосинтезу листя озимого жита за умов базового періоду, умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 рр.) по варіанту «клімат» та «клімат + CO<sub>2</sub>» очікуються в сьомій декаді та становлять 22,7, 20,5 та 23,3 мгСО<sub>2</sub>/((дм<sup>2</sup>\*година) відповідно.

ИФ, мгСО<sub>2</sub>/((дм<sup>2</sup>\*година)

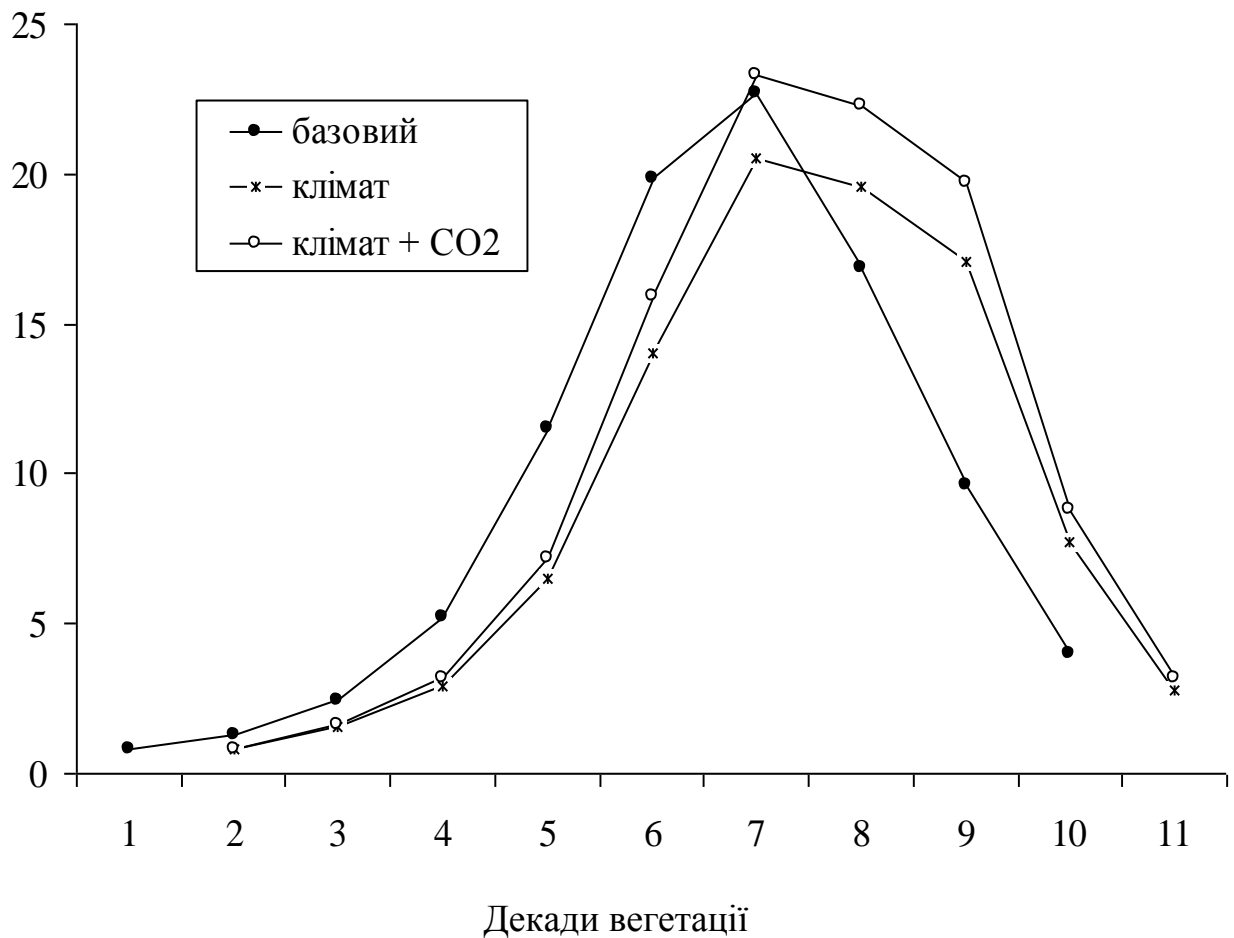


Рисунок 4.5 - Динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу (ИФ) посівів озимого жита за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.)

Як бачимо, впродовж вегетаційного періоду графік ходу динаміки середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу посівів озимого жита на

території Полісся в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.) аналогічно графіку динаміки наростання площі листя, але кількісні її показники значно відрізняються.

На рисунку 4.6 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів озимого жита в Поліссі в умовах зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.).

ЧПФ, г/м<sup>2</sup>

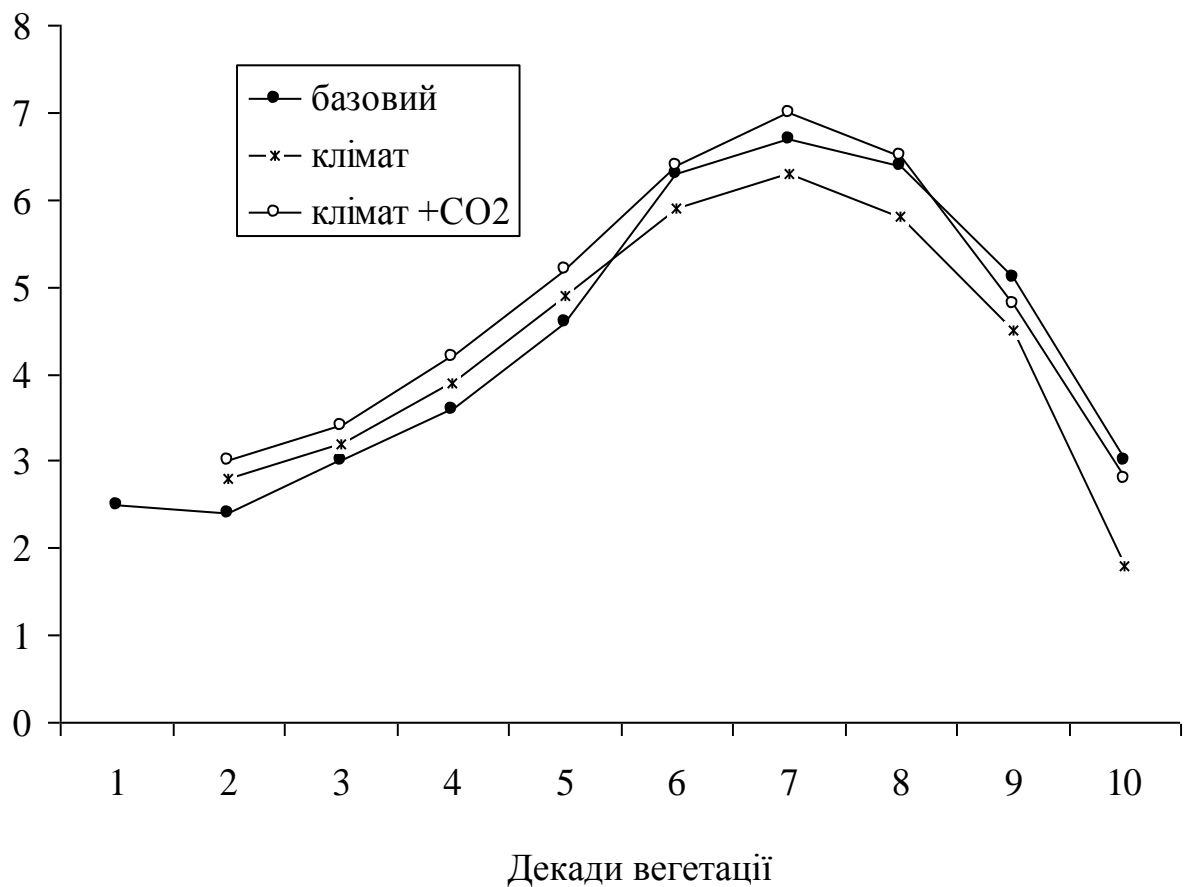


Рисунок 4.6 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів озимого жита за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991- 2010 рр.)

Вивченню чистої продуктивності фотосинтезу, як важливій складовій врожаю озимого жита приділено велику увагу. У цього показника є три



основні переваги: він визначається за тривалі проміжки часу, протягом яких коливання, пов'язані з віковим станом листя, ярусною мінливістю, короткочасними змінами погодних умов та іншими причинами, згладжується і елемент випадковості зводиться до мінімуму; в вивчення залучається велика кількість рослин, що дозволяє отримувати статистично достовірні дані [33].

Як бачимо, максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів озимого жита за умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 pp.) по варіанту «клімат» та «клімат+CO<sub>2</sub>» очікуються в сьомій декаді та становитимуть 6,3 та 7,3 г/м<sup>2</sup> відповідно, за умов базового періоду також в сьомій декаді та становить 6,7 г/м<sup>2</sup>.

Чиста продуктивність фотосинтезу визначає продукційний процес рослин. Одним із зовнішніх проявів фотосинтезу є збільшення маси фотосинтезуючих тканин за рахунок фотосинтетичного утворення органічних речовин. Як бачимо, значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів озимого жита за умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 pp.) по варіанту «клімат» є незначно зниженим у порівнянні з базовим та «клімат + CO<sub>2</sub>». А за умов «клімат + CO<sub>2</sub>», навпаки, значення чистої продуктивності є вищим, ніж за базових умов та умов «клімат». Це пов'язано з реакцією рослин на підвищення CO<sub>2</sub>, так за умов збільшення CO<sub>2</sub> в повітрі відбувається збільшення площі листя.

Така реакція рослин на підвищення CO<sub>2</sub> обумовила і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси озимої пшениці та її приростів (табл. 4.3). Важливою умовою продукційного процесу формування врожайності зерна озимого жита вважається накопичення сухої біомаси рослин. При добре розвинутій вегетативній масі продуцирується значна кількість асимілятів, яка потім може бути реутилізована в зерно.

Накопичення сухої речовини посівом залежить від швидкості фотосинтезу, на яку впливають зовнішні і внутрішні фактори. Так, загальна суха біомаса озимого жита за варіантом «клімат» очікується зменшення до 712 г/м<sup>2</sup> у порівнянні з базовим періодом – 758 г/м<sup>2</sup> (рис. 4.7).

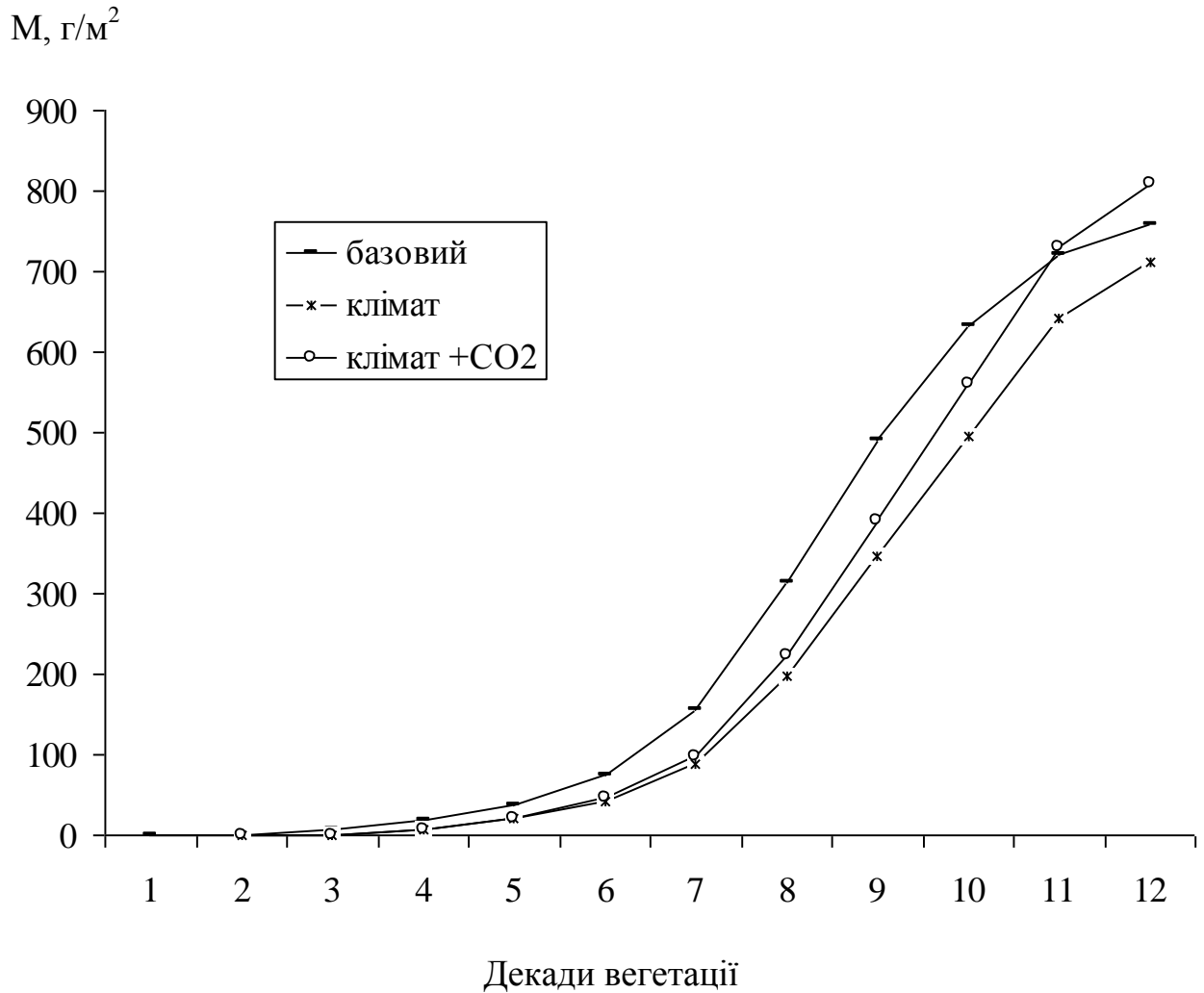


Рисунок 4.7 – Динаміка загальної сухої біомаси озимого жита ( $M$ ) за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.)

За варіантом «клімат + CO<sub>2</sub>» очікується збільшення загальної сухої біомаси до 809 г/м<sup>2</sup> в порівнянні із її середнім багаторічним значенням та з варіантом «клімат».

Розглянемо зміни, що спостерігаються в приростах загальної сухої біомаси рослини озимого жита (табл. 4.3). Так, максимальні значення приростів загальної сухої біомаси рослин за варіантом «клімат»

становитимуть  $15,9 \text{ г/м}^2$  за добу (рис. 4.8). За варіантом «клімат +  $\text{CO}_2$ » максимальне значення приростів загальної сухої біомаси очікується на рівні  $18,2 \text{ г/м}^2$  за добу, в порівнянні із середнім багаторічним значенням, що становить  $17,6 \text{ г/м}^2$  за добу.

$\Delta M, \text{ г/м}^2$

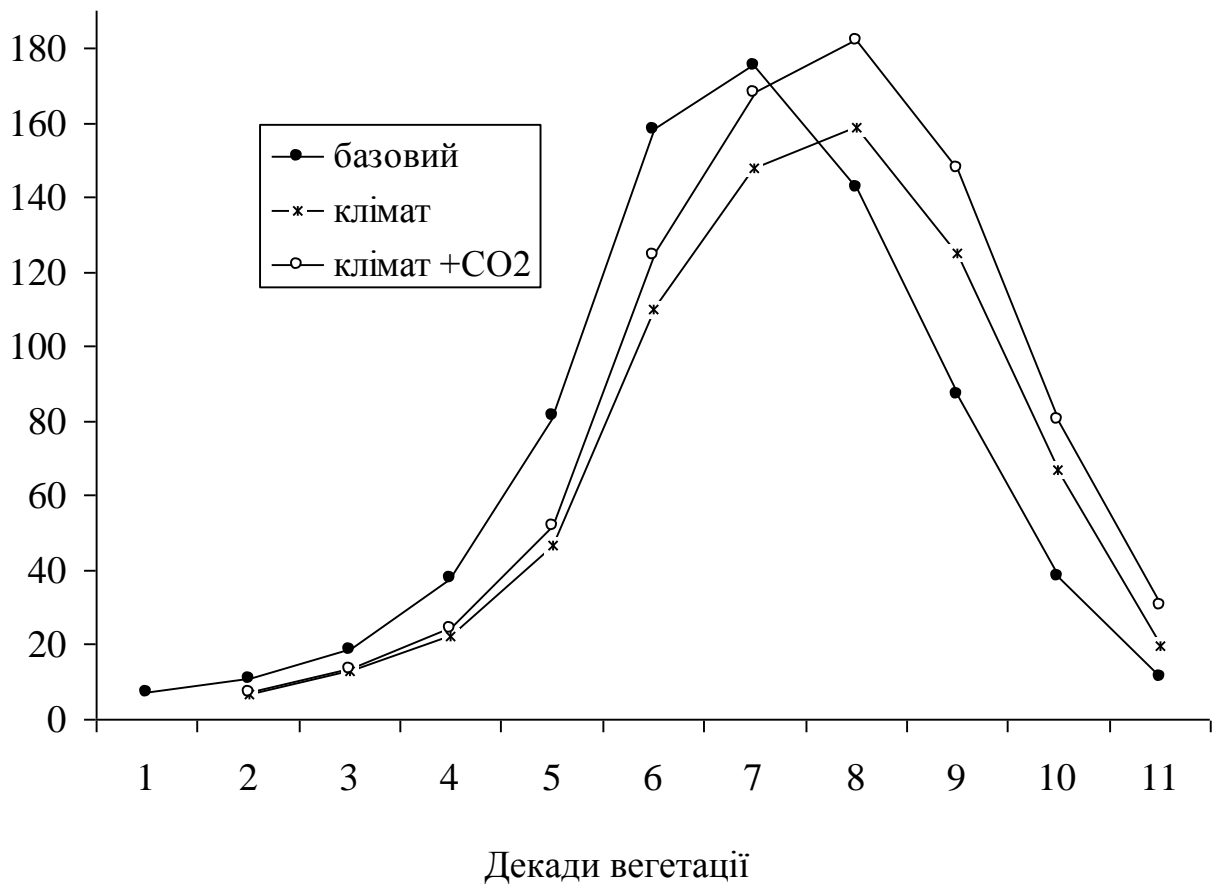


Рисунок 4.8 – Динаміка приростів загальної сухої біомаси озимого жита ( $\Delta M$ ) за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 (2012-2050 рр.) у порівнянні з базовим періодом (1991-2010 рр.)

Все це призвело до відповідних змін у врожайності. Так, за умов реалізації сценарію по варіанту «клімат» очікується зменшення врожайності

озимого жита на 3 %, а за варіантом «клімат + CO<sub>2</sub>» очікується збільшення врожайності на 11 %.

Озиме жито має низку біологічних властивостей, які обумовлюють його невибагливість, здатність накопичувати високі врожаї в жорстких умовах вирощування. Враховуючи реакцією рослин на підвищення CO<sub>2</sub> в умовах зміни клімату в Поліссі, вважаємо доцільним розглянути збільшення площі під цією цінною для України культурою.

## 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 [5].

В результаті виконаної роботи можливо зробити наступні висновки:

1. Виконано аналіз сучасного стану досліджень біології культури озимого жита та умов вирощування на території Полісся України. Наведена характеристика сучасних сортів озимого жита, які районовані в Україні.

2. Для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю озимого жита на території Полісся України була уточнена базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового.

3. Визначено дати настання фаз розвитку озимого жита за базовими даними та за сценаріями зміни клімату RCP4.5. Так, за умов реалізації сценарію зміни клімату дата відновлення вегетації очікується на 9 днів пізніше, ніж за середніми багаторічними значеннями, але тривалість періоду не зміниться.

4. Аналіз агрокліматичних умов вирощування озимого жита показав, що за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 (2012-2050 рр.) умови вегетації культури в Поліссі будуть проходити на фоні знижених температур у порівнянні з середньо багаторічними даними. Очікується перерозподіл кількості опадів за міжфазні періоди вегетації озимого жита, що пов'язано з здвигом настання фаз розвитку культури.

5. Були розраховані показники фотосинтетичної продуктивності посівів озимого жита, це такі величини, як площа листя, чиста продуктивність фотосинтезу та приріст маси в період максимального розвитку рослини. Також розглядалась суха біомаса цілої рослини та врожай.

6. Розрахунки площі листя в період максимального його розвитку показали, що в середньому за базовий період площа листя озимого жита становить  $2,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . За умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 рр.) по варіанту «клімат» очікується зменшення площі листя до  $2,66 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , за варіантом «клімат +  $\text{CO}_2$ » очікується збільшення площі листя озимого жита в порівнянні із його середнім багаторічним значенням, і в порівнянні з варіантом «клімат» та становитиме  $2,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

7. Розрахунок чистої продуктивності фотосинтезу показав, що максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів озимого жита за умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 рр.) по варіанту «клімат» та «клімат +  $\text{CO}_2$ » очікуються в сьомій декаді та становитимуть  $6,3$  та  $7,3 \text{ г}/\text{м}^2$  відповідно, за умов базового періоду також в сьомій декаді та становить  $6,7 \text{ г}/\text{м}^2$ .

Чиста продуктивність фотосинтезу визначає продукційний процес рослин. Одним із зовнішніх проявів фотосинтезу є збільшення маси фотосинтезуючих тканин за рахунок фотосинтетичного утворення органічних речовин. Як бачимо, значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів озимого жита за умов реалізації сценарію RCP4.5 (2012-2050 рр.) по варіанту «клімат» є незначно зниженим у порівнянні з базовим та «клімат +  $\text{CO}_2$ ». А за умов «клімат +  $\text{CO}_2$ », навпаки, значення чистої продуктивності є вищим, ніж за базових умов та умов «клімат». Це пов'язано з реакцією рослин на підвищення  $\text{CO}_2$ , так за умов збільшення  $\text{CO}_2$  в повітрі відбувається збільшення площі листя.

8. Розрахована загальна суха біомаса рослин озимого жита. За варіантом «клімат» очікується зменшення загальної сухої біомаса до  $712 \text{ г}/\text{м}^2$  у порівнянні з базовим періодом –  $758 \text{ г}/\text{м}^2$ . За варіантом «клімат +  $\text{CO}_2$ » очікується збільшення загальної сухої біомаси до  $809 \text{ г}/\text{м}^2$  в порівнянні із її середнім багаторічним значенням та з варіантом «клімат».

9. Проведене дослідження виявило певні тенденції в можливих майбутніх змінах сезонних характеристик опадів та температур на території

Полісся. Все це призвело до відповідних змін у врожайності. Так, за умов реалізації сценарію по варіанту «клімат» очікується зменшення врожайності озимого жита на 3 %, а за варіантом «клімат + CO<sub>2</sub>» очікується збільшення врожайності на 11 %.

10. Враховуючи реакцією рослин на підвищення CO<sub>2</sub> в умовах зміни клімату в Поліссі, вважаємо доцільним розглянути збільшення площі під цією цінною для України культурою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антоненко В.С. Параметризационная модель продуктивности озимой пшеницы с учетом радиационного и температурного режимов в посеве. Динамическое моделирование в агрометеорологии: доклады участников Всесоюзной школы молодых ученых и специалистов (Тбилиси, 22-29 ноября 1980 г.). Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 100-105.
2. Антропогенные изменения климата / ред. М.И. Будыко. Ю.А. Израэля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 405 с.
3. Балабух В.О. Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. Наук. праці УкрНДГМІ, 2008. №257. С. 61-72.
4. Витченко А.Н., Полевой А.Н. Методика агроэкологической оценки сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии. Вестн. Белорусского ун-та. Сер.2. Хим. Биол. Геогр.1986. №2. С.56-59.
5. Волощук В.М. Основні закономірності сучасного потепління клімату на території України і його екологічні наслідки. Україна та глобальні процеси: географічний вимір. Київ – Луцьк. Т.3. С. 202-208.
6. 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.
7. Данилюк А.Г. Традиційна архітектура регіонів України: Полісся: монографія. Львів: Світ. 2000. 680с.
8. Єрмоленко К.В., Моделирование процесу формування агроекологічного рівня потенційної врожайності посівів озимого жита в Рівненській області. Конференція молодих вчених ОДЕКУ: матеріали конференції (Одеса, 2-8 травня, 2018р.). Одеса: ТЕС, 2018. С. 24-25.
9. Єрмоленко К.В., Костюкевич Т.К. Вплив агрометеорологічних умов весняно-літнього періоду вегетації на формування врожайності озимого



- жита в Чернігівській області. Вісник ГМЦЧАМ. Одеса, 2018. №1(21) С. 228-237.
10. Єрмоленко К.В., Костюкевич Т.К. Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вирощування жита озимого в Поліссі України. Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали III Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених (Одеса, 21-23 березня). Одеса:ТЕС. 2018. С.38-39.
  11. Єрмоленко К.В., Костюкевич Т.К. Динаміка та перспективи вирощування жита озимого в умовах Волинської області. Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації: матеріали II Всеукраїнської наукової-практичної конференції (м. Полтава, 29 квітня 2018 р). Полтава: ПДАА. 2018. С.81-85
  12. Єрмоленко К.В., Костюкевич Т.К. Оцінка впливу агрометеорологічних умов Волинської області на врожайність озимого жита: матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених (Умань, 15-16 травня 2018 р.). Київ : Основа. 2018. С. 26-27.
  13. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ : Раєвського. 2003. 343с.
  14. Клімат України / за ред. Дядук В.А. Укр. науково-дослідний г/м інститут. 2003. 564с.
  15. Кордін О.І. Гібридне жито в полі – багато якісного збіжжя у коморі. Агроном. 2012. № 2. С. 450-451.
  16. Костюкевич Т.К., Єрмоленко К.В. Динаміка врожайності озимого жита в львівській області. Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали V Міжнародної конференції (Умань, 15 листопада 2017 р.). Київ : «Основа». 2017. С. 50-52.
  17. Кричак С.О. Региональное моделирование современного климата европейской территории России с помощью модели RegCM3. Метеорология и гидрология. 2008. №1. С. 31-41.

18. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Москва: Высшая школа. 1984. 240с.
19. Манько К., Музафаров Н. Вплив нетрадиційних попередників на сучасні сорти і гібриди жита озимого. Агроном. 2012. № 3. С. 86-91.
20. Маринич О.М. Фізична географія України. Київ: Знання. 2003. 480с.
21. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Панкратенкова И.В. Эффективность органических и минеральных удобрений при выращивании озимой ржи. Агротехника. 1997. №3. С.59-62.
22. Моисейчик В.А., Шавкунова В.А. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимой ржи. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 164 с.
23. Писаренко В.Н., Матюха Л.А., Кузьминов А.П. и др Совершенствование системы защиты растений. Защита зерновых от вредителей и болезней при интенсивных технологиях: сб. науч. тр. Днепропетровск, 1990. С. 511.
24. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
25. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине. Метеорология, климатология и гидрология. Одесса, 2001. № 43. С. 127-135.
26. Рослинництво: підручник / за ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591с.
27. Росс Ю.К. Система уравнений для количественного роста растений: фитоактинометрические исследования растительного покрова. Таллин: Валгус, 1967. С.64-88.
28. Сільськогосподарська ентомологія / Литвинов Б.М., Євтушенко М.Д.. К.:Вища освіта. 2005. 513 с.
29. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 204 с.

30. Тиунов А.Н. Глухих К.А. , Харькова О.А. Озимая рожь / за ред. А.Н. Тиунов. М.: Колос, 1969. 329с.
31. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264с.
32. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларусь навука, 2009. 269 с.
33. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / Пер. С чеш. З.К. Благовещенской. – М. : Колос, 1984. – 367 с.
34. Шиголев А.А. Методика составления фенологических прогнозов: сб. методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л.: Гидрометеиздат, 1957, С. 5-18.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. Dixon B.L. Estimating Corn Yield Response Models to Predict Impacts of Climate Change / B.L. Dixon, S.E. Hollinger, P. Garcia, V. Tirupattur / Journal of Agricultural and Resource Economics. 1994. № 19. P.58-68.
39. Thompson L.M. Weather and Technology in the Production of Corn and Soybeans. Center for Agricultural and Rural Development. Iowa State University. 1963. Report № 17.
40. Vuuren, van D.P. The representative concentration pathways: an overview / D.P. van Vuuren, J.A. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi [et al.]. Climatic Change. 2011. Vol. 109, No. 1-2. P. 1-27.

41. Авраменко С. Новітні аспекти вирощування жита озимого. Агробізнес сьогодні. 2011. № 17(216). URL: <http://agro-business.com.ua>. (дата звернення: 12.03.2018р.)
42. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 2.12.2018р.)
43. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Державна ветеринарна та фіто санітарна служба України. URL: [www.vet.gov.ua](http://www.vet.gov.ua). (дата звернення 18.04.2018р.)
44. Марков І. Вірусні та інші небезпеки жита. Агробізнес сьогодні. 2014. № 14(275). URL: <http://agro-business.com.ua>. (дата звернення: 12.03.2018р.)
45. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. URL: <http://climategroup.org.ua>. (дата звернення: 20.04.2018).
46. Пилипенко О. Новий погляд на жито. ТОВ „ЗААТЕН-УНІОН УКРАЇНА”. URL: <http://saaten-union.com.ua>. (дата звернення: 12.03.2018р.)