

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

Факультет магістерської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив змін клімату на формування урожаю озимого
ячменю в Полтавській області**

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

Освітня програма «Агроекологія»
_____ (назва)

_____ Кундрик Інна Русланівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник _____ к.геогр.н., доцент _____
_____ Барсукова Олена Анатоліївна _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант

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

Рецензент _____ к.геогр.н., доцент _____
_____ Романчук Марина Євгенівна _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2019 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

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

Кундрик Інні Русланівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив змін клімату на формування урожаю озимого ячменю в Полтавській області

керівник роботи Барсукова Олена Анатоліївна, к.геогр.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 18 » жовтня 2019 року № 235

Строк подання студентом роботи 09 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Матеріали середньобагаторічних метеорологічних, агрометеорологічних та фенологічних спостережень за озимим ячменем мережі агрометстанцій Полтавської області. Метеорологічні дані за сценарієм RCP4.5. Математична модель формування продуктивності озимого ячменю

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості Полтавської області; вивчити біологічні особливості озимого ячменю; ознайомитися з методикою агрокліматичної моделі сільськогосподарських культур; оцінити агрокліматичні умови вирощування озимого ячменю в Полтавській області за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за сценарієм RCP4.5.

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

1. Графіки динаміки декадних приростів ПВ і сум ФАР (ΣФАР озимого ячменю;

2. Графіки декадного ходу приростів (ΔММВ) та термічного режиму;

3. Графіки декадного ходу водного режиму озимого ячменю в Полтавській області за базовий період та за сценарієм змін клімату RCP4.5.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та ознайомлення з фізико-географічними особливостями території дослідження. Біологічні особливості озимого ячменю та їх вимоги до навколишнього середовища. Підготовка банку даних.	28.10.2019 р. - 04.11.2019 р.	90	5(відмінно)
2	Вивчення алгоритму динамічної моделі продуктивності сільськогосподарських культур, проведення розрахунків	05.11.2019 р. - 17.11.2019 р.	90	5(відмінно)
	<i>Рубіжна атестація</i>	18.11.2019 р. - 23.11.2019 р.	90	5(відмінно)
3	Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць. Аналіз отриманих результатів, написання основного тексту роботи	24.11.2019 р. - 05.12.2019 р.	94	5(відмінно)
4	Узагальнення отриманих результатів. Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	06.12.2019 р. - 09.12.2019 р.	92	5(відмінно)
5	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		92,0	

Студент

_____ Кундрик І. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Барсукова О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кундрик І. Р. Вплив змін клімату на формування урожаю озимого ячменю в Полтавській області.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема озимого ячменю, необхідне детальне вивчення агрокліматичних умов її вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату на планеті.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурсів стосовно умов формування продуктивності озимого ячменю в Полтавській області.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дати кількісну оцінку впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку рослин і формування врожаю;
- адаптувати і модифікувати стосовно до культури озимого ячменю модель оцінки агрокліматичних ресурсів;
- оцінити вплив агрокліматичних умов на динаміку формування приростів різних рівнів агроекологічної врожайності;

Об'єкт дослідження - агрокліматичні умови формування урожайності озимого ячменю в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - оцінка впливу агрокліматичних умов на урожайність озимого ячменю в Полтавській області.

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

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування озимого ячменю та їх продуктивність в Полтавській області.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування озимого ячменю та оптимізації розміщення посівних площ цієї культури.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 63 сторінок, 13 рисунків, 9 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 22 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: погодні умови, озимий ячмінь, динаміка, урожай, вирощування, базова модель, агрокліматичні умови.

SUMMARY

Kundryk I. R. Influence of climate change on winter barley crop formation in Poltava region.

The urgency of the chosen topic is due to the fact that in order to obtain stable and high yields of any crop, including winter barley, a detailed study of the agroclimatic conditions of its cultivation in the study area is necessary in order to rationally use these conditions and the most optimal placement of crops. Of particular importance is the issue of climate change on the planet.

The purpose of this study is to assess the impact of climate change on agroclimatic resources in terms of the formation conditions of winter barley in Poltava region.

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

- to quantify the impact of agrometeorological conditions on the rate of plant development and crop formation;
- adapt and modify the model of evaluation of agroclimatic resources in relation to winter barley culture;
- to evaluate the influence of agroclimatic conditions on the dynamics of formation of increments of different levels of agroecological productivity;

Object of study - agroclimatic conditions of formation of winter barley yield in the conditions of climate change.

The subject of the study is the estimation of the influence of agroclimatic conditions on the productivity of winter barley in Poltava region.

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

For the first time: regularities of climate change influence on agroclimatic conditions of winter barley cultivation and their productivity in Poltava region.

The results obtained can be used to perform a comprehensive assessment of agroclimatic resources for growing winter barley and optimizing the sowing area of this crop.

The work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and a list of references. The total volume of work is 63 pages, 13 figures, 9 tables. The list of sources used contains 22 items.

KEYWORDS: weather conditions, winter barley, dynamics, yield, cultivation, basic model, agroclimatic conditions.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.	9
1.1 Географічне положення та рельєф.....	9
1.2 Агрокліматична характеристика.....	11
1.3 Ґрунти та рослинність.....	13
2 БІОЛОГІЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ.....	15
2.1 Ботанічне описання озимого ячменю.....	15
2.2 Особливості росту та розвитку озимого ячменю.....	16
2.3 Вимоги озимого ячменю до світла і тепла.....	18
2.4 Вимоги озимого ячменю до вологи.....	19
2.5 Вимоги озимого ячменю до ґрунтів та елементів живлення.....	20
2.6 Сорти озимого ячменю.....	21
2.7 Хвороби та шкідники озимого ячменю.....	22
3 ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	26
3.1 Методика статистичного аналізу часових рядів урожайності.....	26
3.2 Часова та просторова динаміка врожаїв озимого ячменю в Полтавській області.....	32
3.3. Зв'язок урожайності озимого ячменю з агrometeorологічними умовами.....	38
4 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ТА ЙОГО УРОЖАЙНОСТІ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	42
4.1. Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимого ячменю.....	42

ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62

ВСТУП

Завдяки розвитку аграрного виробництва в останні роки Україна вийшла на світовий ринок зернових як один з найпотужніших експортерів. Щоб утриматися на досягнутих позиціях, необхідним є стабільне зростання виробництва зерна. Формування врожаю зернових культур пов'язане з комплексом абіотичних факторів, серед яких важливе місце займають природно-кліматичні умови. Незважаючи на значну кількість досліджень, мета яких – установити залежність між метеорологічними факторами та біологічною продуктивністю різних сільськогосподарських культур, оптимальні показники метеорологічних факторів для схожих агрокліматичних умов коливаються в широких межах. Ця проблема залишається актуальною і на даний час, оскільки потреба в періодичному уточненні оптимумів кількості вологи й тепла існуватиме завжди у зв'язку із зміною метеорологічних умов. Ефективний розвиток зерновиробництва вимагає наукового обґрунтування раціонального розміщення посівних площ для зернових культур з урахуванням потенціальної врожайності та кліматичних умов, які за останні десятиліття істотно змінилися. Це привело до зміни асортименту вирощуваних зернових та географії їх розташування. Зокрема, вчені зазначають, що в Україні в останні роки проводяться роботи з оцінювання реакції зернових культур на зміну клімату й умов їх вирощування [1]. Для більш якісного інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва, прогнозування продуктивності окремих культур доцільно проводити дослідження на локальному, регіональному та державному рівнях. Одна з проблем адаптації рослин до місцевих агрокліматичних умов – встановлення оптимального рівня тепла та вологи [1, 2].

Озимий ячмінь має багато позитивних якостей. Він дає зерно нового врожаю на 10-14 днів раніше за озиму пшеницю, ярий ячмінь та інші

зернові культури. Зерно містить 12% білка, понад 75% вуглеводів, 2,1% жиру. В 1 кг зерна міститься 100 г перетравленого протеїну. Використовують його на корм худобі, для виробництва круп, у пивоварній промисловості. Цінність ячменю полягає в тому, що він родить у регіонах з прохолодним, вологим кліматом [3]. У роки сприятливі для перезимівлі озимого ячменю, урожайність зерна досягає 50-55 ц/га, а на сортодільницях 79-84 ц/га. Середня урожайність – 28-30 ц/га [4].

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є вивчення біологічних особливостей озимого ячменю та оцінка продуктивності озимого ячменю в Полтавській області за умов зміни клімату.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- оцінити просторово-часову мінливість урожайності озимого ячменю;
- надати кількісну оцінку впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку рослин;
- вивчити експериментально вплив агрометеорологічних умов на продуктивність озимого ячменю;
- виконати розрахунки агрокліматичних показників за сценарієм RCP4.5 та проаналізувати умови росту та розвитку озимого ячменю в сучасних та майбутніх агрокліматичних умовах;
- оцінити вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів різних рівнів агроекологічної урожайності;

Для виконання розрахунків використовувались матеріали спостережень за період з 1980 по 2010 роки за врожайністю озимого ячменю, фенологічні та метеорологічні спостереження по території Полтавської області та дані за сценарієм RCP4.5 змін клімату на період 2011-2050 рр.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Географічне положення та рельєф

Полтавська область – шоста серед областей України по площі. Практично вся територія області розташована на сході країни в центральній частині Лівобережної України. Лише невелика частина земель Кременчуцького району знаходиться за Дніпром – на правому березі. Її протяжність з півночі на південь – 213,5 км, а з південного заходу на північний схід – 259 км. За розмірами території – 28,8 тис.км² (4,8% від площі України). Межує на заході з Черкаською областю, на північному заході з Київською областю, на півночі – з Чернігівської та Сумської областями, на сході – з Харківською областю, на півдні – з Кіровоградською і Дніпропетровською областями України (рис. 1.1). Загальна протяжність меж Полтавської області становить близько 1100 км, з яких 162 км проведені по акваторіях Кременчуцького (98 км) і Дніпродзержинського (64 км) водосховищ [5].

Область складається з 25 адміністративних районів, 15 міст, в тому числі 5 – обласного підпорядкування (Полтава, Кременчук, Комсомольськ, Миргород, Лубни), 21 селища міського типу, 1843 населених пунктів.

Дніпро поділяє Полтавщину на дві нерівні за площею частини. Більша, лівобережна частина області розташована в межах Придністровської низовини, поверхня якої ступінчаста, слабо похилена і знижується з північного сходу на південний захід. Найбільше підвищена північно-східна частина – Полтавська рівнина з висотами вододілів 140-202 м. Поверхня Полтавської рівнини поблизу крутих корінних схилів річкових долин розчленована глибокими ярами й балками. На поверхні зниженої (140-65 м.) південно-західної частини Придністровської низовини поширені невеликі западинки – «степові блюдця». Правобережна частина області (0,5% її площі)

розташована на горбистих схилах Придністровської височини. Тут знаходиться найвища точка області – Деївська гора (204 м). Є й невеликі форми рельєфу, утворені під впливом зовнішніх природних процесів: текучої води (річкові долини, балки, яри); Дніпровського льодовика – гора Пивиха (168 м); зсуви на крутих схилах річкових долин і берегах водосховищ, піщані кучугури й улоговини видування на перших на заплавах терасах річкових долин.



Рисунок 1.1 – Географічне положення Полтавської області

На південному заході Полтавщину омивають води Кременчуцького та Дніпродзержинського водосховищ. Береги Кременчуцького

водосховища – високі, урвисті; тут поширені ерозійні процеси. Ліві береги Дніпродзержинського водосховища – низькі, пологі, до них прилягають мілководні ділянки. Територією області тече 121 річка довжиною понад 10 км кожна. Всі вони відносяться до басейну Дніпра і є його лівими притоками. Річки мають мішане живлення (60% – снігове, 30% – підземне, 10% – дощове). Найдовші річки: Дніпро – 2285 км (267 км у межах області); його притоки: Псел – 717 км (350 км), Ворскла – 464 км (226 км), Сула – 363 км (213 км), Оріль – 346 км (80 км), Удай – 327 км (129 км), Хорол – 308 км (241 км).

В долинах річок є невеликі старичні озера, низинні болота (здебільшого на заплавах Сули, Хоролу, Удаю, Оржиці), близько 1300 ставків і малих водосховищ.

Полтавщина розташована в межах двох складових древньої Східно-Європейської платформи: Дніпровсько-Донецької западини та Українського щита. Давній кристалічний фундамент Дніпровсько-Донецької западини перекритий гірськими породами переважно осадового походження. Серед них залягають родовища корисних копалин: нафти, природного горючого газу, глин, пісків, торфу, відомі родовища мінеральних вод. У межах Українського щита магнетичні та метаморфічні гірські породи віком понад 1,5 млрд років відслонюються на схилах балок і берегах Дніпра або залягають поблизу земної поверхні під малопотужним прошарком осадових порід. З фундаментом Українського щита пов'язані поклади Кременчуцького залізрудного басейну. Найближче до земної поверхні майже скрізь залягають породи антропогенної системи (лесоподібні суглинки, алювіальні піски й супіски) [6].

1.2 Агрокліматична характеристика

Полтавщина належить до Атлантико-континентальної помірно-теплої, помірно-вологої кліматичної області помірного кліматичного поясу. Клімат

області помірно-континентальний з переважанням на північному заході вологих вітрів західного напрямку. На південному сході переважають сухі вітри східного напрямку. Різниця в середній температурі сходу і заходу становить 2°C.

Середньорічна сума опадів в Полтавській області близько 550 мм (від 580 мм на північному заході й півночі області до 500 мм на півдні й південному сході). Як по території, так і в часі вони розподіляються нерівномірно. В цілому погодні умови області сприятливі для ведення сільського господарства, однак в деякі роки вони несприятливі через: малосніжні зими з відлигами; нерівномірного розподілу опадів протягом літньої частини року; частих зливових опадів у період збирання зернових культур; пізній весняних і ранніх осінніх заморозків; суховійних явищ в південно-східній частині області [7].

Область за агрокліматичними показниками розділена на дві агрокліматичні зони: 1 – недостатньо волога, тепла займає майже всю територію області; 2 – посушлива, дуже тепла крайній південний схід області. (рис. 1.2)

Зволоження на території дещо недостатнє. Коефіцієнт зволоження зменшується від 0,75 до 0,60.

Середня річна температура повітря по області 7,1°C. Вона коливається від 6,5°C у північній частині до 8,3°C – у південній.

Взимку погода нестійка, пов'язана зі зміною характеру атмосферних процесів, спостерігається похмура, вітряна погода з частими опадами та нестійкий сніговий покрив.

Навесні погода характеризується, як мінлива: різке зниження і підвищення температури, обумовлене вторгненням арктичного і тропічного повітря.

Влітку головну роль відіграє радіаційний чинник кліматоутворення. В цю пору року випадає в середньому майже 2/5 частини річної кількості опадів.

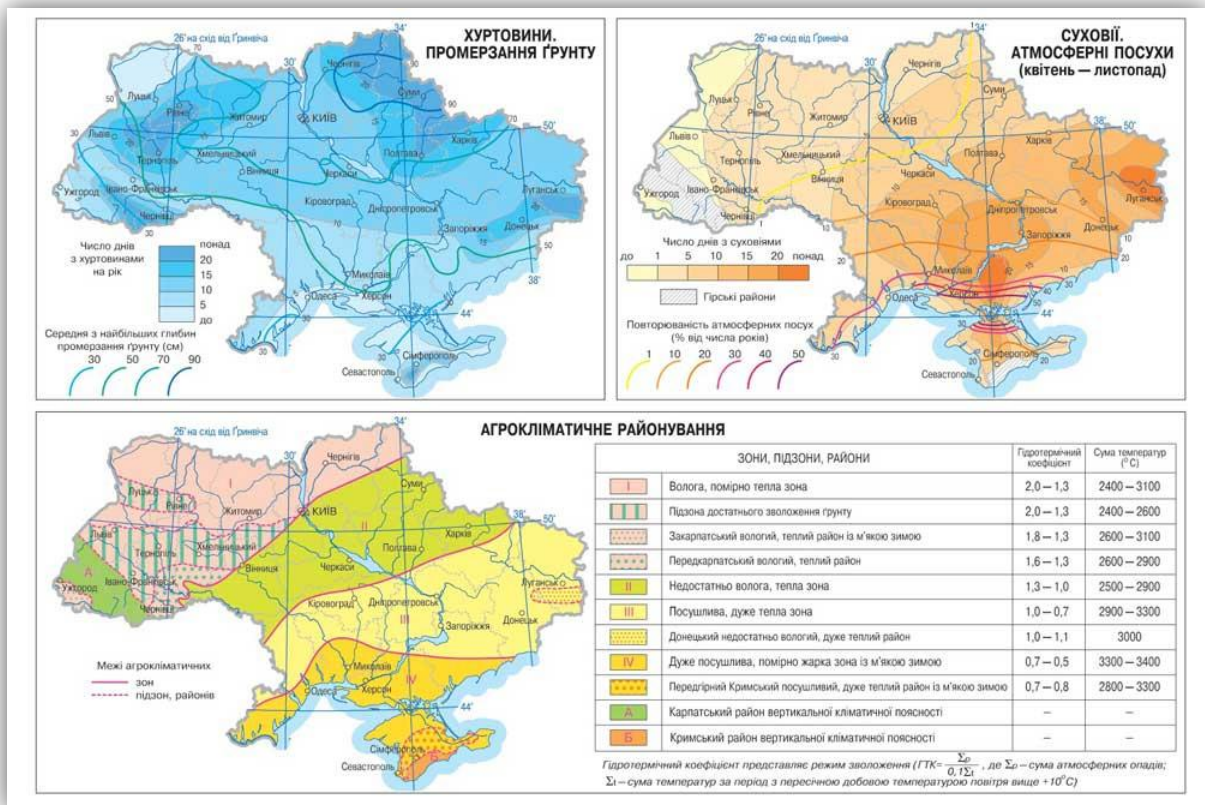


Рисунок 1.2 – Агрокліматичне районування території України

На початку осені відбувається перебудова літнього типу циркуляції на зимовий та зростає вплив Ісландського мінімуму та частота вторгнення арктичного повітря.

1.3 Ґрунти та рослинність

Ґрунти. Понад 9/10 площі орних земель Полтавщини займають різні види чорноземів. Вони сформувалися під степовою рослинністю, на слабо розчленованих лесових вододільних рівнинах і високих надзаплавних терасах. На Придністровській терасовій низовині в умовах близького до поверхні залягання солонуватих ґрунтових вод сформувалися чорноземи солонцюваті й залишково-солонцюваті (в комплексі зі солонцями у днищах

западинок). На південному сході області, внаслідок зменшення зволоженості, чорноземи типові поступово змінюються на чорноземи звичайними. На крутих правих схилах річкових долин і прилеглих до них розчленованих вододільних рівнинах поширені опідзолені ґрунти (ясно-сірі, сірі, темно-сірі, лісові та чорноземи опідзолені). Вони сформувалися під широколистяними лісами. Найбільш строкатий ґрунтовий покрив склався у річкових долинах (дернові, лучні, лучно-болотні, торфово-болотні ґрунти та торфoviща низинні), що зумовлено різною глибиною залягання підземних вод, відмінностями у складі гірських порід тощо.

За придатністю вирощування зернових і технічних культур ґрунти Полтавщини оцінюють досить високо (6-7 місце серед областей України). У природному стані найродючішими є чорноземи типові середньогумусні. До найменш родючих належать дернові піщані ґрунти. Природну родючість знижують надмірна кислотність і еродованість опідзолених ґрунтів північної частини Полтавщини, а також засоленість ґрунтів у її південній частині [6].

Рослинність. Природна флора Полтавщини налічує понад 1500 видів вищих судинних рослин. Внаслідок пристосування рослин до різних умов навколишнього середовища та їх взаємодії між собою тут сформувалися такі природні угруповання рослинності: ліси (широколистяні – переважно дїброви, значно менше – сосново-дубові й соснові); степи (переважно лучні, в посушливіших умовах – різнотравно-типчаково-ковилові); луки (остепнені, справжні, засолені, заболочені); болота, прибережно-водна та водна рослинність (переважно у річкових долинах, де природні угруповання збереглися найкраще). Нині переважає культурна рослинність (агроценози). Ліси, включаючи штучні та похідні, займають біля 9,5 % площі області, лучна та болотна рослинність – 11%, водна і прибережно-водна – понад 5%. Природні ділянки степу збереглися лише на схилах балок і річкових долин. До Червоного Європейського списку занесено 7 видів рослин (зокрема козельці українські, жовтозілля дніпровське, астрагал шерстистоквітковий); 48 – до Червоної книги України [6].

2 БІОЛОГІЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ

Зерно озимого ячменю має продовольче і кормове значення. Воно використовується в якості сировини для виготовлення ячної і перлової круп, ячмінного кави і пива. Однак зерно озимого ячменю використовується, головним чином, як концентрований корм для тварин. Воно характеризується гарною якістю, багате поживними речовинами, особливо крохмалем і білком.

Урожай озимого ячменю багато в чому залежить від ступеня його перезимівлі, так він має недостатню зимостійкість і по цій властивості поступається всім озимим культурам. Крім того, для озимого ячменю характерна слабка опірність проти випирання, що пов'язано зі слабкорозвиненою кореневою системою. Велике значення в успішній перезимівлі його належить агротехнічним прийомам, проте не менш важливу роль тут відіграє сорт. Вивчення світової колекції озимого ячменю показує, що зимостійкі сорти зазвичай високорослі, нестійкі проти вилягання і низькопродуктивні [8].

2.1 Ботанічне описання озимого ячменю

Коренева система ячменю мичкувата, має велику кількість тоненьких корінців, які густо пронизують ґрунт. Основна маса коріння знаходиться на глибині до 25 см. Коренева система ячменю має невелику засвоювальну здатність, тому для одержання високих врожаїв цю культуру слід розміщувати після добре удобрених попередників або вносити достатню кількість мінеральних добрив.

Стебло – соломина, має 4-6 міжвузлів. Ріст стебла припиняється в кінці цвітіння. Соломина ячменю коротша, ніж в інших зернових культур. При загущенні посівів чи надмірному, непропорційному внесенні азотних добрив ячмінь схильний до вилягання.

Листки широкі, добре розвинуті. Ячмінь має листок з добре розвиненими вушками, завдяки чому його можна відрізнити вже на початку вегетації від пшениці, жита вівса

Суцвіття ячменю – колос, що складається з колосового стрижня та колосків. На кожному виступі колосового стрижня розміщено по три одно квіткових колоски. У дворядних форм бокові колоски не утворюють зерна, а в багаторядних розвинуті три зернівки.

Плід ячменю – однонасінна плівчаста зернівка. Плівчастість у ячменю становить 8-14%. Зерно ячменю має соломяно-жовте забарвлення [9].

2.2 Особливості росту та розвитку озимого ячменю

Набухання і проростання насіння. В оптимальних умовах тривалість цього процесу визначається вологістю посівного шару. Для проростання насіння озимого ячменю потрібно води в обсязі 40-50% їх повітряно-сухої маси, або менше, ніж для інших хлібних злаків. Його насіння починає проростати при порівняно низькій температурі ґрунту (1-3°C). У цей період вони дуже чутливі до несприятливих умов (недолік вологи, ґрунтова кірка, глибока закладення насіння і інше), що значною мірою впливає на подальшу густоту стояння рослин.

Фаза сходів починається з проростання насіння, закінчується появою сходів і третього листка. Загальна тривалість її 15-30 днів. Спочатку розвивається головний пагін і в пазухах зародкових листків закладаються бруньки бокових пагонів. Головний зародковий корінець до кінця фази сходів проникає в ґрунт на глибину до 40 см.

Під час фази куціння швидко збільшується надземна і коренева маса рослин. У поверхні ґрунту утворюється потовщення - стебловий вузол, з якого в подальшому з'являються перші справжні листки. Залежно від погодних умов фаза куціння триває восени 20-40 і навесні до 20-30 днів. Одночасно з куцінням триває зростання вторинних (вузлових) коренів.

Якщо рослина не пускає вторинних коренів, то врожайність знижується до 30% оптимальної величини і нижче. На цьому етапі рослини інтенсивно споживають поживні речовини з ґрунту. Верхня частина конуса наростання витягується, і проходить його сегментація. Тут надалі закладаються колосоносні бруньки. Розсіяне світло в поєднанні з невисокими температурами до 10°C і хорошою забезпеченістю рослин поживними речовинами сприяють формуванню великої кількості сегментів і створюють передумови для утворення більшого колоса.

Початок фази виходу в трубку настає, коли перший стебловий вузол знаходиться на висоті 2-3 см від поверхні ґрунту. В цей критичний період для озимого ячменю формується колосоносні бруньки, що визначає число колосків у колосі. Тому дуже важливо з перших днів весни забезпечити рослину вологою і харчуванням, особливо азотних. Через нестачу азоту верхні і нижні колоски в колосі остаються недорозвиненими і стерильними, в результаті різко знижується врожайність.

Фаза виходу в трубку характеризує появу і диференціацію квіток. Оптимальна середньодобова температура в цей час близько 12°C. При температурі вище 27°C або нижче 5°C різко зменшується формування нормально розвинених квіток. Сприятливі погодні умови сприяють диференціації квіток і збільшення їх числа. На зародковому колосі утворюється колоскові квіткові луски, пильовики і посилено зростає пестик. Рослини збільшують біомасу, розмір листової пластинки досягає максимуму. Під час посухи азотні підживлення на цьому етапі не рекомендуються. Цей етап відповідає появі останнього (флагового) листа та характеризується подальшим формуванням зародкових клітин, ростом всіх частин колоса і міжвузлів. Оптимальна температура на цьому етапі – близько 17°C. Підвищення її понад 30°C, суховії і ґрунтова посуха викликають стерильність колоса. В таких умовах необхідно обирати більш посухостійкі сорти.

Фаза колосіння настає, коли колос наполовину виходить з піхви листка.

У цій фазі ячмінь повністю закінчує формування генеративних органів.

Фаза цвітіння починається при дозріванні і викиданні волотті. У цей період у рослин припиняється ріст вегетативних органів і кореневої системи. Для формування високого врожаю температура повітря повинна бути близько 20°C, відносна вологість – 50-70%, запаси продуктивної вологи в метровому шарі - не менше 70мм. Суховії порушують водний баланс рослин, гублять пилок, що викликає захоплення і запал зерна, а значить – знижує врожай і погіршує його якість.

Формування зернівки – останній етап, визначається врожайністю. Після запліднення йде інтенсивне формування зернівки. В процесі дозрівання зерна у ячменю розрізняють три фази стиглості: молочну, воскову і повну.

Фаза молочної стиглості триває 10-12 днів. За цей період завершується налив зерна. Важливо, щоб рослина довше зберігала другий зверху і флаговий листки. Оптимальна температура 20-23°C. До кінця фази зерно досягає максимальних розмірів, має вологу 40-60%.

Фаза воскової стиглості характеризується закінченням надходження поживних речовин в зерні. Вологість знижується до 14-20%. Високопродуктивні рослини мають 45-50 зерен в колосі, масу 1000 зернин понад 40 г [10].

2.3 Вимоги озимого ячменю до світла і тепла

Ячмінь – рослина довгого світлового дня. Недолік світла сприяє сильному затягуванню його колосіння. Для свого розвитку потребує порівняно тривалого освітлення. Тривале проходження вегетативного періоду призводить до активізації кушіння і формування більшої кількості колосків у колосі. Світловий день у південних районах є довшим, ніж у північних, тому на півдні складаються більш сприятливі умови для продуктивності ячменю. Ячмінь – найбільш скоростигла культура (в порівнянні з пшеницею).

Регулюючи довжину дня можна змінювати строки цвітіння та плодоношення. В залежності від реакції на тривалість світлового дня рослини поділяються на три групи: рослини короткого світлового дня, рослини довгого світлового дня, нейтральні рослини.

Зовнішні умови роблять сильний вплив на характер цвітіння. У сухі, спекотні дні цвітіння настає раніше і закінчується до повного виколосіння. У помірно вологі прохолодні дні цвітіння ячменю настає пізніше і закінчується після повного виходу класів з піхви листка. Підвищена вологість і висока температура сприяють відкритого цвітінню багатьох форм ячменю. При гарній погоді ячмінь цвіте дружно, починаючи із середньої частини колоса, одночасно вгору і вниз.

Озимий ячмінь менш зимостійкий в порівнянні з озимою пшеницею і особливо з озимим житом. Озимий ячмінь є длінноднєвною культурою, для нього небезпечні морози -12°C в безсніжні зими. Тривалі морози ... -12 ... -15°C , а також різкі коливання температури ранньою весною для нього згубні. Він сильніше, ніж озима пшениця, схильний до дії несприятливих умов в ранньовесняний період. З настанням весняних теплих днів ячмінь швидко рушає в зростання. Різка зміна температур в зимовий і ранньовесняний періоди нерідко викликає загибель посівів. Сходи з'являються при $1-2^{\circ}\text{C}$, оптимальна температура $6-8^{\circ}\text{C}$. Вегетаційний період триває 230-300дней, що на 6-10 днів коротше, ніж у озимій пшениці. Завдяки цій особливості, озимий ячмінь не піддається впливу суховіїв.

2.4 Вимоги озимого ячменю до вологи

Потреба озимого ячменю в воді в порівнянні з озимою пшеницею висока, що пов'язано з добре розвиненим листовим апаратом і більш потужною вегетаційною масою. Особливо велика потреба посівів ячменю в воді в фази виходу в трубку і в колосіння. В середньому коефіцієнт транспірації дорівнює 450.

Посухостійкість озимого ячменю обумовлюється добре розвинутою кореневою системою, яка продовжує рости до фази молочного стану зерна. Наявність значної воскового нальоту в листі, стеблі і колосі, сильна зазубреність остей і опущеність квіткових плівок, а також піднесеність листової пластинки в спекотні дні надає рослинам озимого ячменю добре виражені риси ксерофітна, підсилює їх стійкість в жарких і посушливих умовах зростання.

2.5 Вимоги озимого ячменю до ґрунтів та елементів живлення

Озимий ячмінь пред'являє високі вимоги до ґрунту. Він повинен бути високородючим, структурним, містити достатню кількість елементів живлення, володіти нейтральною або слабнокислою (рН 6,0-7,5) реакцією ґрунтового розчину. Найкраще обробляти культуру на чорноземах, але вона з успіхом росте і на слабопідзолисті суглинних ґрунтах нечорноземної зони при достатньому внесенні органічних і мінеральних добрив. Кислі та легкі піщані ґрунти для озимого ячменю малоприсадні.

Поряд з кліматичними і погодними умовами, позитивна дія добрив значною мірою визначається агрохімічними властивостями ґрунту (ефективним родючістю) і, перш за все, рівнем вмісту доступних рослинам елементів живлення: азоту, фосфору та калію.

Залізо, цинк, марганець – основні мікроелементи, необхідні для ячменю протягом всього періоду вегетації. Їх недолік негативно позначається на зростанні і розвитку рослини і зовні проявляється по-різному в залежності від елемента. Недолік заліза проявляється у вигляді затримки росту, на листках спостерігається хлороз між жилками. При нестачі цинку міжвузля укорочені, виникає пожовтіння або плямистість старого листа. Уповільнення розвитку кореневої системи і росту рослин, зниження врожайності спостерігається при нестачі марганцю.

2.6 Сорти озимого ячменю

Головною особливістю і істотним плюсом озимих сортів є їх раннє дозрівання. Висів під зиму дозволяє зерну вкоренитися і зміцніти в ґрунті. Уже з першим стабільним весняним теплом сходи починають швидко розвиватися. Озимий ячмінь добре переносить літню спеку. У плані посухостійкості він є лідером серед інших хлібних злаків. Рослини не страждають навіть від підвищення температури до 40°C. При сприятливих умовах стиглість класів досягається набагато раніше, ніж у ярих культур. А раннє збирання врожаю дає можливість фермерам здійснити повторне засівання звільнення земельних площ.

Істотним недоліком озимих злаків є схильність промерзання разом з верхніми шарами ґрунту. Якщо сніг лягає вчасно і в достатній кількості, така загроза мине. Однак при сильних заморозках без снігового покриву зерна можуть постраждати. Також негативно на життєздатності сходів ячменю може позначитися занадто раннє весняне танення.

«Базальт» – кущистий сорт з гарною врожайністю (до 50-55 центнерів з 1 гектару). Має відмінну зимостійкість. Може перенести тривалу посуху без втрати якості і кількості зерна.

«Фанкі» – сорт з високими показниками врожайності. Рослини мають міцні стебла, стійкі до прилягання. Колосся подовжені, зерно велике.

«Шторм» – високоврожайний, середньостиглий ячмінь. Підходить для вирощування в регіонах з морозними зимами. Сорт відрізняється високою стійкістю до посухи та основних хвороб хлібних культур.

«Ярема» – сорт, який має середні терміни дозрівання. Загальний вегетаційний період становить близько 260 днів. Насіння має високу зимостійкість за рахунок більш глибокого закладення в ґрунт. Основне призначення зерен – переробка на фураж.

2.7 Хвороби та шкідники озимого ячменю

Хвороби. З хвороб на посівах озимого ячменю найбільш поширені пилова і тверда головня, борошниста роса, сітчаста, темно-бура і гельмінтоспоріозні плямистість, кореневі гнилі, карликова іржа.

Пилова головня проявляється в період виколошування. Зараження відбувається в період цвітіння. Колос перетворюється в пильну масу. Не пошкоджується лише стрижень колоса. Носієм інфекції служить зерно. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: підвищена вологість і температура 23-25°C в фазі цвітіння, порушення агротехніки в первинному насінництві та при розмноженні, неправильний вибір протруювача і поганого протруювання.

Тверда (кам'яна) головня проявляється на початку молочної стиглості зерна. У хворому колосі замість зерна утворюються сажкові мішечки, які при збиранні руйнуються. Забруднені хламідоспорами зерно є джерелом інфекції. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: відсутність стійких сортів, глибока закладення насіння, погане протруювання.

Борошниста роса проявляється на надземній частині рослин у вигляді білого паутинистого нальоту. Зараження проходить при температурі 5-20°C і відносній вологості повітря 50-100%. Ячмінь більш чутливий до борошнистої роси, ніж пшениця. Інкубаційний період – 3-11 днів (в середньому 4-5 днів). Фактори, що сприяють розвитку хвороби: ранні строки сівби, загущені посіви, високі дози азотних добрив, відсутність стійких сортів, наявність падалиці та злакових бур'янів.

Сітчаста плямистість проявляється на листках у вигляді овальних бурих витягнутих уздовж жилок листа плям з поздовжніми і поперечними смужками, що утворюють дрібну сітку (відмітна ознака). Перші ознаки спостерігаються у фазі кушіння, масовий розвиток – в фазах цвітіння-наливу зерна. На колоскових лусочках і зерні проявляються у вигляді світло-бурих малопомітних плям. Носій інфекції зимує на пожнивних залишках і на

насінні. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: повторні посіви ячменю, обробіток нестійких сортів, посіви зараженим насінням, прохолодна дощова погода.

Смугаста плямистість вражає листя, іноді стебла і зерна ячменю. На листках з'являються темно-сірі або світло-бурі плями, злегка витягнуті по довжині листка, з оливково-бурым нальотом конідій. При ураженні колоса колоскові плівки буріють, зародковий кінець насіння чорніє. Гриб зимує на рослинних рештках і на насінні під плівками. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: розміщення посівів по колосовим попередникам, підвищена температура повітря при рясному випаданні дощів, висів пошкодженого насіння.

Фузаріозна коренева гниль викликає побуріння коренів і основи стебел. У вологу погоду утворюється білувато-рожевий наліт міцелію і спороношення грибів. Коріння стають трухлявими, стебла відмирають. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: висів уражених і погано протруєного насіння, надмірне азотне живлення, глибоке закладення насіння, надмірне зволоження ґрунту.

Церкоспорельоз викликає появу біля основи стебла глазкових витягнутих плям з нечіткою облямівкою, а всередині стебла – повстяного сірого нальоту. Ламкість стебла і вилягання призводить до зниження урожаю. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: насичення сівозміни колосовими злаками, відсутність стійких сортів, підвищення рівня азотного живлення, особливо надлишок нітратних форм; розміщення посівів після зернових колосових культур; волога холодна погода восени, м'яка зима з відлигами, дощові прохолодні весна і літо; поверхнева обробка ґрунту після збирання колосового попередника.

Карликова іржа з'являється на листках у вигляді дуже маленьких (0,5 мм) пустул. Уражені рослини погано перезимовують, дають менше зерен і низької якості. Максимального розвитку хвороба досягає в фазі молочної стиглості зерна. Оптимальна температура

для розвитку хвороби – 15-20°C, інкубаційний період 7-8 днів. Фактори що сприяють розвитку хвороби: втрата стійкості сортів, наявність падалиці та бур'янів злаків, волога погода восени, м'яка зима, теплі і вологі весна і літо.

Облямівкова плямистість або ринхоспоріоз проявляється на листках у вигляді рідких подовжено-овальних сірих плям з бурюю або темно-бурюю зазубреною облямівкою. Плями зазвичай появляються у верхній частині листа, поступово поширюючись на весь лист. Пошкоджені листки засихають. Інфекція зберігається в вигляді грибниці на сходах падалиці, рослинних рештках, насінні. Фактори, що сприяють розвитку хвороби: пізні і занадто ранні строки сівби, прохолодна дощова погода, наявність злакових бур'янів, внесення підвищених доз азотних добрив [10].

Шкідники. На посівах озимого ячменю найбільш шкідливі хлібна п'явиця, злакові попелиці, злакові мухи, хлібні жуки, хлібна жужелиця, злакова листовійка.

Хлібна п'явиця – зеленувато-синій жук довжиною 4,0-4,5 мм. Личинка світло-жовта, покрита бурим слизом. Шкодять і дорослий жук, і личинка. Період шкодочинності розтягнутий від фази кущіння до воскової стиглості зерна. Ячмінь пошкоджується п'явицею в більшій мірі, ніж пшениця. Основний упор в боротьбі з шкідниками діляться на обприскування посівів, уражених дорослими комахами. При цьому крайові обробки ефективні тільки в перші 3-5 днів після появи жуків на рослинах.

Злакові попелиці розмножуються живородінням, дають більш десяти поколінь за вегетацію. Яйця вони відкладають на сходи, де згодом й зимують. Фактори, що сприяють розвитку шкідника: помірно тепла волога погода, надмірне азотне живлення, несвоєчасне знищення падалиці.

Переліт злакових мух і відкладання яєць на сходи озимого ячменю відбуваються в серпні-вересні. Личинки шведської мухи ушкоджують стебла зсередини, генейської – піхви листка. Зимують личинки в пошкоджених стеблах. Фактори, що сприяють розвитку шкідника: тепла

волога погода в вегетаційний період, несвоєчасне знищення падалиці, ранні строки сівби.

Личинка хлібної жужелиці шкодить на сходах восени і навесні, зимує в ґрунті. Жуки відроджуються в фазах цвітіння - наливу зерна. Комаха відкладає яйця в серпні - вересні. Фактори, що сприяють розвитку шкідника: волога погода у другій половині літа, розміщення озимих на одному полі більше двох років поспіль, наявність падалиці та післяжнивних залишків, помірно холодна сніжна зима, волога погода в період наливу і дозрівання зерна, поверхнева обробка ґрунту.

Гусениці злакової листовійки зимують в лісосмугах, а навесні при температурі 12-13°C переносяться вітром на посіви, заселяючи краї шириною до 200-250 м. Гусениці молодших (першого-другого) вікових категорій пошкоджують листя, старших – обгризають епідерміс поздовжніми смугами, що нагадує пошкодження личинками п'явиці. Пізніше комаха пошкоджує колоски в колосі, часто підгризають соломину нижче колоса частково або повністю, викликаючи білоколос. Фактори, що сприяють розвитку шкідника: розміщення ячменю на полях, що межують з пошкодженими посівами, несвоєчасне проведення хімічних обробок [10].

3 ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Урожай і урожайність – найважливіші результативні показники землеробства і сільськогосподарського виробництва в цілому. Рівень урожайності відображує вплив економічних і природних умов, а також якість організаційно - господарської діяльності сільськогосподарських підприємств і господарств. Під урожаєм (валовим збором) у статистиці розуміють загальний обсяг продукції, зібраної з усієї площі посіву окремих сільськогосподарських культур або їх груп. Урожайність – це середній обсяг продукції з одиниці посівної площі. Для культур, що вирощуються у відкритому ґрунті, урожайність визначають з розрахунку на 1 га, а у закритому ґрунті – на 1 м².

3.1 Методика статистичного аналізу часових рядів урожайності

Питання аналізу часових рядів урожайності, встановлення закономірностей її мінливості цікавлять багатьох дослідників. В їхніх роботах розглядаються різні аспекти цієї проблеми – від аналізу складових часових рядів до можливих шляхів прогнозування урожайності на основі використання закономірностей, закладених в самих часових рядах [11, 15, 18].

Як відмічають вищевказані дослідження, формування врожаю сільськогосподарських культур - складний процес, що залежить від ряду природно-кліматичних і економічних факторів. Прогнозування врожаю ведеться двома взаємодоповнюючими одне одного методами, які враховують основні групи впливаючих факторів: природно-кліматичних і господарчо-економічних. Прогнозування врожаю на перспективу засновано на урахуванні змінних господарчо - економічних умов. Головна увага

приділяється екстраполяції і прогнозуванню господарсько-економічних умов, що визначають загальний рівень землеробства, на фоні якого розгортається дія природно - кліматичних факторів вплив цих суттєвих факторів, широко використовується в агрометеорології поняття «тенденція» та «тренд урожайності» [14]. Одні виключають з розгляду зміни ґрунтово-кліматичних умов, визначаючи тренд при умові збереження їх середнього рівня, інші розуміють під трендом функцію, що описує загальну середньостатистичну зміну рівня урожайності.

Використання трендів при прогнозуванні урожайності має подвійну мету: 1) вибором тренда елімінувати ту долю врожаю, яка визначається рівнем землеробства в широкому розумінні слова; 2) екстраполяцію динаміки тренда на перспективу. Постановка цієї задачі обумовлена тим, що в агрометеорологічній літературі розглядають динамічний ряд урожайності як нестационарний процес:

$$Y(t) = f(t) + U_i, \quad (3.1)$$

де t – приймає значення з натурального ряду чисел;

$f(t)$ – стаціонарна складова, випадкова функція;

U_i – випадкова функція часового ряду,

$Y(t)$ – урожайність.

Функцію $f(t)$ визначають як тренд урожайності, що характеризує зміну рівня землеробства. Дискретна функція $y(t)$ описує випадкові функції урожайності під впливом метеорологічних факторів у вегетаційний період конкретного року [14, 16].

Більш прийнятною була б модель урожайності

$$Y(t) = f(t) + \delta(t) + U_i, \quad (3.2)$$

де $\delta(t)$ – випадкова функція, що характеризує вплив метеорологічних умов на ефективність використання землеробства.

Тренд, отриманий будь-яким способом для рішення другої задачі при агрометеорологічному прогнозуванні, зазвичай, екстраполюється за часом на крок вперед аби отримати значення рівня тренда на рік складання прогнозу.

При виділенні трендів потрібний об'єктивний аналіз умов, в яких розгортається часовий ряд урожайності, розуміння основних закономірностей і факторів, що впливають на динаміку урожайності. При цьому важливо правильно обрати довжину часового ряду. При різній його довжині можуть бути отримані тренди з неоднаковою динамікою, що описують «об'єктивно» існуючі закономірності. Необхідно використовувати ряд такої довжини, аби його було достатньо для виявлення закономірностей в зміні рівня землеробства. На поведінку трендів мають бути накладені певні умови «доволі» поступових змін, відповідних нашим уявленням про властивості інерційності культури землеробства [13].

В останні роки для аналізу динаміки урожайності і оцінки культури землеробства використовують метод гармонійних вагів (Польовий А.М.) [11].

Основна ідея метода гармонійних вагів полягає в тому, що в результаті зважування певним методом окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженням надаються більші ваги. Тобто, вплив більш пізніх спостережень має сильніше відображатися на прогнозованій оцінці, ніж вплив більш ранніх.

При використанні МГВ в якості деякого приближення $\hat{f}(t)$ істиного тренду $f(t)$ часового ряду урожайності сільськогосподарських культур

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3.3)$$

приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок часового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзаючого тренда) представляють

його окремі фази. Для визначення окремих фаз ковзаючого тренда обирається число $k < n$ і знаходиться рівняння лінійних відрізків:

$$Y_i(t) = a_i + b_i(t), \quad t = 1, 2, \dots, n - k + 1, \quad (3.4)$$

причому,

для $i=1, \quad t=1, 2, \dots, k;$

для $i=2, \quad t=2, 3, \dots, k+1;$

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

Параметри a_i і b_i рівняння (4.4) визначаються методом найменших квадратів.

Значення кожної функції $Y_i(t)$ визначається в точках

$$t=i+h-1, \quad (h=1, 2, \dots, k). \quad (3.5)$$

Кількість визначень $Y_i(t)$ в кожній точці t позначається через g_i , а через $Y_i(t)$ – значення функції $Y_i(t)$ для $t=i$. Точки ковзаючого тренда – це середні значення усіх $Y_i(t)$, які визначаються з виразу

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j=1, 2, \dots, g_i). \quad (3.6)$$

Прирости ω_{t+1} функції $f(t)$ визначаються як

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (3.7)$$

Середня приростів визначається

$$\bar{\omega} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1}, \quad (3.8)$$

де C_{t+1}^n – коефіцієнти, що задовольняють наступним умовам:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t=1, 2, \dots, n-1); \quad (3.9)$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n = 1. \quad (3.10)$$

Гармонійні коефіцієнти визначаються по формулі

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (3.11)$$

де m_{t+1} – гармонійні ваги.

Якщо самі ранні спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (3.12)$$

то вага інформації m_3 , що відноситься до наступного моменту часу, визначатиметься як

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (3.13)$$

Таким чином, ряд гармонійних вагів визначається рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.14)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (3.12).

Екстраполяція тенденції часового ряду урожайності проводиться по виразу

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{\omega} \quad (3.15)$$

при початковій умові $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

За даними Польового А.М. при розрахунку тенденції урожайності сільськогосподарської культури на прогнозуемий рік необхідно враховувати, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається середньообласна урожайність культури, має нараховувати не менше 18 років. При цих умовах, років, що формують одну фазу ковзаючого тренда, має бути 16 ($k = 16$).

Складна картина мінливості тенденції урожайності сільськогосподарських культур, яка обумовлена взаємодією факторів агротехніки та клімату, потребує встановлення загальних закономірностей в динаміці трендів. Виділення схожих тенденцій врожайності, їх класифікація дозволяє упорядкувати все різноманіття одержаних трендів, об'єднати райони з однаковою динамікою тенденції і провести на цій основі глибокий аналіз причин, які визначають зміну рівня тенденції врожайності. Серед ознак за якими можлива кваліфікація динаміки тенденції врожайності часових рядів, зупинимося на двох: першій похідній тенденції часового ряду – прирості тренду і другій похідній – прискоренню приросту тенденції врожайності. Вони дозволяють виділити періоди максимального і мінімального прискорення, його відсутність і відповідно визначити межі між лінійними і експоненціальними ділянками кривих тенденції врожайності [12].

На їх основі можна виділити чотири типи динаміки тенденції врожайності сільськогосподарських культур.

Тип Ia (лінійний ріст): крива тенденції характеризується стабільною позитивною швидкістю зростання тенденції врожайності і відсутністю (або мінімальними значеннями) на окремих ділянках тренду прискорення.

Тип Іб (лінійний ріст): для кривої цього виду характерне стабільне зниження рівня тенденції врожайності – від’ємна швидкість росту тенденції.

Тип ІІ (ріст із зменшенням темпів): для кривої характерний стійки ріст тенденції врожайності з послідуєчим уповільненням [11].

Тип ІІІ (параболічна крива): на перших етапах інтенсивний ріст, потім уповільнення і від’ємна швидкість росту тенденції.

Тип ІVа (S-подібна крива): невисокий початковий експоненціальний або майже експоненціальний ріст, лінійна ділянка росту і подальше зменшення темпів росту.

Тип ІVб (S-подібна крива): інтенсивний початковий експоненціальний ріст, лінійна ділянка росту і наступне зниження темпів росту.

3.2 Часова та просторова динаміка врожаїв ярого ячменю в Полтавській області

Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності зернових культур присвячені роботи І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового та ін.

У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та врожай культур є метеорологічні умови. Вони в значній мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових [19]. В основних районах вирощування врожайність зернових культур може мати тенденцію (тренд) як до зростання з часом, так і до зменшення, але темпи різні у різних культур та в різних регіонах. На фоні загального зростання або зменшення врожайності спостерігаються її щорічні коливання як у бік зростання, так і у бік зменшення. Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов вирощування [17]. Найчастіше

недостатнє або нестійке зволоження, нестача тепла є головною причиною значних коливань врожайності щорічно.

Причинами, що обумовлюють зростання врожайності з часом є підвищення культури землеробства, виведення нових сортів та ін. Причини зменшення врожайності з часом різні, найчастіше це погіршення рівня культури землеробства, застарілі сорти, не дотримання техніки вирощування тощо. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів: особливостей системи землеробства, засобів обробки ґрунту, міри використання добрив, засобів боротьби з шкідниками та хворобами, відповідності сортів агрокліматичним ресурсам території, енергозабезпеченості виробництва та меліорації клімату. Перелічені фактори визначають загальний рівень врожайності, тобто формують тренд. Щорічні відхилення врожайності від тренду обумовлюються погодними умовами кожного конкретного року. В цілому рівень врожайності характеризується двома складовими: складова культури землеробства та метеорологічна складова. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різні роки. Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів.

Розрахунок трендів здійснювався за методом гармонійних вагів, який в агрометеорології вперше запропонував А.М. Польовий [11].

На графіку (рис. 3.1) представленні данні, що показують динаміку урожайності озимого ячменю по Полтавській області за досліджуваний період. Урожайність коливається в рамках від 9,2 до 40,6 ц/га. Лінія тренду надає переконливі докази того, що урожайність з 1995 р. по 2015 р. поступово зростає.

Мінімальна урожайність встановлена в 2003 році, а максимальна – в 2009 році. Середня за роки досліджень урожайність склала 27,3 ц/га.

На початок дослідження 1995-1999 рр. амплітуда коливань урожайності в середньому становила 26 ц/га, а у 2000 р. знизилася до 15 ц/га. Надалі у 2001-2002 рр. вона вже становила 31 ц/га. Після чого, згідно графіку, у 2003 р. урожайність озимого ячменю по області кардинально впала до нижньої межі 9,2 ц/га. В середині періоду з 2004 по 2007 рр. вона різко піднялася і стабілізувалася в середньому до 26,2 ц/га. Потім у 2008 та у 2009 рр. спостерігається період значного та максимального зростання врожаю в даній області. У 2010 р. урожайність різко знижується до 19,7 ц/га. З 2011 р. і до кінця досліджуваного періоду урожайність має ступінчатий характер та коливається від 25,3 ц/га у 2012 р. до 36,2 ц/га у 2015 р. Щорічне відхилення врожайності від лінії тренда обумовлюється впливом погодних умов осені, зими і весняно-літнього періоду на формування продуктивності озимого ячменю [20].

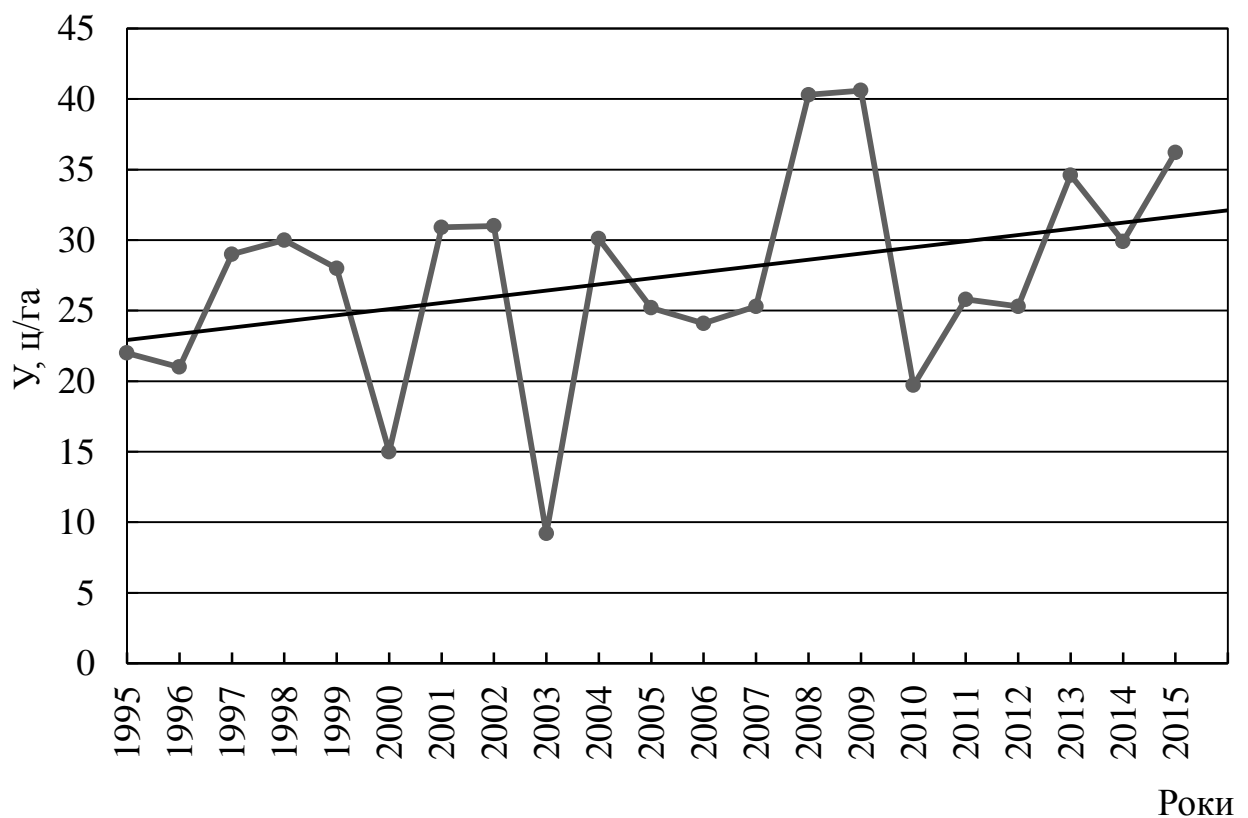


Рисунок 3.1 – Динаміка врожайності озимого ячменю та лінія тренду по Полтавській області

Для виявлення впливу кліматичних умов в окремі роки на формування врожаю озимого ячменю в Полтавській області, побудовано графік відхилення фактичних врожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). Як видно з графіку найбільш несприятливими для вирощування озимого ячменю були 2000, 2003 та 2010 рр., тобто у ці роки були невдалі погодні умови. Тут спостерігаються найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду, а саме -8,8, -15,3 та -10,1 ц/га. Найбільш сприятливими для вирощування озимого ячменю були 2008 та 2009 рр., у ці роки було максимальне додатне відхилення від лінії тренду, а саме 10,8 та 10,5 ц/га. У більшості років за досліджуваний період склалися позитивні відхилення, це свідчить про те, що в ці роки спостерігалися сприятливі кліматичні умови для формування урожаю.

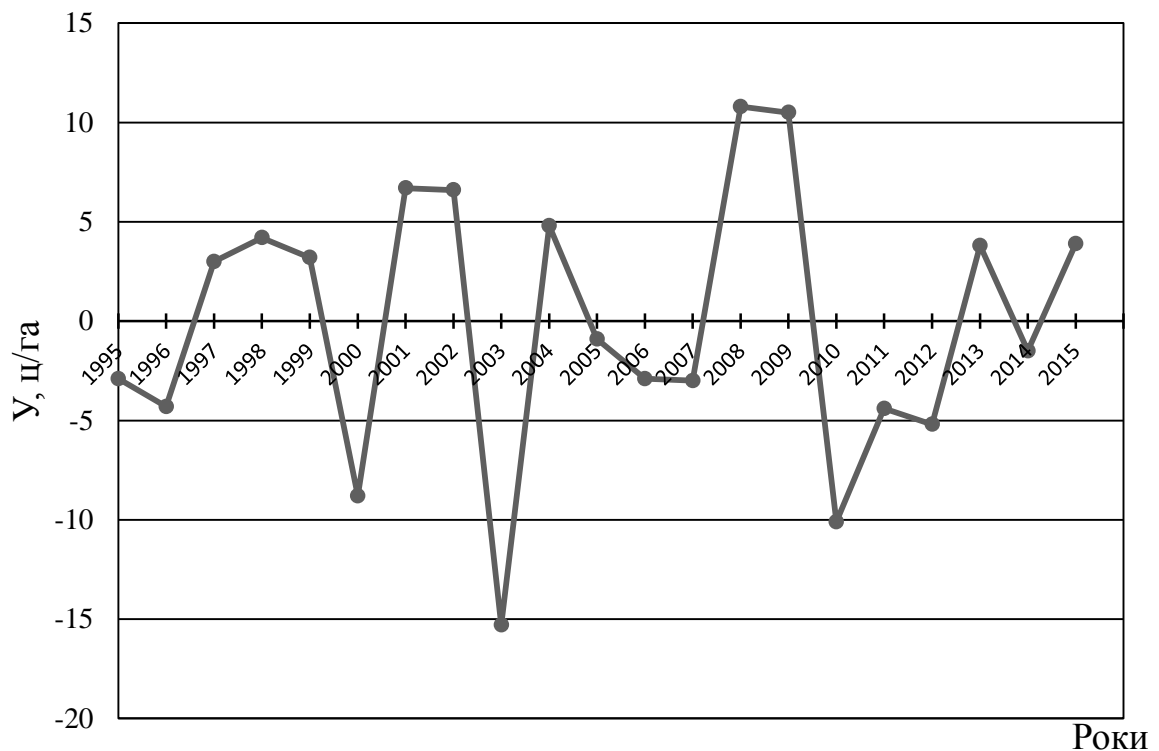


Рисунок 3.2 – Відхилення врожайності озимого ячменю від лінії тренда в Полтавській області

Для визначення особливостей формування урожайності в конкретній зоні важливими є агроекологічні умови. Відхилення від тренду можуть бути від'ємними або додатними. Для того, щоб позбутися знаку, застосовують коефіцієнт (K), що розраховується як відношення фактичної врожайності до урожаю по тренду.

Таблиця 3.1 – Оцінка сприятливості погодних умов формування урожайності озимого ячменю в Полтавській області

№ п/п	Роки	Фактична урожайність	Урожайність по тренду	Відхилення від тренду	$K_{обл.} = I_i / \hat{I}_i$
		I_i	\hat{I}_i	$\Delta \hat{I}_i$	
1	2	3	4	5	6
1	1995	22	24,9	-2,9	0,88
2	1996	21	25,3	-4,3	0,83
3	1997	29	26	3	1,12
4	1998	30	25,8	4,2	1,16
5	1999	28	24,8	3,2	1,13
6	2000	15	23,8	-8,8	0,63
7	2001	30,9	24,2	6,7	1,28
8	2002	31	24,4	6,6	1,27
9	2003	9,2	24,5	-15,3	0,38
10	2004	30,1	25,3	4,8	1,19
11	2005	25,2	26,1	-0,9	0,97
12	2006	24,1	27	-2,9	0,89
13	2007	25,3	28,3	-3	0,89
14	2008	40,3	29,5	10,8	1,37
15	2009	40,6	30,1	10,5	1,35
16	2010	19,7	29,8	-10,1	0,66
17	2011	25,8	30,2	-4,4	0,85
18	2012	25,3	30,5	-5,2	0,83
19	2013	34,6	30,8	3,8	1,12
20	2014	29,9	31,4	-1,5	0,95
21	2015	36,2	32,3	3,9	1,12

Не дивлячись на те, що підвищуються можливості активного втручання в процес вирощування шляхом правильного вибору ділянки і проведення в оптимальні строки агротехнічних заходів, успіх культури озимого ячменю значно залежить від погодних умов. Кращим доказом є відхилення врожайності по роках від основної тенденції, а також отримання рекордних та мінімальних врожаїв. На основі експериментальних даних і досвіду вирощування озимого ячменю в попередні роки отримано взаємозв'язок і результати спостережень за погодними умовами, що дозволяє з допомогою відповідних агротехнічних заходів запобігати небезпечному впливу погоди на формування врожаю озимого ячменю [20].

У таблиці 3.2 представлені розрахунки агрометеорологічних умов в роки з високою та низькою врожайністю. Розрахунки проводилися за вегетаційний період.

Таблиця 3.2 – Агрометеорологічні умови в роки з врожаєм різного рівня по Полтавській області

Рік	У, ц/га	$\sum T_{ак}, ^\circ C$	$\sum R, мм$	V, %	$W_{н.к.0-100см}, мм$
Висока врожайність					
2009	40,6	1434	177	55	102
2008	40,3	1521	196	53	87
Низька врожайність					
2003	9,2	1496	102	54	40
2000	15	1479	222	76	80

Для того, щоб дізнатися вплив агрометеорологічних факторів на формування врожайності озимого ячменю в Полтавській області були розраховані такі показники: сума активних температур ($\sum T_{ак}$), сума

опадів (ΣR), вологозабезпеченість (V), запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W).

В роки з низькою врожайністю за період від відновлення вегетації до воскової стиглості склалися такі агрометеорологічні погодні умови, що викликали мінімальний врожай озимого ячменю. У ці роки сума активних температур становила 1496°C та 1479°C . Сума опадів по Полтавській області коливалися 102-222 мм, а вологозабезпеченість складала 35-70%. Запаси продуктивної вологи у ґрунті у шарі 0-100 см мали досить низькі показники.

Тепер розглянемо роки з високою врожайністю. Тут спостерігається позитивна кількість опадів, що сприяло достатнім рівням запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту. Вологозабезпеченість мала оптимальні показники, відповідно 55% та 53%. А сума активних температур мала такі значення, як 1434°C та 1521°C . Отже, як видно з таблиці, такі показники сприяли досить високим рівням врожайності озимого ячменю в Полтавській області.

3.3 Зв'язок урожайності озимого ячменю з агрометеорологічними умовами

Сучасний етап розвитку сільськогосподарської науки ґрунтується на пошуку шляхів управління ростом рослин і формування врожаю заданої величини і якості.

Одним із шляхів вирішення цього завдання є адаптація існуючих технологій до конкретних умов виробництва з урахуванням особливостей росту і розвитку рослин в певній ґрунтово-кліматичній зоні. Постановка багатофакторних дослідів дозволяє знайти оптимальне співвідношення факторів життя рослин і адаптувати існуючі технології до щорічно мінливих умов вирощування.

В Україні провідне місце серед зернофуражних культур займає озимий ячмінь. Відомо, що врожайність озимого ячменю вище, ніж ярого. Тому в даний час площі зайняті під озимим ячменем розширюються. Все це вимагає сортозміни і сортооновлення в найкоротші терміни. Основну роль в швидкому проведенні сортозміни і сортооновлення грає промислове насінництво сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим важливе значення має впровадження зональних технологій обробітку зернових культур, основні елементи яких: норма висіву насіння, спосіб посіву, фон мінерального живлення, хімічна обробка, сонячна радіація, температурні умови, волога та повітря і відіграють основну роль у формуванні врожаю і якості насіння [21].

Агрометеорологічні умови зростання озимого ячменю розглядаються по Полтавській області за період з 1995 по 2015 роки. Для розрахунків використано фактичні дані: дати наступу фаз розвитку ярого ячменю, середня декадна температура повітря, середній за декаду дефіцит вологості повітря, продуктивні запаси вологи в ґрунті. Дані були отримані за спостереженнями метеорологічних станцій області.

Розглянемо період відновлення вегетації-воскова стиглість (табл. 3.3). За результатами розрахунків середня дата відновлення вегетації відповідає даті 18 березня. В залежності від різних погодних умов дата змінюється. Найбільш рання дата за цей період відповідає 2 березня (1995 р.), а найбільш пізня – 2 квітня (2010 р.). Середня дата воскової стиглості відмічається в першій декаді липня. Найбільш рання дата за цей період припадає на 26 червня (2011 р.), а найбільш пізня – на 22 липня (2015 р.). Так в окремі роки тривалість періоду відновлення вегетації - воскова стиглість має максимальний показник 128 днів, мінімальний – 93 дні, а в середньому становить 110 днів.

У період від відновлення вегетації до воскової стиглості середня температура повітря складає $14,0^{\circ}\text{C}$. З 1995 р. по 2015 р. температура за досліджуваний період коливалася в межах $11,8-15,9^{\circ}\text{C}$. Максимальна

Таблиця 3.3 – Агрометеорологічні показники вирощування озимого ячменю в Полтавській області

Рік	Дата настання фази		N	Сума температур повітря вище 5 °C		\bar{t} , °C	ΣR , мм	Σd , гПа	W_{0-100} , мм		E_{ϕ} , мм	E_0 , мм	V, %	W_{0-20} , мм	
	Відновлення вегетації	Воскова стиглість		Активна	Ефективна				W_{Π}	W_{κ}				W_{Π}	W_{κ}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1995	02.03	08.07	128	1618	1018	12,6	281	754	159	96	344	490	70	31	17
1996	20.03	10.07	112	1550	1045	13,8	158	605	166	120	204	393	52	47	21
1997	24.03	02.07	100	1338	838	13,4	283	580	162	92	353	377	94	34	20
1998	21.03	06.07	107	1413	878	13,2	122	643	186	86	222	418	53	53	14
1999	15.03	28.06	105	1245	800	11,9	147	558	175	88	234	363	65	46	8
2000	22.03	08.07	108	1479	1034	13,7	222	616	163	80	305	400	76	35	18
2001	31.03	06.07	97	1535	1100	15,8	317	786	176	24	469	511	92	51	7
2002	07.03	10.07	125	1478	973	11,8	190	695	173	146	217	452	48	40	27
2003	30.03	02.07	94	1496	1031	15,9	102	699	182	40	244	454	54	39	8
2004	23.03	04.07	103	1593	1078	15,5	202	858	180	93	289	558	52	44	22
2005	22.03	06.07	106	1522	1037	14,4	134	686	158	98	194	446	44	40	20
2006	03.03	06.07	125	1510	975	12,1	318	650	169	94	393	423	93	47	14
2007	13.03	14.07	123	1775	1210	14,4	120	885	138	85	173	575	30	23	18
2008	25.03	08.07	105	1521	1076	14,5	196	836	180	87	289	543	53	42	16
2009	13.03	06.07	115	1434	894	12,5	177	677	165	102	240	440	55	38	20
2010	02.04	04.07	93	1455	990	15,6	313	699	89	53	349	454	77	10	20
2011	25.03	26.06	93	1244	809	13,4	169	564	179	128	220	367	60	42	28
2012	07.03	30.06	115	1641	1081	14,3	112	101	175	85	202	662	30	39	29
2013	04.03	02.07	120	1518	948	12,6	195	636	112	88	219	413	53	29	15
2014	07.03	02.07	117	1460	995	12,5	147	872	195	91	251	567	44	28	17
2015	24.03	22.07	120	1820	1255	15,2	254	670	164	81	337	436	77	37	20
Ср.	18.03	05.07	110	1507	1003	14,0	198	714	164	88	274	464	61	38	18
Max	02.04	22.07	128	1820	1255	15,9	318	558	195	146	469	662	94	53	29
Min	02.03	26.06	93	1244	800	11,8	102	101	89	24	202	363	30	10	7

температура була відмічена у 2003 р., а мінімальна – у 2002 р. Висока температура повітря викликає пересихання верхнього шару ґрунту і величина урожаю залежить від запасів продуктивної вологи.

Сума активних температур по області за період в середньому складає 1507°C , хоча в окремі роки суми коливаються від 1244°C (2011 р.) до 1820°C (2015р.). Сума дефіцитів вологості повітря за період варіює від 101 мм до 558 мм. На початок періоду запаси вологи в метровому шарі ґрунту зменшилися від 195 до 89 мм. За період відновлення вегетації-воскова стиглість вологозабезпеченість у середньому за 21 рік складає 61%. У 1997 р. вологозабезпеченість має максимальний результат 94%. У 2007 р. цей показник значно зменшився і мав мінімальне значення 30%.

Отже, відповідно до розрахунків агрометеорологічні умови для періоду відновлення вегетації-воскова стиглість були досить сприятливими для росту та розвитку рослин озимого ячменю. Несприятливим слід відзначити 2000 та 2003 роки з високою середньою температурою повітря $13,7^{\circ}\text{C}$ та $15,9^{\circ}\text{C}$, низькими запасами вологи і середньою кількістю опадів.

4 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ТА ЙОГО УРОЖАЙНОСТІ У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Виробництво зерна має вирішальне значення для піднесення всіх галузей сільського господарства і підвищення матеріального рівня життя людей. Найважливішим завданням по вирощуванню зернових колосових культур є значне підвищення їх врожайності, насамперед шляхом впровадження у виробництво високопродуктивних сортів, диференційованої зональної агротехніки з урахуванням біологічних особливостей окремих культур та врахування впливу погодних умов на їх продуктивність. Площі посівів озимого ячменю у зв'язку з відродженням тваринництва постійно розширюються. Серйозних наукових робіт щодо досліджень озимого ячменю за останні 15 років не було, що пов'язано з відносно малим ареалом його розповсюдження. За посівною площею і валовим збором зерна в світовому землеробстві ячмінь займає четверте місце. Посівна площа в останні роки становить більше 300 тис. га. Головна причина малого розповсюдження культури – низька морозостійкість сортів. За сприятливих умов зимівлі озимий ячмінь має ряд переваг перед ярим. Оскільки вегетація озимого ячменю починається восени, навесні він встигає більш повно використати запаси вологи, ніж ярий [20, 22].

4.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимого ячменю

Веселий Поділ. Сівба озимого ячменю починається за середніми багаторічними даними на початку квітня, а за сценаріями зміни клімату RCP4.5 сіяти будуть пізніше на 9 днів (табл.4.1).

Прихід фотосинтетичної активної радіації (ФАР) за вегетаційний період озимого ячменю за середніми багаторічними даними складає

92,1 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 припускається збільшення приходу ФАР до 108 кДж/см². Це зумовить різницю в формуванні потенційної урожайності всієї сухої маси озимого ячменю (ПУ). При фактичних умовах потенційна врожайність становить 1831 ц/га, в той час як за сценарієм вона становитиме 2578 ц/га (табл. 4.2).

Таблиця 4.1 – Агрометеорологічні умови вегетації озимого ячменю на пункті спостереження Веселий Поділ в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за вегетаційний період)

Період, сценарій	Дата сівби	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	03.04	15,0	157	205	311	0,66	1,18	92,1
RCP4.5								
2011-2050	12.04	15,1	143	194	340	0,57	1,24	108

Середня температура повітря за вегетаційний період за середніми багаторічними даними становила 15,0⁰С, а за сценарієм вона збільшиться тільки на 0,1⁰С.

За період відновлення вегетації - воскова стиглість озимого ячменю середня сума опадів складала 157 мм. За кліматичним сценарієм RCP4.5 помічається зменшення суми опадів на 9% від середнього багаторічного показника та становить 143 мм.

Сумарне випаровування за кліматичним сценарієм RCP4.5 за період 2011-2050 рр. становить 194 мм, в той час як за середніми багаторічними показниками воно становить 205 мм.

За кліматичними сценаріями RCP4.5 випаровуваність від відновлення вегетації до повної стиглості озимого ячменю підвищиться на 8 % і буде

складати 240 мм. За середніми багаторічними даними вона буде складати 311 мм.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів озимого ячменю за вегетаційний період складала 0,66 відн. од. За умов сценарію зміни клімату RCP4.5 за період 2011-2050 рр. вологозабезпеченість посівів ячменю знизиться до 0,57 відн. од.

Середній за вегетаційний період ГТК за середніми багаторічними даними 1980-2010 рр. становив 1,18 відн. од. За кліматичним сценарієм спостерігається збільшення ГТК до 1,24 відн. од. (на 3 % вище від середньої багаторічної величини).

Значення фотосинтетичного потенціалу (табл. 4.2) озимого ячменю при фактичних умовах становить $152 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення фотосинтетичного потенціалу до $241 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (на 37%).

Таблиця 4.2 – Формування урожаю озимого ячменю на пункті спостереження Веселий Поділ при середніх багаторічних умовах та в порівнянні з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Вся суха маса, $\text{г}/\text{м}^2$			Фотосин- тетичний потенціал, $\text{м}^2/\text{м}^2$ за період	Урожай озимого ячменю при його вологості 14 %, ц/га	Баланс гумусу, т/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливог о урожаю	дійсно возмо- вого урожаю			
1980-2010	1831	992	625	152	28,5	0,067
RCP4.5						
2011–2050	2578	1363	940	241	42,9	-0,022

Урожай маси озимого ячменю при середніх багаторічних умовах становить 28,5 ц/га. В очікуваних агрокліматичних умовах він буде значно вищий від фактичного середнього багаторічного, та складатиме 42,9 ц/га.

При реалізації сценарію RCP4.5 баланс гумусу в ґрунті під посівами очікується від'ємним (- 0,022 т / га), а при фактичних середньо багаторічних він становитиме 0,067 т / га.

При даних середніх багаторічних агрокліматичних умовах рівень ММУ становитиме 992 ц/га всієї сухої рослинної маси, що значно менший, ніж рівень ММУ посівів при сценарних умовах (1363 ц/га). При фактичних умовах дійсно можливий урожай становить 625 ц/га, в той час як за сценарієм RCP4.5 він становитиме 940 ц/га (табл. 4.2).

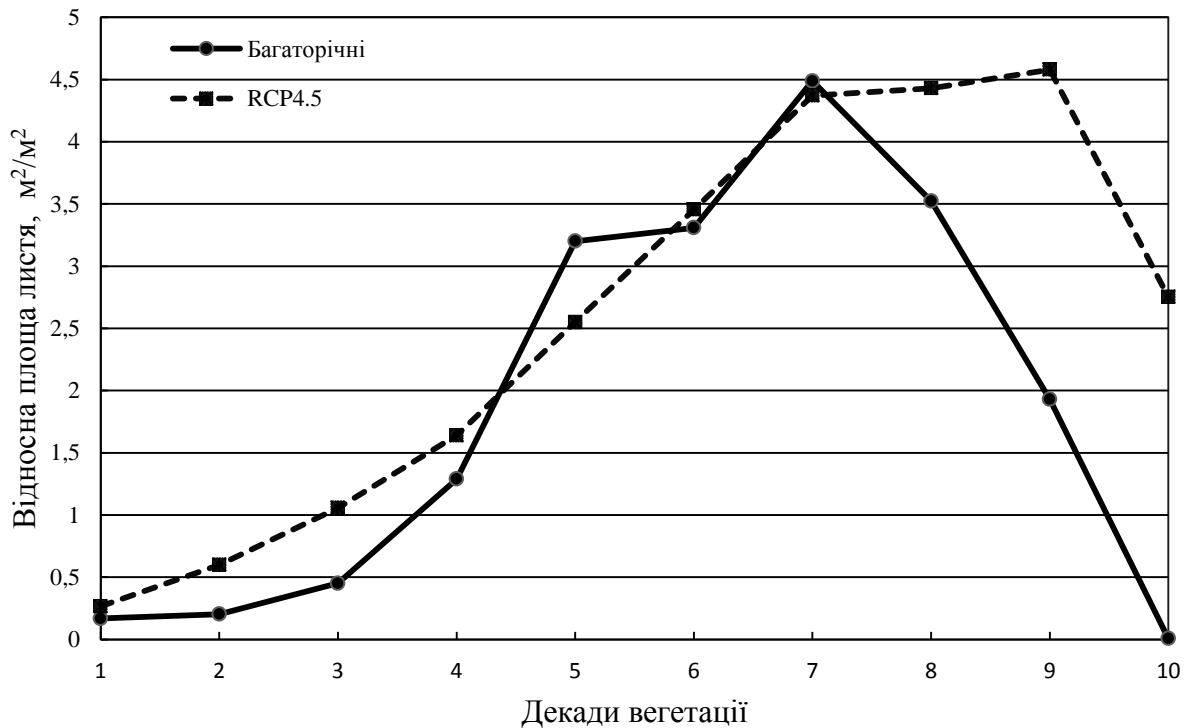


Рисунок 4.1 – Динаміка площі листя озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011–2050 рр. на станції Веселий Поділ

Динаміка площі листя (рис. 4.1) проходить подібно формуванню площі листя при середніх багаторічних умовах, але спостерігаються коливання сценарних даних. За вегетаційний період озимого ячменю

максимальна площа листя за сценарієм RCP4.5 за 2011-2050 рр. буде більшою на $0,10 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в порівнянні з середньою багаторічною величиною ($4,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

За сценарієм RCP4.5 агрокліматичні умови будуть більш сприятливими в порівнянні з умовами середніх багаторічних, що сприятиме формуванню більшої площі листя. Така динаміка площі листя та роботи фотосинтетичного апарату сформує досить високий фотосинтетичного потенціалу озимого ячменю за період відновлення вегетації - воскова стиглість.

Такі агрокліматичні умови фотосинтетичної діяльності озимого ячменю складають відповідний рівень метеорологічно-можливого урожаю (ММУ). Так за кліматичним сценарієм RCP4.5 рівень ММУ всієї сухої рослинної маси збільшується на 27% від середнього багаторічного значення (табл.4.2).

На рисунку 4.2 представлений хід динаміки декадних приростів метеорологічної можливої урожайності (ММВ) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр.

Її динаміка буде подібна динаміці приростів метеорологічної можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде мати вищі показники.

На початку вегетаційного періоду прирости метеорологічної можливої урожайності коливатимуться від $34,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$ до $64,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$ відповідно. За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина $\Delta\text{ММВ}$ становить $992,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона становить $1362,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек.}$ при чому для сценарію RCP4.5 вона буде вищою. До кінця вегетації рівень приростів ММВ підвищується та має значно різні показники.

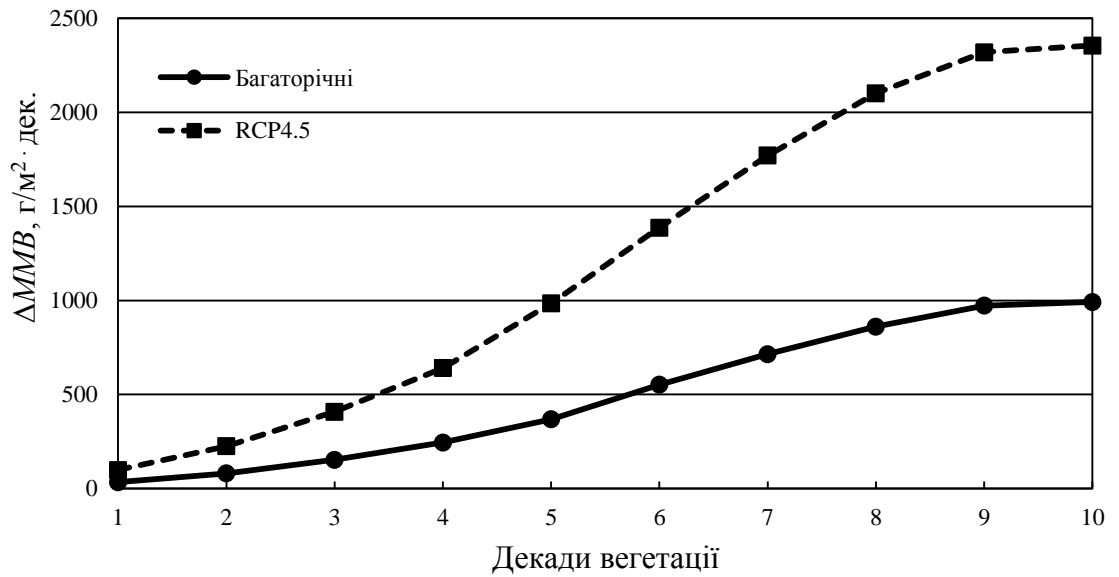


Рисунок 4.2 – Динаміка декадних приростів *ММВ* озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Веселий Поділ

На рисунку 4.3 представлений хід динаміки декадних приростів дійсно-можливої урожайності (*ДМВ*) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. Її динаміка буде подібна динаміці приростів дійсно-можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде трохи вищим.

За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина $\Delta ДМВ$ становить $115,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона коливається в межах $151-152 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, причому для сценарію RCP4.5 вона буде дещо вищою. До кінця вегетації рівень приростів *ДМВ* знижується та має майже однакові показники. В кінці вегетаційного періоду прирости дійсно-можливої урожайності коливатимуться від $11,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ до $12,3 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ відповідно.

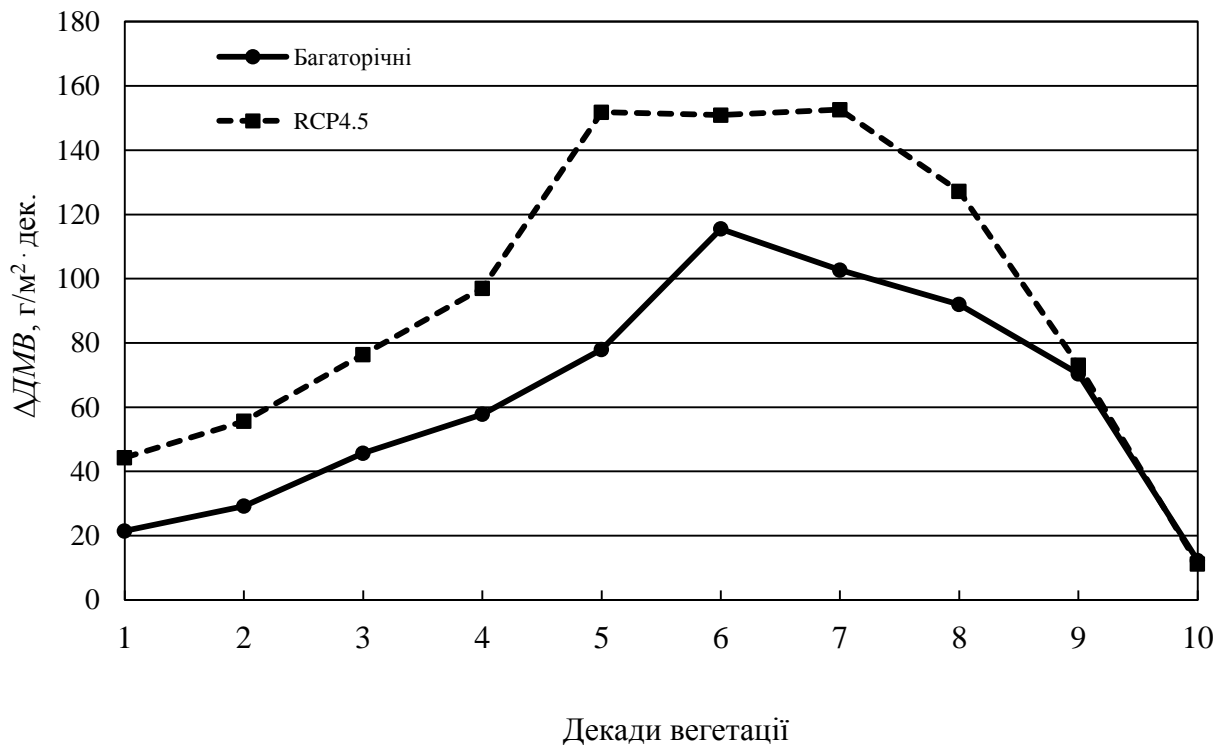


Рисунок 4.3 – Динаміка декадних приростів *ДМВ* озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Веселий Поділ

Проаналізувавши розрахований дійсно-можливий врожай можна відмітити, що врожай за сценарієм RCP4.5 буде вищий на 35% від середньо багаторічної величини, яка складала 625 г/м^2 всієї сухої рослинної маси.

Кобиляки. Сівба озимого ячменю починається за середніми багаторічними даними на початку квітня в першій декаді, а за сценаріями зміни клімату RCP4.5 сіяти будуть в другій декаді пізніше на 9 днів, ніж за середніми багаторічними даними (табл.4.3).

Прихід фотосинтетичної активної радіації (ФАР) за вегетаційний період озимого ячменю за середніми багаторічними даними складає $92,1 \text{ кДж/см}^2$. За сценарієм RCP4.5 припускається збільшення приходу

ФАР до 109 кДж/см^2 . Це зумовить різницю в формуванні потенційної урожайності всієї сухої маси озимого ячменю (ПУ). При фактичних умовах потенційна врожайність становить 1831 ц/га , в той час як за сценарієм вона становитиме 2344 ц/га (табл. 4.4).

Таблиця 4.3. – Агrometeorологічні умови вегетації озимого ячменю на пункті спостереження Кобеляки в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за вегетаційний період)

Період, сценарій	Дата сівби	Середня температура повітря за період, °C	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	03.04	15,0	157	205	311	0,66	1,18	92,1
RCP4.5								
2011-2050	12.04	15,2	135	189	343	0,55	1,16	109

Середня температура повітря за вегетаційний період за середніми багаторічними даними становила $15,0^{\circ}\text{C}$, а за сценарієм вона збільшиться тільки на $0,2^{\circ}\text{C}$.

За період відновлення вегетації - воскова стиглість озимого ячменю середня сума опадів складала 157 мм . За кліматичними сценаріями RCP4.5 помічається зменшення суми опадів на 12% від середнього багаторічного показника та становить 135 мм .

Сумарне випаровування за кліматичним сценарієм RCP4.5 за період 2011-2050 рр. становить 189 мм , в той час як за середніми багаторічними показниками воно становить 205 мм .

За кліматичним сценарієм RCP4.5 випаровуваність від відновлення вегетації до повної стиглості озимого ячменю підвищиться на 9% і буде

складати 243мм. За середніми багаторічними даними вона буде складати 311 мм.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів озимого ячменю за вегетаційний період складала 0,66 відн. од. За умов сценарію зміни клімату RCP4.5 за період 2011-2050 рр. вологозабезпеченість посівів ячменю знизиться до 0,55 відн. од.

Середній за вегетаційний період ГТК за середніми багаторічними даними 1980-2010 рр. становив 1,18 відн. од. За кліматичним сценарієм спостерігається не значне зниження ГТК до 1,16 відн. од. (на 2 % нижче від середньої багаторічної величини).

Значення фотосинтетичного потенціалу (табл. 4.4) озимого ячменю при фактичних умовах становить $152 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення фотосинтетичного потенціалу до $233 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (на 34%).

Таблиця 4.4 – Формування урожаю озимого ячменю на пункті спостереження Кобеляки при середніх багаторічних умовах та в порівнянні з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Вся суха маса, $\text{г}/\text{м}^2$			Фотосин- тетичний потенціал, $\text{м}^2/\text{м}^2$ за період	Урожай озимого ячменю при його вологості 14 %, ц/га	Баланс гумусу, т/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливог о урожаю	дійсно возмо- вого урожаю			
1980-2010	1831	992	625	152	28,5	0,067
RCP4.5						
2011–2050	2344	1230	849	233	38,7	-0,020

Урожай маси озимого ячменю при середніх багаторічних умовах становить 28,5 ц/га. В очікуваних агрокліматичних умовах він буде значно вищий від фактичного середнього багаторічного, та складатиме 38,7 ц/га.

При реалізації сценарію RCP4.5 баланс гумусу в ґрунті під посівами очікується від'ємним (- 0,020 т / га), а при фактичних середньо багаторічних він становитиме 0,067 т / га.

При даних середніх багаторічних агрокліматичних умовах рівень ММУ становитиме 992 ц/га всієї сухої рослинної маси, що значно менший, ніж рівень ММУ посівів при сценарних умовах (1230 ц/га). При фактичних умовах дійсно можливий урожай становить 625 ц/га, в той час як за сценарієм RCP4.5 він становитиме 849 ц/га (табл. 4.4).

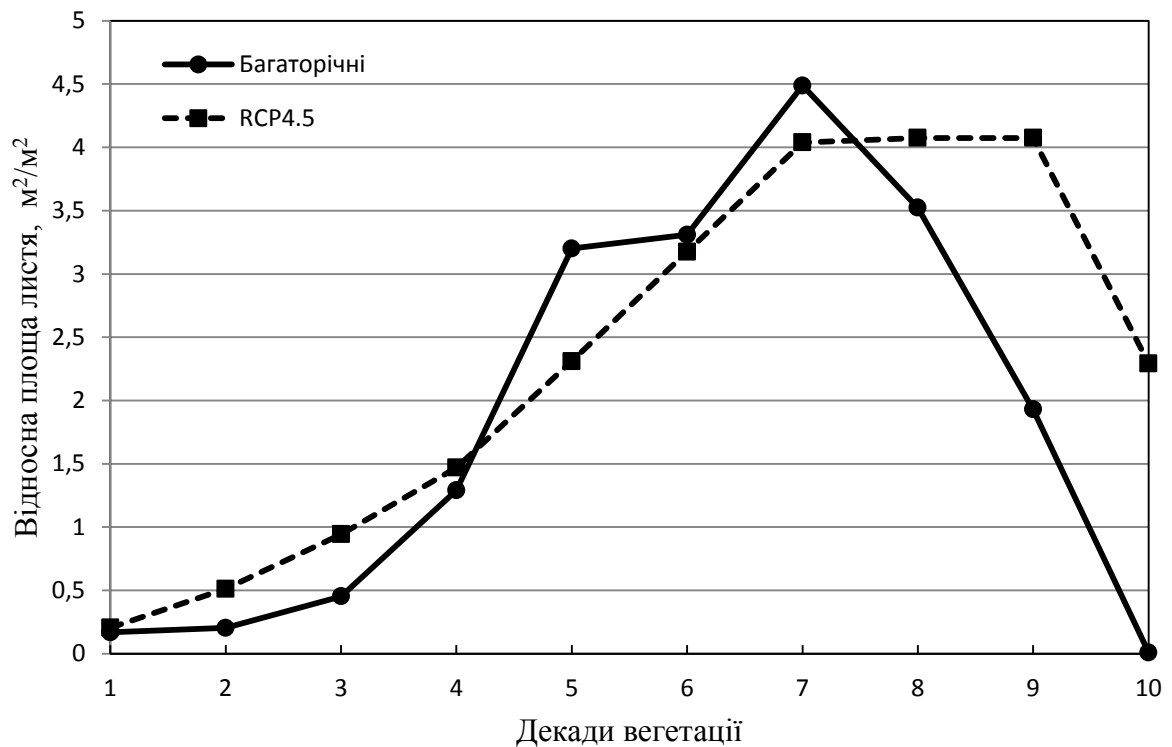


Рисунок 4.4 – Динаміка площі листя озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Кобеляки

Динаміка площі листя (рис. 4.4) проходить подібно формуванню площі листя при середніх багаторічних умовах, але спостерігаються

коливання сценарних даних. За вегетаційний період озимого ячменю максимальна площа листя за сценарієм RCP4.5 за 2011-2050 рр. буде меншою на $0,45 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в порівнянні з середньою багаторічною величиною ($4,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

За середніми багаторічними даними агрокліматичні умови будуть більш сприятливими в порівнянні з умовами кліматичного сценарію, що сприятиме формуванню більшої площі листя. Така динаміка площі листя та роботи фотосинтетичного апарату сформує досить високий фотосинтетичний потенціал озимого ячменю за період відновлення вегетації - воскова стиглість.

На рисунку 4.5 представлений хід динаміки декадних приростів метеорологічної можливої урожайності (ММВ) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр.

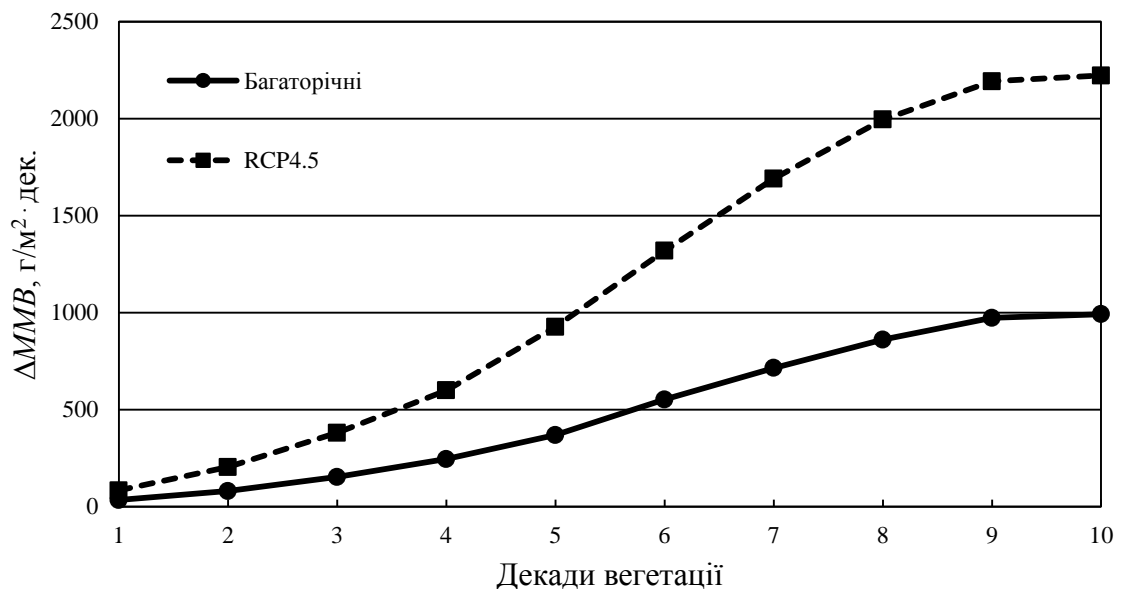


Рисунок 4.5 – Динаміка декадних приростів ММВ озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Кобиляки

Її динаміка буде подібна динаміці приростів метеорологічної можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде мати вищі показники.

На початку вегетаційного періоду прирости метеорологічної можливої урожайності коливатимуться від $34,2 \text{ г/м}^2\text{дек.}$ до $49,4 \text{ г/м}^2\text{дек.}$ відповідно. За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина $\Delta\text{ММВ}$ становить $992,3 \text{ г/м}^2\text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона становить $1229,9 \text{ г/м}^2\text{дек.}$, при чому для сценарію RCP4.5 вона буде вищою. До кінця вегетації рівень приростів ММВ підвищується та має значно різні показники.

На рисунку 4.6 представлений хід динаміки декадних приростів дійсно-можливої урожайності (ДМВ) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр.. Її динаміка буде подібна динаміці приростів дійсно-можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде трохи вищим.

За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина $\Delta\text{ДМВ}$ становить $115,5 \text{ г/м}^2\text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона коливається в межах $144,1 \text{ г/м}^2\text{дек.}$, при чому для сценарію RCP4.5 вона буде дещо вищою. До кінця вегетації рівень приростів ДМВ знижується, до того ж дані за кліматичним сценарієм мають нижчі показники, ніж дані середніх багаторічних. В кінці вегетаційного періоду прирости дійсно-можливої урожайності коливатимуться від $6,9 \text{ г/м}^2\text{дек.}$ до $12,3 \text{ г/м}^2\text{дек.}$ відповідно.

Такі агрокліматичні умови фотосинтетичної діяльності озимого ячменю складають відповідний рівень метеорологічно-можливого урожаю (ММУ). Так за кліматичним сценарієм RCP4.5 рівень ММУ всієї сухої рослинної маси збільшується на 19% від середнього багаторічного значення (табл.4.4).

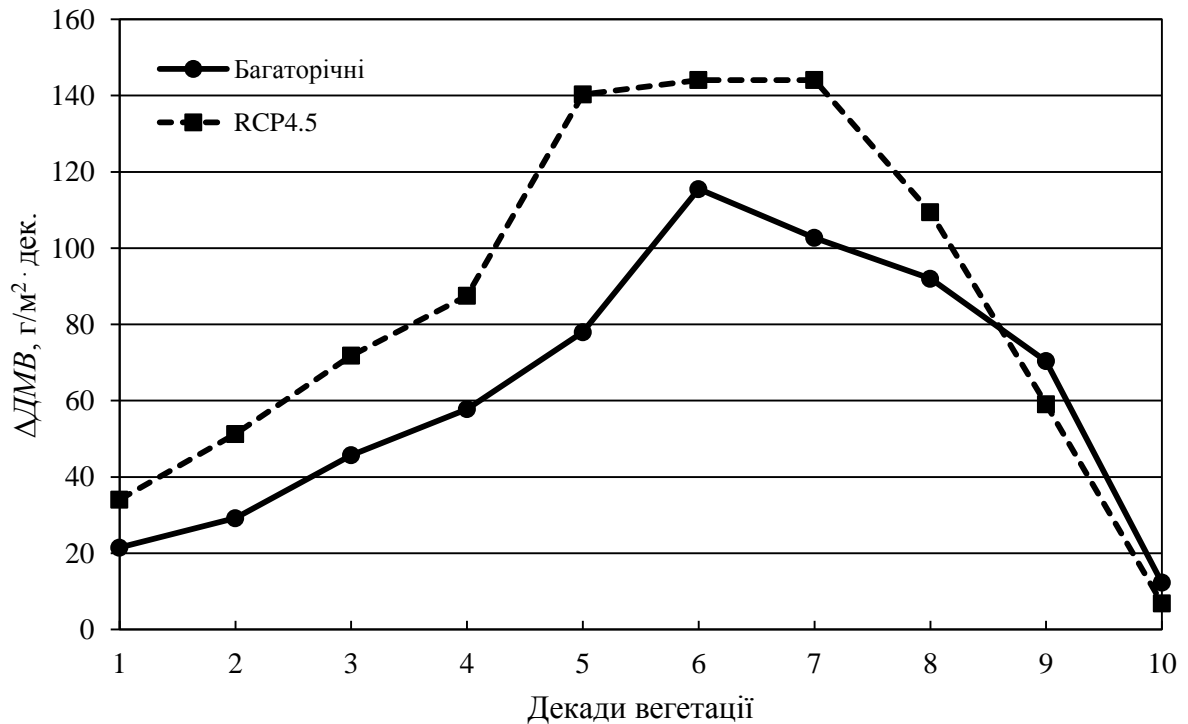


Рисунок 4.6 – Динаміка декадних приростів *ДМВ* озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Кобеляки

Проаналізувавши розрахований дійсно-можливий врожай можна відмітити, що врожай за сценарієм RCP4.5 буде вищий на 26% від середньої багаторічної величини, яка складала 625 г/м^2 всієї сухої рослинної маси.

Полтава. Сівба озимого ячменю починається за середніми багаторічними даними на початку квітня в першій декаді, а за сценаріями зміни клімату RCP4.5 сіяти будуть в другій декаді пізніше на 9 днів, ніж за середніми багаторічними даними (табл.4.5).

Прихід фотосинтетичної активної радіації (ФАР) за вегетаційний період озимого ячменю за середніми багаторічними даними складає $92,1 \text{ кДж/см}^2$. За сценарієм RCP4.5 припускається збільшення приходу ФАР до $109,1 \text{ кДж/см}^2$. Це зумовить різницю в формуванні потенційної урожайності всієї сухої маси озимого ячменю (ПУ). При фактичних умовах

потенційна врожайність становить 1831 ц/га, в той час як за сценарієм вона становитиме 2517 ц/га (табл. 4.6).

Таблиця 4.5 – Агrometeorологічні умови вегетації озимого ячменю на пункті спостереження Полтава в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за вегетаційний період)

Період, сценарій	Дата сівби	Середня температура повітря за період, °C	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	03.04	15,0	157	205	311	0,66	1,18	92,1
RCP4.5								
2011-2050	12.04	15,0	136	188	340	0,55	1,18	109,1

Середня температура повітря за вегетаційний період за середніми багаторічними та за кліматичними сценарними даними мала однакові показники та становила 15,0⁰C.

За період відновлення вегетації - воскова стиглість озимого ячменю середня сума опадів складала 157 мм. За кліматичними сценаріями RCP4.5 помічається зменшення суми опадів на 13% від середнього багаторічного показника та становить 136 мм.

Сумарне випаровування за кліматичним сценарієм RCP4.5 за період 2011-2050 рр. становить 188 мм, в той час як за середніми багаторічними показниками воно становить 205 мм.

За кліматичним сценарієм RCP4.5 випаровуваність від відновлення вегетації до повної стиглості озимого ячменю підвищиться на 8 % і буде складати 240 мм. За середніми багаторічними даними вона буде складати 311 мм.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів озимого ячменю за вегетаційний період складала 0,66 відн. од. За умов

сценарію зміни клімату RCP4.5 за період 2011-2050 рр. вологозабезпеченість посівів ячменю знизиться до 0,55 відн. од.

Середній за вегетаційний період ГТК за середніми багаторічними даними 1980-2010 рр. становив 1,18 відн. од. Такі ж показники спостерігаються і за кліматичним сценарієм RCP4.5.

Значення фотосинтетичного потенціалу (табл. 4.6) озимого ячменю при фактичних умовах становить $152 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За сценарієм RCP4.5 очікується збільшення фотосинтетичного потенціалу до $261 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (на 41%).

Таблиця 4.6 – Формування урожаю озимого ячменю на пункті спостереження Полтава при середніх багаторічних умовах та в порівнянні з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Вся суха маса, $\text{г}/\text{м}^2$			Фотосинтетичний потенціал, $\text{м}^2/\text{м}^2$ за період	Урожай озимого ячменю при його вологості 14 %, ц/га	Баланс гумусу т/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливо о урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1831	992	625	152	28,5	0,067
RCP4.5						
2011–2050	2517	1332	919	261	41,9	-0,022

Урожай маси озимого ячменю при середніх багаторічних умовах становить 28,5 ц/га. В очікуваних агрокліматичних умовах він буде значно вищий від фактичного середнього багаторічного, та складатиме 41,9 ц/га.

При реалізації сценарію RCP4.5 баланс гумусу в ґрунті під посівами очікується від'ємним (- 0,022 т / га), а при фактичних середньо багаторічних він становитиме 0,067 т / га.

При даних середніх багаторічних агрокліматичних умовах рівень ММУ становитиме 992 ц/га всієї сухої рослинної маси, що значно менший, ніж рівень ММУ посівів при сценарних умовах (1332 ц/га). При фактичних

умовах дійсно можливий урожай становить 625 ц/га, в той час як за сценарієм RCP4.5 він становитиме 919 ц/га (табл. 4.6).

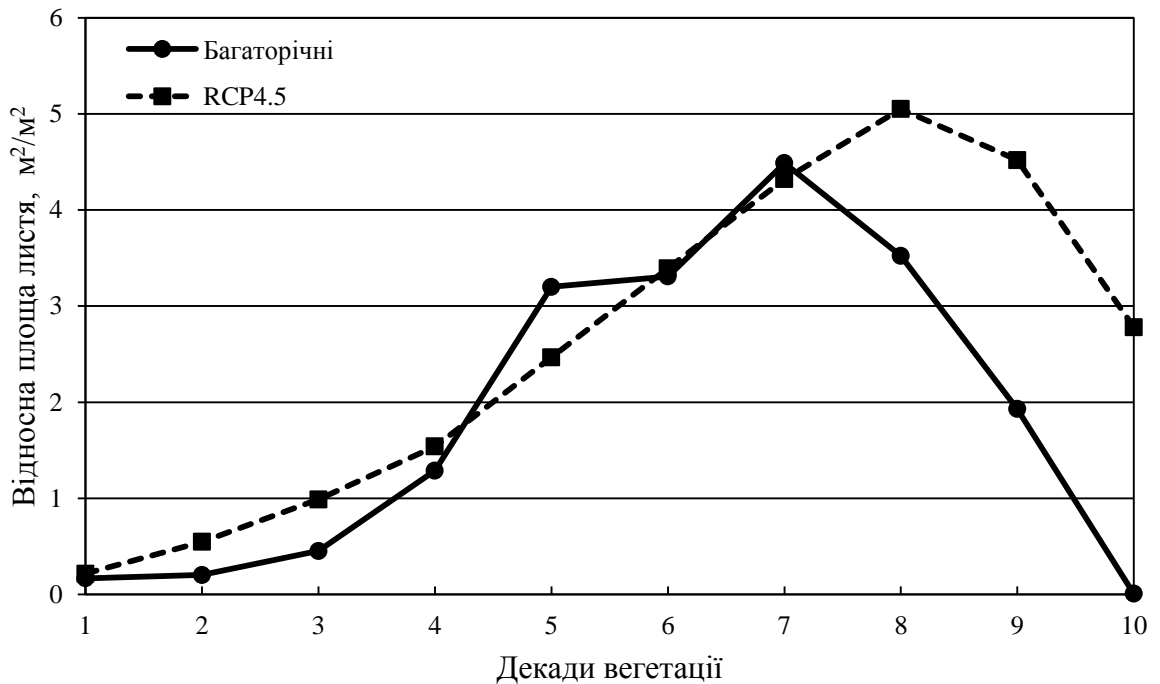


Рисунок 4.7 – Динаміка площі листя озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Полтава

Динаміка площі листя (рис. 4.7) проходить подібно формуванню площі листя при середніх багаторічних умовах, але спостерігаються коливання сценарних даних. За вегетаційний період озимого ячменю максимальна площа листя за сценарієм RCP4.5 за 2011-2050 рр. буде більшою на $0,57 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в порівнянні з середньою багаторічною величиною ($4,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

За сценарієм RCP4.5 агрокліматичні умови будуть більш сприятливими в порівнянні з умовами середніх багаторічних, що сприятиме формуванню більшої площі листя. Така динаміка площі листя

та роботи фотосинтетичного апарату сформує досить високий фотосинтетичного потенціалу озимого ячменю за період відновлення вегетації - воскова стиглість.

Такі агрокліматичні умови фотосинтетичної діяльності озимого ячменю складають відповідний рівень метеорологічно-можливого урожаю (ММУ). Так за кліматичним сценарієм RCP4.5 рівень ММУ всієї сухої рослинної маси збільшується на 25% від середнього багаторічного значення (табл.4.6).

На рисунку 4.8 представлений хід динаміки декадних приростів метеорологічної можливої урожайності (ММВ) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр

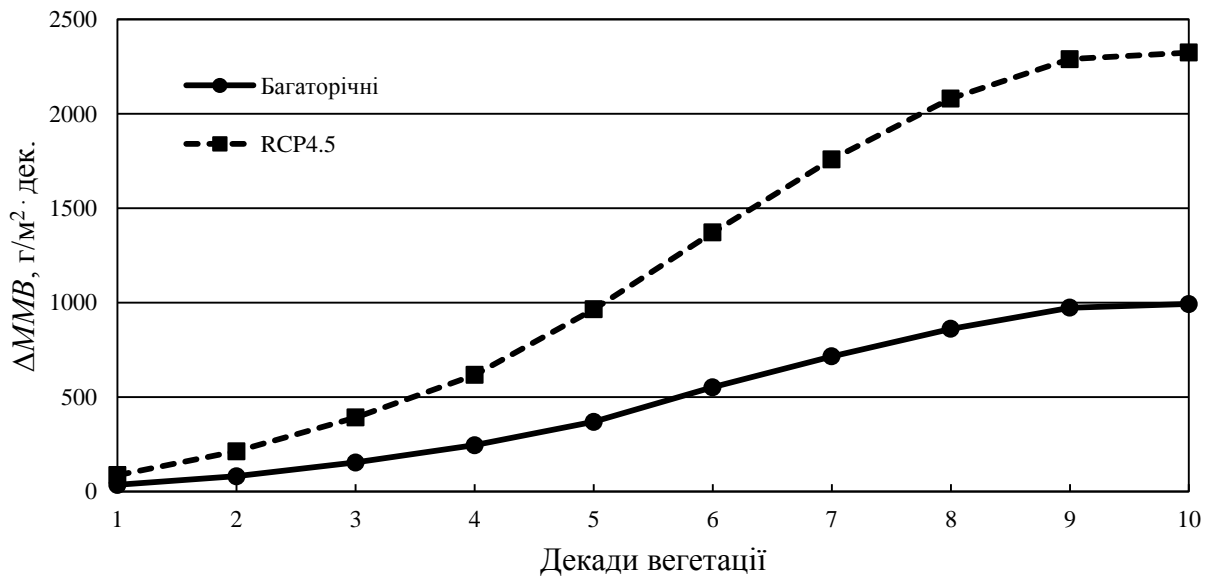


Рисунок 4.8 – Динаміка декадних приростів ММВ озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Полтава

Її динаміка буде подібна динаміці приростів метеорологічної можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде мати вищі показники.

На початку вегетаційного періоду прирости метеорологічної можливої урожайності коливатимуться від $34,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ до $52,3 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ відповідно. За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина ΔMMB становить $992,3 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона становить $1332,1 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, при чому для сценарію RCP4.5 вона буде вищою. До кінця вегетації рівень приростів MMB підвищується та має значно різні показники.

На рисунку 4.9 представлений хід динаміки декадних приростів дійсно-можливої урожайності (ДМВ) озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр.

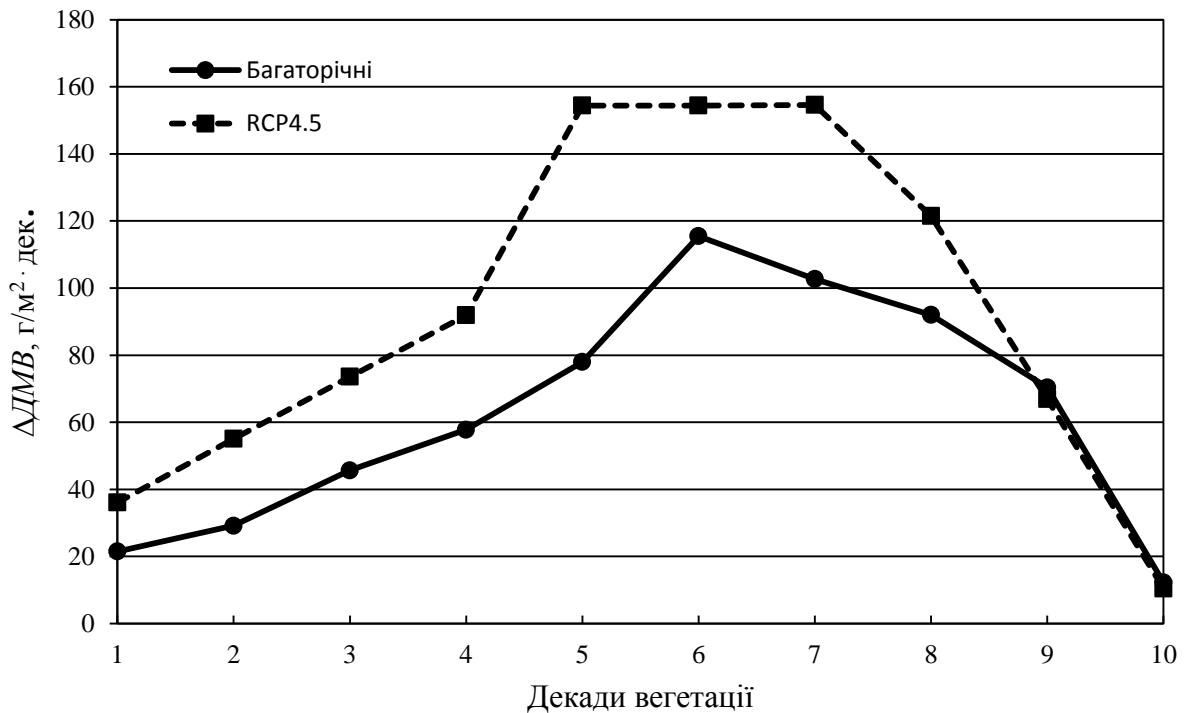


Рисунок 4.9 – Динаміка декадних приростів *ДМВ* озимого ячменю за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних даних за 2011-2050 рр. на станції Полтава

Її динаміка буде подібна динаміці приростів дійсно-можливої урожайності при середніх багаторічних даних, але рівень буде трохи вищим.

За вегетаційний період при середніх багаторічних умовах максимальна величина $\Delta ДМВ$ становить $115,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, а для кліматичного сценарію періоду 2011-2050 рр. вона коливається в межах $154,4\text{-}154,6 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, причому для сценарію RCP4.5 вона буде дещо вищою. До кінця вегетації рівень приростів ДМВ знижується та має майже однакові показники. В кінці вегетаційного періоду прирости дійсно-можливої урожайності коливатимуться від $10,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ до $12,3 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ відповідно.

Проаналізувавши розрахований дійсно-можливий врожай можна відмітити, що врожай за сценарієм RCP4.5 буде вищий на 32% від середньої багаторічної величини, яка складала 625 г/м^2 всієї сухої рослинної маси.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи були отримані наступні основні результати:

1. Вивчено агрокліматичні ресурси Полтавської області. Розглянуто основні показники ресурсів тепла і вологи.
2. Вивчено біологічні особливості озимого ячменю і його вимоги до факторів зовнішнього середовища.
3. Вивчено сучасний стан моделювання продуктивності озимого ячменю.
4. Вивчено питання про зміну клімату та вплив на сільське господарство.
5. Встановлено вплив агрометеорологічних умов на темпи розвитку озимого ячменю в Полтавській області.
6. Визначені параметри моделі і функції впливу агрокліматичних умов на продуктивність озимого ячменю. Визначено вплив агрокліматичних умов на динаміку формування приростів різних рівнів врожайності.
7. Із застосуванням методу гармонійних вагів були проаналізовані часові ряди урожайності озимого ячменю в Полтавській області за період з 1995 по 2015 роки.
8. Для кліматичних розрахунків використовувався сценарій RCP4.5. Всі розрахунки було виконано шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників за два періоди: перший – з 1980 по 2010 рік (базовий період), і сценарний: за сценарієм RCP4.5 на період 2011-2050 рр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попитченко Л.М. Погоднокліматичні умови вегетації озимої пшениці в Луганській області / Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету : Серія “Сільськогосподарські науки”. Луганськ : Елтон2, 2009. Вип. 100. С. 121–124.
2. file:///C:/Users/Inna/Downloads/EkUk_2016_6_7.pdf
3. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ Українські технології, 2008. 624 с.
4. Підручник / С.М. Каленська, О.Я. Шевчук, М.Я. Дмитришак, О.М. Козяр, Г.І. Демидась; За редакцією О.Я. Шевчука. К.: НАУУ, 2005. 502 с.
5. http://geo.pnpu.edu.ua/geografical_location.php
6. Погурельська Т.В. Полтавська область. Географічний атлас: Моя мала Батьківщина / К.: Мапа, 2004. 20 с.
7. Агрокліматичний довідник по території України: за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза, 2011. 108 с
8. Федорова Н.А., Гармашев Н.А., В.М. Костромитин В.М. Сортовая агротехника зерновых культур. К.: Урожай, 1989. 328 с.
9. Лихочвор В.В., Проць Р.Р., Долежал Я. Ячмінь. Львів: НВФ "Українські технології", 2003. 88 с.
10. Никитин Ю.А., Паршин Б.П. и др. Озимый ячмень. Интенсивная технология / М.: Агропромиздат, 1988. 80 с.
11. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
12. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319 с.
13. Каринг П.Х., Варчева С.Е., Тооминг Х.Г. Влияние местных климатообразующих факторов и плодородия почвы на урожайность ячменя в Эстонской ССР // Труды ВНИИСХМ, 1987. Вып. 19. С. 41 – 51.

14. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса: ТЕС. 2012. 612 с.
15. Обухов А.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 316с.
16. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 152с.
17. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.
18. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. М.: Гидрометеиздат. 1980.
19. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур / В.П. Дмитренко. К.: Ніка-Центр. 2010. 587 с
20. http://eprints.library.odku.edu.ua/3844/1/Agroekologichni%20ocoblivosti%20ta%20percpektivi%2C%20Poltava%202019_8.pdf
21. <https://studyes.com.ua/diplom/osobennosti-rosta-razvitiya-i-ozimogoyachmenya-na-primere-uchchoza-kommunar-simferopolskogo-rayona/cranitsa-2.html>
22. file:///C:/Users/Inna/Downloads/%D0%A2%D0%95%D0%97%D0%98%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84.%20%D0%A4%D0%90%D0%9E%202018.pdf