

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

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Формування продуктивності ярого ячменю в
Дніпропетровській області під впливом зміни клімату**

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

Освітня програма Агроекологія
(назва)

Гриценко Ганна Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Барсукова Олена Анатоліївна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Романчук Марина Євгенівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра агromетeорологія та агроeкології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма Агроeкологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агromетeорології та агроeкології
Польовий А.М.
« 29 » жовтня 2018 року

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

Гриценко Ганні Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Формування продуктивності ярого ячменю в Дніпропетровській області під впливом зміни клімату

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

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

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи Агрокліматичні дані за періоди: 1986 – 2005 рр.(фактичні); 2011 – 2050 рр. (сценарії RCP4.5, RCP8.5). Математична модель формування продуктивності

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості Дніпропетровської області; вивчити біологічні особливості ярого ячменю; ознайомитися з методикою динамічної моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур; оцінити агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю в Дніпропетровській області за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графіки динаміки декадних приростів ПВ і сум ФАР (ΣФАР) ярого ячменю
Графіки декадного ходу приростів (ΔММВ) та термічного режиму
Графіки декадного ходу водного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр. в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр. та за сценаріями змін клімату RCP4.5 і RCP8.5.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання.	29.10.2018 р.		
2	Ознайомлення з фізико-географічними особливостями території дослідження. Біологічні особливості ярого ячменю та їх вимоги до навколишнього середовища. Підготовка банку даних.	30.10.2018 р. - 8.11.2018 р.	90	5(відмінно)
3	Вивчення алгоритму динамічної моделі продуктивності сільськогосподарських культур, проведення розрахунків	9.11.2018 р. - 18.11.2018 р.	90	5(відмінно)
4	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	90	5(відмінно)
5	Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць. Аналіз отриманих результатів, написання основного тексту роботи	25.11.2018 р. - 10.12.2018 р.	90	5(відмінно)
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	13.12.2018 р.	90	5(відмінно)
7	Презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	

Студентка _____ Гриценко Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Гриценко Г. В. Формування продуктивності ярого ячменю в Дніпропетровській області під впливом зміни клімату.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема ярого 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 ярого ячменю на прикладі Дніпропетровської області:

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дати кількісну оцінку впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку рослин і формування стеблостою;
- адаптувати і модифікувати стосовно до культури ярого ячменю модель оцінки агрокліматичних ресурсів;
- оцінити вплив агрокліматичних умов на динаміку формування приростів різних рівнів агроекологічної врожайності;
- оцінити просторово-часову мінливість врожайності ярого ячменю в Дніпропетровській області;

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

Предмет дослідження - оцінка впливу агрокліматичних умов на урожайність ярого ячменю в Дніпропетровській області.

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

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю та їх продуктивність.

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

Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 92 сторінок, 16 рисунків, 8 таблиць, список використаних літературних джерел містить 38 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: зміна клімату, агрометеорологічні умови, температура повітря, опади, ярий ячмінь, базова модель, площа листя, урожай.

SUMMARY

Grytsenko G.V. Formation of productivity of spring barley in Dnipropetrovsk region under the influence of climate change.

The actuality of the chosen topic is due to the fact that in order to obtain stable and high yields of any agricultural crop, including spring barley, an in-depth detailed study of the agroclimatic conditions of its cultivation in the investigated area is necessary in order to leverage the rational use of these conditions and the most optimal placement of the crops. The solution of this task is especially important because of climate changes on the planet.

The purpose of this research is to evaluate the influence of climate change on agro-climatic resources in relation to conditions of the formation of productivity of spring barley based on the example of Dnipropetrovsk region.

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

- to provide a quantitative assessment of the influence of agrometeorological conditions on the rate of development of plants and formation of stubbestose;
- to adapt and modify the model of evaluation of agro-climatic resources in relation to the spring barley culture;
- to evaluate the influence of agroclimatic conditions on the dynamics of the formation of increments of different levels of agro-ecological yield;
- to estimate the spatial-temporal variability of the yield of spring barley in Dnipropetrovsk region;

The object of the research: agroclimatic conditions of the formation of yield of spring barley during climate change.

The subject of the study is an assessment of the influence of agroclimatic conditions on the yield of spring barley in Dnipropetrovsk region.

Methods of research - methods of mathematical modeling of production process of plants, statistical and probabilistic methods.

For the first time: consistent patterns of influence of climate changes on agro-climatic conditions for the growth of spring barley and their productivity have been established.

The obtained results can be used in carrying out a comprehensive evaluation of agro-climatic resources in relation to the growth of spring barley and optimization of the placement of space.

The work consists of the introduction, 5 chapters, conclusions and the list of references. The full volume of work is 92 pages, 16 figures, 8 tables, list of used literary sources contains 38 titles.

KEY WORDS: climate change, agrometeorological conditions, air temperature, precipitation, spring barley, base model, leaf area, crop.

ЗМІСТ	Стр.
ВСТУП	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	9
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	18
2.1 Вимоги ярого ячменю до світла.....	20
2.2 Вимоги ярого ячменю до тепла	21
2.3 Вимоги ярого ячменю до вологи.....	23
2.4 Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і харчуванню.....	24
2.5 Основні хвороби і шкідники ярого ячменю.....	27
2.6 Характеристика сортів ярого ячменю	31
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ	34
3.1 Місце в сівозміні.....	34
3.2 Обробіток ґрунту ярого ячменю.....	34
3.3 Норми добрив та система удобрення	36
3.4 Сівба ярого ячменю.....	38
3.5 Догляд за посівами.....	39
3.6 Збирання врожаю ярого ячменю.....	41
4 БАЗОВА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А. М. ПОЛЬОВОГО.....	43
4.1 Концепція моделювання.....	43
4.2 Блок вхідної інформації.....	45
4.3 Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції поля.....	45
4.4 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин.....	53
4.5 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням.....	56

4.6 Блок агроекологічних категорій урожайності.....	58
4.7 Блок узагальнених оціночних характеристик.....	60
4.8 Опис сценаріїв змін клімату.....	63
5 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЙОГО ПОСІВІВ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	67
5.1 Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю у Дніпропетровській області в умовах зміни клімату.....	67
5.2 Динаміка урожаю ярого ячменю в Дніпропетровській області.....	85
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89

ВСТУП

Клімат суттєво впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Він значною мірою визначає середній рівень врожайності, її міжрічну мінливість і просторову структуру.

Щорічно через глобальне потепління у світі втрачається понад 1 млн. сільськогосподарських угідь. Зокрема, Україна за 40 років втратить 12-14 % таких земель. За той же час Євросоюз - майже 30 % орних площ. Виходячи з цих двох критеріїв, експерти Української аграрної конфедерації зробили висновок, що Україна в 2050 році буде забезпечувати експорт не менш як 45 млн т зерна, що становитиме приблизно 15 % світового експорту. Тому проблема оцінки впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, продуктивність та валові збори зерна головної зернової культури України є дуже актуальною [7].

Ефективне управління сільськогосподарським виробництвом неможливе без аналізу ходу чинників, від яких залежить його діяльність. У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та урожай культур є метеорологічні умови. Вони в більшій мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Ярі зернові культури за величиною посівних площ на території СНД посідають перше місце. Це - яра пшениця, ярий ячмінь, овес, кукурудза, гречка, просо та інші. Найбільш поширені посіви ранніх ярих культур у районах з родючими чорноземними та каштановими ґрунтами, але з різко континентальним кліматом і великою повторюваністю посух та суховіїв. Недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних щорічних коливань урожайності [9].

Спеціалісти присвячують багато уваги вивченню динаміки врожаїв, впливу основних агрометеорологічних факторів і показників на стан рослин. Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур

коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов їх вирощування. Врожайність зернових має тенденцію до зростання з часом, але темпи зростання різні у різних культур та в різних регіонах. Збільшення врожайності з часом обумовлено підвищенням культури землеробства (особливостей системи землеробства, використання добрив, засобів обробітку ґрунту, засобів боротьби зі шкідниками, меліорації тощо), виведенням нових сортів.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи було вивчення впливу агрометеорологічних умов на продуктивність ярого ячменю, оцінки агрокліматичних ресурсів Дніпропетровської області при вирощуванні цієї культури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: – експериментально вивчити вплив агрометеорологічних умов на продуктивність ярого ячменю;

- дати кількісну оцінку впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку рослин;

- оцінити просторово-часову мінливість урожайності ярого ячменю;

- адаптувати та модифікувати до культури ярого ячменю модель оцінки агрокліматичних ресурсів;

- оцінити вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів різних рівнів агроекологічної урожайності;

- виконати комплексну оцінку агрокліматичних умов та агрокліматичного районування Дніпропетровської області щодо культури ярого ячменю.

Для виконання дослідження використовувались матеріали спостережень за період з 1988 по 2005 роки за врожайністю ярого ячменю, фенологічні та метеорологічні спостереження по станціях Дніпропетровської області та дані за сценарієм MPI-M-REMO зміни клімату.

The map displays the administrative boundaries of the Dnipropetrovsk region and its neighboring areas. Key features include:

- Regions:** Dnipropetrovsk (blue), Zaporizhzhia (orange), and others.
- Cities:** Dnipropetrovsk, Zaporizhzhia, Mykolaiv, and others.
- Rivers:** Dniester (red), Dnieper (blue), and others.
- Administrative Centers:** Dnipropetrovsk, Zaporizhzhia, Mykolaiv, and others.

Рисунок 1.1 – Карта схема розташування гідрометеорологічних станцій на території Дніпропетровської області

Геологічна будова. Основу геологічної будови Дніпропетровської області складають два великих геоструктурних утворення: Український кристалічний щит і Дніпровсько-Донецька западина. Межа між Українським кристалічним щитом і Дніпровсько-Донецькою западиною проходить спочатку по долині р. Дніпро, потім – р. Самари. Майже вся правобережна частина області і південь лівобережжя відносяться до Українського кристалічного щита. З південного заходу в межі області заходить Причорноморська низовина [3, 4].

Рельєф. Рельєф Дніпропетровської області рівнинний, сильно порізаний долинами р. Дніпро, її притоків, ярами та балками. Загальні риси будови рельєфу Дніпропетровської області визначаються особливостями геологічної будови. Українському кристалічному щиту відповідає велика геоморфологічна область – Придніпровська височина, Дніпровсько-Донецькій западині – Придніпровська низовина, і Причорноморській западині – Причорноморська низовина.

Придніпровська височина, її південні відроги займають майже всю правобережну частину області, вклинюється на територію області з північного заходу паралельно течії р. Дніпро. Височина є вододілом і місцем зародження численних малих і середніх річок. Придніпровська низовина заходить в межі області в напрямку з півночі на південний схід і займає долини і межиріччя рік Оріль і Самара. На південному сході поверхня поступово підвищується, тут починаються відроги Донецького кряжу і Приазовської височини, звідки витікають річки Самара, Вовча і більшість їх приток. На південному заході області, в межах Широківського і Апостолівського районів, розташована Причорноморська низовина.

Рельєф характеризується широкими плоскими межиріччями, неглибокими, пологими долинами рік і балок. На території низовини по широких межиріччях мають розповсюдження подові форми рельєфу – широкі безстічні зниження, які періодично заповнюються талими водами.

Густота річкової мережі в межах області коливається від $0,18 \text{ км/км}^2$ до $0,32 \text{ км/км}^2$ на різних ділянках, в середньому $0,24 \text{ км/км}^2$. Густота яружно-балкової і річкової мережі перевищує $1,50 \text{ км/км}^2$.

Значний рельєфоутворюючий вплив в межах області здійснюють водосховища Дніпровського каскаду. Вздовж берегів поширені зсувні форми рельєфу. Одним із суттєвих факторів сучасного рельєфоутворення є антропогенний вплив, розвиток гірничорудної промисловості, утворення техногенних форм рельєфу – кар'єрів, відвалів гірських порід тощо.

Гідрографія. У Дніпропетровській області нараховується близько 340 річок і балок (які належать до категорії річок) довжиною більше 10 км. З них 74 річки мають довжину більше 25 км і 266 – довжину від 10 до 25 км. Сумарна довжина всіх річок на території області становить понад 7 тис. км.

Вся територія Дніпропетровської області відноситься до басейну Дніпра. Головна водна артерія – р. Дніпро перетинає область з півночі на південь, потім протікає вздовж південної межі області зі сходу на захід. Протяжність Дніпра в межах області – 261 км, площа водозбору – 31925 км^2 . Головні притоки Дніпра: лівобережні – Оріль, Самара з Вовчою, Кільчень; правобережні – Мокра Сура, Базавлук, Інгулець з притоками Вісунь і Саксагань (всі вони належать до класу середніх річок). Басейни рік Мокра Сура і Базавлук розташовані повністю в межах області, інші – виходять за її межі. Густота річкової мережі становить в середньому $0,24 \text{ км/км}^2$. Всі ріки рівнинного типу, тип водного живлення – східноєвропейський, переважає снігове живлення (близько 70 % стоку), влітку ріки міліють і часто пересихають [3, 4].

Озер в області нараховується близько 200, їх загальна площа більше 25 км^2 . Озера розташовані переважно в долинах рік Оріль, Самара, Вовча. Найбільші з них: Солоний Лиман біля с. Новотроїцьке – 265 га, Козачий Лиман біля с. Гупалівка – 133 га і Ковпаківський Лиман біля с. Ковпаківка – 130 га.

На території області розташовані частини трьох водосховищ Дніпровського каскаду: Дніпродзержинське, Дніпровське і Каховське, які належать до класу надвеликих (об'єм більше 1 млрд. м³). Крім того в області розташоване одне велике водосховище (Карачунівське на р. Інгулець), 9 середніх і 96 малих. Загальна кількість водосховищ – 109, їх об'єм становить 8,04 млрд. м³, площа водного дзеркала – 1140 км². Ставоків в області нараховується 2,72 тис. шт., загальна площа водного дзеркала 193 км². Ставки і водосховища використовуються для питного і промислового водопостачання, зрошення, риборозведення і рекреації. Водними ресурсами область забезпечена найбільше серед областей України, але вони розподілені нерівномірно, в основному скупчені у водосховищах Дніпровського каскаду.

По території області проходять траси каналів Дніпро-Донбас і Дніпро-Кривий Ріг. Вони призначені для водопостачання промислових центрів Криворіжжя і Центрального Донбасу. Потужний водогін Дніпро-Західний Донбас забезпечує водопостачання східних районів області.

Ґрунти. Ґрунтовий покрив області сформувався в умовах посушливого степового клімату, під впливом переважно степової рослинності – різнотравно-типчаково-ковилових степів на більшій частині області і типчаково-ковилових степів – на крайньому південному заході. Материнською породою для розвитку ґрунтового покриву послужили переважно еолово-делювіальні четвертинні відкладення у вигляді суглинків легкого, середнього і важкого мінерального складу, які вкривають майже всю територію області. Частка інших типів підстильних порід незначна.

Основу ґрунтового покриву області складають чорноземи звичайні, що відрізняються як за потужністю гумусового шару, так і за механічним складом – від важкосуглинкових до легкоглинистих. На їхню частку припадає близько 74 % всієї площі с.-г. угідь. Ґрунти мають високу потенційну родючість та здатність забезпечувати с.-г. культури певною кількістю елементів живлення.

При переміщенні з півночі на південь області, чорноземи звичайні малогумусні потужні переходять спочатку в середньопотужні, потім – в малогумусні, а останні – у чорноземи південні. На найбільшій частині області розповсюджені чорноземи звичайні, середньо-, малогумусні та їх змиті, часом сильнозмиті різновиди. Вони займають широкі вододільні плато і схили річкових долин на всій лівобережній частині області, а також у центральній і північній частинах правобережжя. Це найбільш родючі ґрунти, сприятливі для розвитку с.-г. культур, вони використовуються здебільшого під рілля [3].

Чорноземи південні розповсюджені на правобережжі, на крайньому південному заході області на території Широківського і Апостолівського районів. Ґрунти також відзначаються високою родючістю і використовуються під рілля.

Чорноземи лучні, лучно-чорноземні та лучні ґрунти розповсюджені у заплавах річок та на надзаплавних терасах. Використовуються під рілля, сінокоси, пасовища.

Кліматичні та агрокліматичні умови. Клімат Дніпропетровської області помірно-континентальний. Ступінь континентальності збільшується із південного заходу на північний схід, на що вказує збільшення амплітуди добових та річних температур повітря [4].

Однією з особливостей клімату Дніпропетровщини є значні коливання погодних умов з року в рік. Помірно вологі роки змінюються різко посушливими. Взагалі клімат характеризується відносно холодною зимою з нестійким сніговим покривом та жарким, посушливим літом.

Середня температура повітря за рік по області становить 8,4-9,8 °С. Середня температура найхолоднішого місяця (січень) становить 2,3-4,0°С морозу, середня температура найтеплішого місяця (липень) – 21,4-22,9 °С тепла.

Абсолютний мінімум температури повітря по області відмічався у грудні 1994 року і становив 29,0°С морозу (М Чаплине), температура повітря в

серпні 2010 року скрізь по області перевищила абсолютний максимум і досягала в основному 39,6-40,5°, а по АМСЦ Дніпропетровськ 40,9°.

Зимовий період на Дніпропетровщині триває 87-99 днів – з 27 листопада – 1 грудня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік похолодання - починається зима, до 25 лютого – 5 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік потепління - починається весна.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 215-227 днів, починається 26–31 березня і закінчується 1–8 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5°C за цей період змінюється від 3346°C на заході області до 3648 °C на півдні.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °C і вище) триває 174–183 дні, змінюючись в окремі роки від 147 до 199 днів, починається 14–16 квітня і закінчується 6–14 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10°C за цей період змінюється від 3020 °C на заході області до 3360 °C на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2590 до 3650 °C.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °C і вище), триває в області 121–136 днів – з 12–17 травня до 15–25 вересня. Середня сума позитивних температур повітря вище 15 °C за цей період змінюється від 2320 °C на заході області до 2725 °C на півдні.

Середня обласна кількість опадів за рік становить 523 мм, змінюючись по території від 460 до 607 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 253 до 914 мм. У теплий період року (IV-X) опадів випадає 282-386 мм або 60–68 % від річної кількості. У найбільш посушливі роки їх випадає в півтора – два рази менше. Недобір опадів порівняно з нормою, особливо в сукупності з високими температурами, обумовлює ґрунтову засуху.

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті. Але, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток с.-г. культур.

Суворі атмосферні засухи (ГТК становить 0,4-0,6), які звичайно поєднуються із ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур, бувають здебільшого у 10-15 % років, на півдні області – у 40 % років. У 50-60 % років відмічається дуже посушливий липень та серпень (ГТК менше 0,7).

Тривалі бездощів'я, що нерідко спостерігаються у період активної вегетації рослин, посилює сухість повітря.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень-жовтень) по області коливається від 60 % весною до 80 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить здебільшого 30-44, лише місцями на сході області – 18-19 днів.

Середня багаторічна дата перших осінніх заморозків по області у повітрі – 5–15 жовтня, а останніх весняних заморозків – 15–26 квітня.

Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 21 травня 2002 року, а на ґрунті – 27 травня 2001 року.

Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі відмічався 20 вересня 1995 року, а на ґрунті – 9 вересня 1991 та 1998 року.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області у повітрі становить 164–188 днів, на поверхні ґрунту – 140–165 днів.

У вегетаційний період на території області відмічається від 11 до 23 днів із суховіями різної інтенсивності.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

Сніговий покрив на переважній частині території області утворюється в другій декаді грудня, а руйнується у другій та третій декадах лютого. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить по області 46–79 днів, середня найбільша висота снігу за зиму за даними снігозйомки – 4-11 см, тоді як максимальна висота його в окремі роки досягає 30-57 см. В останні десятиріччя досить часто відмічаються роки без сталого снігового покриву, або взагалі безсніжні зими [3].

Середня з найбільших значень глибини промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 30 до 40 см. Максимальне промерзання ґрунту – 84 см за 20- річний період відмічалось по області у 2003 році.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму становить мінус 3,0-5,2 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см відмічалася в 1994 році і становила мінус 17,9 °С.

Взимку, зазвичай, спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень – лютий по області коливається від 45 до 56. Відлиги, які тривають більше 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує велика ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше відмічається у 10 % років (два рази за 20 років).

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Дніпропетровської області поділено на три агрокліматичних райони:

1. Північно-східний – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження;
2. Центральний – високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження;
3. Південний – високого рівня теплозабезпечення, посушливий.

І. До північного району відносяться Васильківський, Магдалинівський, Межівський, Новомосковський, Павлоградський, Петропавлівський, Покровський, Царичанський та Юр'ївський адміністративні райони.

Його кліматичні ресурси характеризуються такими показниками: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,0-1,1, кількість опадів за вегетаційний період – 350-380 мм, а за рік – 545-605 мм. Сума температур за період з

температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить 3000-3050 $^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив відмічається не кожний рік.

II. До центрального відносяться Верхньодніпровський, Дніпропетровський, Криворізький, Криничанський, Петриківський, П'ятихатський, Синельниківський, Солонянський та Софіївський адміністративні райони. Це менш зволожений район ніж північний. Величина ГТК становить 0,8-0,9, сума опадів за вегетаційний період – 310-340 мм, а за рік – 470-540 мм. Сума температур за період з температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить 3060-3160 $^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив в 20-40 % зим відсутній [4].

III. У південний район входять Апостолівський, Нікопольський, Томаківський та Широківський адміністративні райони. Він відмічається найменшим, порівняно з іншими районами області, зволоженням. Величина ГТК становить 0,7; сума опадів за вегетаційний період – 280 - 300 мм, а за рік – 450-460 мм. Сума температур за період з температурою повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить 3190-3360 $^{\circ}\text{C}$. Стійкий сніговий покрив у 65 % зим у цьому районі відсутній.

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

Ячмінь належить до числа найдавніших рослин земної кулі. Розкопки показують, що він поряд з пшеницею був відомий ще в кам'яному віці. Початком окультурення ячменю вважається X і навіть XV тисячоліття до нашої ери. Найдавніші знахідки ячменю виявлено на території Туреччини, Іраку, Ірану. З доісторичних часів його вирощували в Греції, Італії, Китаї. В Європу ячмінь поширився з Малої Азії у IV—III тисячоліттях до н.е. У той же період, а можливо і раніше, ячмінь почали вирощувати на території сучасної України. У країнах Америки ячмінь молода культура, яку завезли переселенці з Європи у XVI-XVIII століттях [14, 15, 23].

Ячмінь належить до роду *Hórdeum*, який включає багато видів дикого і один вид культурного ячменю. Розрізняють 3 підвиди ячменю: багаторядний, дворядний і проміжний, розрізняються будовою колоса (по числу плодоносних колосків на кожному уступі колосового стрижня). У багаторядних ячменів все колоски плодоносні і вони на відміну від дворядно більш посухостійкі, скоростиглі, але сильніше обсіпаються. У дворядного ячменю з трьох колосків на кожному уступі колосового стрижня тільки один центральний дає зерно, а два бічних безплідні. У проміжного підвиду ячменю на уступах колосового стрижня знаходиться різна кількість плодоносних колосків - від одного до трьох.

Культурний ячмінь - однорічна рослина з ярим або озимим типом розвитку. Рослини ячменю складаються з підземної (коріння первинні і вторинні) і надземної (стебло, листя, суцвіття, плід) частин.

Коренева система ячменю не має головного кореня. Вона мочковата, складається з безліч дрібних ниткоподібних коренів. При проростанні зерна на початку з'являється первинні або зародкові корені (від чотирьох до семи і більше). Вони відіграють важливу роль у постачанні рослин вологою, поживними речовинами та формуванні врожаю. У посушливі роки вони

проникають в глибокі шари ґрунту і залишаються живими до кінця вегетації рослин. У період кушіння з підземних стеблових вузлів утворюються вторинні (вузлові) корені. За оптимальних умов зволоження і живлення рослин вторинні корені більш розвинені, ніж первинні. Зародкові і вузлові корені покриті кореневими волосками, за допомогою яких рослина бере з ґрунту вологу і поживні речовини. При вирощуванні ячменю необхідно слід враховувати, що коренева система його має меншу усвоюючої здатністю, ніж коренева система інших зернових культур (пшениці, вівса, жита) [23].

Стебло ячменю - соломину (порожнисту), розділену стебловими вузлами і складається з 4-8 міжвузлів. Нижня междоузліе стебла найкоротший, а верхнє має найбільшу довжину. У сучасних сортів ячменю стебло досягає довжину 50-80см і більше, а товщина його 2,5-4мм, яка зменшується від основи до вершини стебла. Сильне подовження перших двох междоузлій (від основи стебла) часто веде до вилягання рослини. Значне зниження товщини стебла призводить до ламкості стебла. Важлива якість стебла - його міцність і еластичність і залежить в основному від сорту.

Лист складається з піхви і листової пластинки. Довжина і ширина листя сильно варіюють. Листя другого ярусу (зверху) мають довжину від 12-15 до 25 см, ширину від 8 до 22 мм. Велика облиственність ячменю - позитивна якість при обробітку його на зелений корм. Листя утворюються з стеблових вузлів, вони розташовані на стеблі по чергово в двох рядах. На місці переходу в листову пластинку є так званий язичок, який щільно облягає стебло. Крім того, по краях і на місці вигину листового піхви знаходяться рогоподібні широкі вушка 2-3мм, охоплюють стебло. Це відмітна ознака ячменю від пшениці та вівса.

Суцвіття ячменю - колос, який складається з колінчастого стрижня і одноквіткові колосків, розташованих на виїмках стрижня. Класовий стрижень ячменю порівняно міцний, не розпадається на окремі колоски при дозріванні. Збоку стрижень нагадує ступінчасту зигзагоподібну лінію. Він складений як би з окремих члеників, кожен довжиною 2-5мм. На кожному

виступі стрижня розташовані три одноквіткові колоска. Залежно від числа плодоносних колосків ячмінь ділять на багаторядний, дворядний і проміжний. Колір колоса при повному визріванні рослини у різних форм і різновидів буває: солом'яно-жовтий, чорний, рідко помаранчевий, темно-сірий і фіолетовий. Ячмінь запилюється переважно власним пилом, в результаті чого не відбувається розкриття квітки. При швидкому виколашіванні спостерігається розкриття колосків у середній частині колоса.

Плід ячменю - зернівка, довжина 7-10 мм, ширина і товщина 2- 3 мм. Зернівка може бути гола і пленчатая. У пленчатого ячменю колірна луска зростається з зерновкой, і при обмолоті зерно залишається в квіткових лусочках. У голозерних форм ячменю квіткові плівки не зростаються з зерновкой, і при обмолоті зерно легко звільняється від квіткових лусок. У багатьох форм ячменю зовнішня квітова лусочка переходить в довгу ость (гладку або зазубрену), а іноді в трилопатевої придаток вильчатого форми. При поздовжньому розрізі зернівки розрізняють покривні тканини, алеїроновий шар, ендосперм і зародок [14, 15, 36].

Зерно має різні форми: ромбовидну, подовжену, еліптичну. У дворядно ячменів зерно за формою більш однорідне, у багаторядних різне, що пов'язано з розташуванням зерен на колосові стрижні. Зерно середніх рядів більш велике і вирівняне. Зерно ячменю буває солом'яно-жовтої, сіро-зеленою, зеленою, чорною, помаранчевої та фіолетового забарвлення. Ознака крупності зерна є спадковим і переможений впливу зовнішнього середовища. Сучасні сорти ячменю мають дуже велике зерно масою більше 40 г.

2.1 Вимоги ярого ячменю до світла

Ярий ячмінь належить до рослин довгого дня. При скороченому світловому дні його колосіння сильно затягується. Стадію яровизації ярові

ячмені проходять при температурі 2-5 °С протягом 5-10 днів. Для проходження рослинами світлової стадії велике значення має не тільки тривалість, але й інтенсивність освітлення. Ячмінь - найбільш скоростигла культура (в порівнянні з пшеницею і вівсом). Вегетаційний період різних його сортів коливається в межах від 80 до 115 днів. Засвоюваних здатність кореневої системи у ячменю вище, ніж у пшениці, але нижче ніж у вівса. Ярий ячмінь кущиться значно сильніше, ніж овес і яра пшениця [14].

Ячмінь - типовий самоопилитель. Цвітіння його починається ще під час перебування колоса в піхву аркуша, а у деяких його форм цвітіння закінчується в піхву аркуша. Зовнішні умови роблять сильний вплив на характер цвітіння. У сухі, спекотні дні цвітіння настає раніше і закінчується до повного виколашівання. У помірно вологі прохолодні дні цвітіння ячменю настає пізніше і закінчується після повного виходу класів з піхви аркуша. 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 [22, 23, 36].

2.2 Вимоги ярого ячменю до тепла

Ячмінь відрізняється невеликою вимогливістю до тепла. Про це свідчить широке поширення посівів цієї культури в усіх країнах світу. В Україні ячмінь вирощують у всіх зонах, від півночі до півдня.

Кожна фаза росту і розвитку ячменю проходить при певній температурі. Найбільш сприятливі для ячменю поступово підвищуються температури, без різких коливань. Зерно ячменю може проростати при 1 - 3 °С, але для появи дружніх сходів необхідна більш висока температура (15 - 20 °С). Сходи ячменю без особливого збитку переносять заморозки до -6 °С, а після хорошої гарту морози до -10-12 °С. Однак тривале похолодання та зволоження викликають затримку росту і пригнічення рослин. Небезпечні

заморозки під час цвітіння і дозрівання зерна. Зав'язь і пильовики пошкоджуються при температурі 1-2 °С (табл. 2.1) [8-15].

Таблиця 2.1 – Вимоги ячменів до тепла

Температура, оС	Озимий ячмінь	Ярий ячмінь
Мінімальна для проростання насіння	+2 +3	+1 +2
Оптимальна для проростання насіння	+6 +12	+17 +20
Мінімальна для з'явлення сходів	+3 +5	+4 +5
Пошкоджує сходи	-12 -13	-6 -8
Оптимальна для росту і розвитку	+16 +20	+20 +22
Середньодобова для відновлення вегетації	+4 +5	—
Максимальна, за якої припиняється ріст	+40	
Тривалість вегетаційного періоду	220–240	60 – 110
з них осіннього	30–40	—

Кушіння і коренеутворення сприяє невисока температура. Ячмінь сильно страждає від швидкого настання високої температури у фазі виходу в трубку, коли формується продуктивність колоса. В період виходу в трубку - колосіння найбільш сприятлива середньодобова температура 20 - 22 °С, у фазу дозрівання зерна - 23-24 °С. При температурі нижче 13 – 14 °С наливі і дозрівання зерна затримуються. Сума активних температур, необхідних для повного циклу розвитку ячменю, становить близько 2000 °С.

Різкі коливання, а також висока температура в поєднанні з низькою вологістю повітря в період наливання зерна негативно позначаються на виконанні зернівки, знижується маса 1000 зерен і погіршуються пивоварні властивості ячменю. Заморозки в фазах молочної та воскової стиглості негативно впливають на зародок і погіршують посівні якості зерна. Морозобойное зерно має низьку схожість і абсолютно непридатне на насіннєві цілі. Повністю визрілі зерно при вологості не вище 13 – 15 % добре зберігає життєздатність при низьких, негативних температурах.

2.3 Вимоги ярого ячменю до вологи

Ячмінь - посухостійка культура, більш економно витрачає вологу (табл. 2.2.), ніж пшениця, жито і овес. Витрата води на освіту одиниці сухої речовини у ячменю становить 350 - 450. Відрізняючись коротким вегетаційним періодом, ячмінь багато вологи витрачає в перші фази росту: кушіння і, особливо, виходу в трубку - колосіння. Так, у фазі кушіння - виходу в трубку ґрунтова посуха знизилася врожайність ячменю на 21,7 - 40,3%, тоді як у фазі виходу в трубку - колосіння - на 70,6 - 81,3% [27, 30].

Таблиця 2.2 – Вимоги ячменів до вологи

Характеристика	Показник
Оптимальна вологість ґрунту, %	65...75
Кількість вологи в орному шарі для дружних сходів, мм	20...30
Потрібно для набухання і проростання насіння, %	58...60
Транспіраційний коефіцієнт	300...450
Критичний період за вологістю	колосіння – цвітіння (для оз.) достигання (для яр)

На початку розвитку ячмінь добре використовує запаси осінньо-зимової вологи і навіть при відсутності опадів навесні добре проростає, дає дружні сходи, утворює вторинну кореневу систему і кущитися. У посушливих умовах Центрально-Чорноземної зони важливого значення набуває накопичення максимальної кількості вологи до початку вегетації.

Нестача вологи в період утворення репродуктивних органів згубно діє на пилок ячменю. Стерильність частини пилку обумовлює збільшення числа безплідних колосків. Під час колосіння і наливу зерна важливе значення має не тільки кількість опадів, що випали, а й число дощових днів. Сильні зливи викликають вилягання посівів, що знижує врожай і якість пивоварного

ячменю. У посушливу погоду стебла у рослин в фазу молочної стиглості швидко підсихають, зерно утворюється дрібне і щупле.

На добре окультурених і високородючих ґрунтах витрата води на освіту одиниці сухої речовини менше, ніж на ґрунтах малородючих. Більш економно ячмінь витрачає вологу при внесенні добрив [5, 18].

2.4 Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і харчуванню

Короткий вегетаційний період і слабка засвоюваних здатність кореневої системи зумовлює високу вимогливість ячменю до родючості ґрунту. Найбільш високі урожай ячменю одержують на родючих ґрунтах з глибоким орним горизонтом. У Центральній-Чорноземній зоні кращі ґрунти для ячменю - чорноземи. З дерново-підзолистих ґрунтів більш сприятливі слабо опідзолені суглинисті середньої пов'язаності. Супіщані і піщані ґрунти без внесення добрив для обробітку ячменю малопридатні.

Погано росте ячмінь на кислих ґрунтах (табл. 2.3). Підвищена кислотність пригнічує життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, тому такі ґрунти необхідно попередньо вапнувати [14, 15, 30].

Таблиця 2.3 – Вимоги ячменів до ґрунтів

Параметр	Показник
Оптимальна рН ґрунтового розчину	6,0–7,5
Оптимальна щільність, г/см ³	1,1–1,2 (середнього мех. складу)
Винос елементів живлення, кг/ц основної та побічної продукції:	
– N	2,5–2,7
– P ₂ O ₅	1,1
– K ₂ O	1,6–1,8
Заглиблення коренів у ґрунт, м	0,8–1,0
Горизонтальне розростання кореневої системи, м	0,9

Ґрунти, що відводяться під ячмінь, повинні бути однорона за вмістом поживних речовин, влогоемкости і водопроникности. Для отримання високих врожаїв важливо забезпечити рослини на початку вегетації достатньою кількістю легкодоступних поживних елементів. Для отримання високих врожаїв важливо забезпечити рослини на початку вегетації достатньою кількістю легкодоступних поживних речовин, що можливо при розміщенні його по добре удобрених просапних попередникам. Ними є кукурудза, цукровий буряк, картоплю.

Він відрізняється дуже швидким ходом надходження поживних речовин, особливо в початковий період росту і розвитку. Через 3 тижні після появи сходів рослини містять майже половину поглинається фосфору і 2/3 калію, хоча органічної маси накопичується до цього часу менше 1 / s- Деякі сорти, що сформувалися па кислих ґрунтах, можуть давати непогані врожаї, але за умови забезпечення хорошим харчовим режимом протягом усього періоду вегетації.

При правильному застосуванні добрив значно підвищується урожай ячменю, зростає стійкість рослин до посухи, хвороб, шкідників, поліпшується якість зерна. Він вимагає великої кількості легкодоступних поживних речовин у ґрунті в перший період свого росту і розвитку. До кінця кушіння рослини ячменю поглинають близько половини азоту і фосфору і 75% калію від загального споживання[25, 30].

Винесення елементів живлення з урахуванням основної та побічної продукції ячменю на 1 тону врожаю становить N – 26 - 29 кг, P – 11 – 12 кг, K – 24 - 26 кг. Ячмінь потребує азоті найбільше в період від початку кушіння до кінця колосіння, так як в цей період формується асиміляційний апарат рослин, йде розвиток пагонів кушіння і формування колоса. Недолік азоту в цей період призводить не тільки до зниження врожаю, а й до порушення утворення генеративних органів.

Фосфор необхідний ячменю протягом усього періоду розвитку рослин, тому що цей елемент входить до складу багатьох органічних і мінеральних

сполук. Оптимальна забезпеченість молодих рослин фосфором сприяє хорошому розвитку кореневої системи і закладання великого колоса. Недолік цього елементу затримує ріст і розвиток рослини. Фосфор підвищує стійкість ячменю до хвороб і посухи.

Калій відіграє важливу роль у фізіологічних і біохімічних процесах. У рослинах він міститься головним чином в рухомій формі і сприяє пересуванню продуктів асиміляції з листя та інших органів. Калій регулює водний і азотний обмін, підвищує стійкість до вилягання, хвороб, прискорює дозрівання. Найбільша кількість калію ячмінь споживає в перший період зростання. Недолік його затримує нормальний процес утворення вуглеводів і різко знижує врожай. Внесення в ґрунт калію підвищує ефективність і вмісту крохмалю. Фосфорні і калійні добрива підвищують пивоварні якості ячменю.

Кількість внесених фосфорних і калійних добрив варіюють від 30-45 до 90-120 кг / га (наприклад, N – 30 - 45, P – 40 - 60, K – 60 - 90) в залежності від вмісту цих елементів у ґрунті. Ефективно припосевное внесення фосфору в дозі 10-15 кг д. р. / га в рядки у вигляді суперфосфату, амофосу, діаммоній-фосфату та ін.

Ячмінь добре відгукується на післядію добрив, внесених під попередню культуру. Відомо, що з підвищенням рівня азотного живлення погіршуються пивоварні якості ячменю. Однак при нестачі азотного харчування не можна отримати високі врожаї. Тому необхідно прагнути до правильного балансу елементів живлення. Оптимальний режим живлення рослин створюється при співвідношенні NPK в ґрунті 1: 2: 3. Залежно від типу і родючості ґрунту дози добрив конкретизують, домагаючись оптимального співвідношення елементів живлення для пивоварного ячменю.

Внесення мінеральних добрив здійснюють вітчизняним розкидачів РУМ, яке забезпечує найбільш рівномірний розподіл туків по поверхні або локальне внесення безпосередньо в ґрунт [12, 25].

Дієвість мінеральних добрив залежить від часу їх внесення. Фосфорні і калійні добрива вносять восени під зяб, в глибші шари ґрунту, які зберігають

достатньо вологи протягом усього періоду вегетації. Одну половину азотних добрив (великі дози) можна вносити восени, використовуючи для осіннього внесення аміачні форми азоту, що не виметиваються з ґрунту, а другу навесні. На схилах щоб уникнути вимивання поживних речовин мінеральні добрива вносять навесні.

У СФГ «Іванова» не вносять мінеральні добрива. У зв'язку з цим, з метою вдосконалення інтенсифікації виробництва зерна ячменю в умовах господарства з добрив можна запропонувати амофос під основний обробіток в дозі $N_{10}P_{52}$ кг / га д.р., або по 1 ц у фізичній масі. Це комплексне добриво, технологичне для внесення. Також під основний обробіток рекомендується вносити хлористий калій з розрахунку 60 кг/га д.р.

Навесні під передпосівну культивуацію плануємо вносити аміачну селітру в дозі 34 кг / га д.р. [1, 25].

2.5 Основні хвороби і шкідники ярого ячменю

Хвороби ярого ячменю.

Аскохітоз зернових (Ascochyta graminicola). Поширений повсюди. Найінтенсивніше розвивається за умов теплої погоди з частими дощами. Уражає пшеницю, ячмінь, жито.

На листках спочатку утворюються дрібні округлі сірі плями. Пізніше вони зливаються і охоплюють всю листкову пластинку. На житі плями жовті, з темно-коричневою облямівкою. На ураженій тканині утворюються чорні пікніди.

Інфекція зберігається на рослинах решта у вигляді пікнік та міцелію в рослинах озимини.

Шкодочинність аскохітозу виражається в передчасному засиханні листя, втрати врожаю можуть становити 15 – 20 % і більше.

Борошниста роса (Sphaerotheca mors-uvae Berk et Curt). Уражує зернові колосові, зернобобові, цукровий буряк, плодово-ягідні (агрус, порічки, смородину, абрикос, айву, вишню).

Хвороба проявляється на молодих листках, ягодах і пагонах у вигляді білого, спочатку павутинистого, а пізніше - порошистого борошнистого нальоту.

На зернових, зернобобових борошниста роса з'являється у вигляді білого або борошнистого нальоту на листках, переважно з верхньої сторони, стеблах, квітках і бобах. Згодом наліт ущільнюється, стає брудно-сірим. При сильному розвитку хвороби уражені частини рослин здобувають грубу консистенцію і відмирають.

Збудником хвороби є гриб, який належить до класу Ascomycetes, порядку Erysiphales.

Захворювання інтенсивно поширюється при температурі +20...+25°C і відносній вологості повітря 70-80%. У цих умовах інкубаційний період хвороби триває 4-5 днів. Джерело інфекції - уражені рослини, обпалі уражені листки і ягоди, на яких зберігаються клейстотеції гриба. Первинне зараження рослин відбувається від сумкоспор, а вторинне - від конідій.

Жовта карликовість. Уражує ячмінь, овес. Тип збудника - вірус Barley yellow dwarf virus [14, 15, 23, 30, 38].

На листках уражених рослин з'являється золотаво-жовте забарвлення, яке розповсюджується зверху вниз, переважно з країв листків. Листя у хворих рослин стає жорстким і розміщується більш вертикально, ніж у здорових. При захворюванні спостерігається низькорослість ячменю, колоски часто не утворюються, коренева система розвивається повільно.

Хворі рослини дуже терплять у посушливі періоди.

Збудник хвороби — вірус Barley yellow dwarf virus. Особливо шкідливий для посівів ячменю, пшениці, вівса, рису, жита і кукурудзи.

Вірус передається різними видами злакових попелиць, в організмі яких він може зберігатись протягом 120 год. Механічно та з насінням вірус не передається, але зберігається у зимуючих рослинах.

Хвороба може бути причиною недобору 15%, і більше, урожаю. Стійких до хвороби сортів не виявлено.

Шкідники.

Зерновим колосовим культурам в Україні завдають шкоди понад 100 видів комах, три види кліщів, два – нематод, мишоподібні гризуни. Взагалі, усі ці шкідливі організми в середньому призводять до втрат врожаю, що перевищують 30%, а в окремі роки – 50%. Усе це вимагає застосування різних методів захисту рослин з тим, щоб зменшити частку втрат врожаю. Відомо, що без захисту від шкідливих організмів на доброму агротехнічному фоні (попередник, система удобрення, обробітку фунту близькі до оптимальних) можна одержати урожай зерна озимої пшениці у межах 3 – 4 т/га, а при високому рівні захисту – 7 – 10 т/га.

Звичайна злакова попелиця (Schizaphis graminum Rond.) – в Україні значно поширена, але найчастіше шкодить на півдні лісостепової зони, в Степу і Криму.

Основними кормовими культурами є ячмінь, пшениця, овес, сорго, рис, жито, кукурудза, просо. Шкідник світло-зеленого кольору з яскравою зеленою смужкою вздовж спини, довжина тіла 3 – 3,5 мм. Життєвий цикл однодомний, протягом усього життя розмножуються на озимих і ярих злаках. Зимують яйця на листках сходів озимих, падалиці і дикорослих злаків. Навесні з'являються личинки. Розмножується партеногенетично. Протягом вегетаційного періоду може розвиватися у 12 генераціях [29, 30, 35].

Велика злакова попелиця. (Sitobion avenae F.) – масово розмножується у степовій зоні і Криму. Пошкоджує пшеницю, жито, овес, ячмінь, рідко рис.

Пшеничний трипс (Haplothrips tritici Kurd.) - дуже поширений, масово розмножується в Степу. Пошкоджує ячмінь меншою мірою ніж пшеницю. Дорослий трипс чорного або чорно-коричневого кольору, довжина тіла 1,3 –

1,5 мм. Крила прозорі, з довгими війками. Личинки червоні, довжина тіла 1,4 – 1,8 мм.

Зимує личинка у поверхневому шарі ґрунту і на його поверхні під рослинними рештками. Навесні перетворюється в пронімфу, потім у німфу. На початку колосіння з'являються дорослі трипси, які відкладають по 4 – 8 яєць за колоскові лусочки. Через 8 – 12 днів з'являються личинки, які живляться спочатку колосковими лусочками, а потім зерном. У період воскової стиглості зерна личинки ідуть на зимівлю. У пошкоджених рослин скручується колос, що призводить до утворення пустих колосків (білоколосості) або щуплозерності.

Клоп-черепашка (Eurygaster integriceps Put.) - поширена переважно у степовій зоні та частково у південно-західних районах Лісостепу. Основна кормова культура – пшениця, рідше пошкоджує ячмінь, жито, овес. Тіло дорослих клопів широкоовальне, завдовжки 9 – 13, завширшки 6 – 7 мм, забарвлення – від світло-сірого до темно-сірого, іноді чорного кольору. Голова трикутна. Наличник закінчується на передньому кінці голови на рівні з вилицями. Личинки першого віку майже чорного кольору, другого – п'ятого – світлі і світло-жовті.

Маврська черепашка (Eurygaster maurus L.) - в Україні поширена повсюди. Довжина тіла 8 – 10 мм. Наличник не виступає за вершину виличних пластинок і утворює з ними одну безперервну лінію. Пошкоджує пшеницю, жито, ячмінь, злакові трави, інколи овес, кукурудзу, просо.

Австрійська черепашка (Eurygaster austriacus Sch.) - поширена переважно в Лісостепу і на Поліссі. Розмір тіла 11 – 13 мм. Наличник на передньому кінці голови звужується. Пошкоджує зернові культури [29, 30, 38].

2.6 Характеристика сортів ярого ячменю

Селекцію ярого ячменю в країні ведуть багато науково - дослідних установ. Це дозволило створити високопродуктивні сорти до конкретних умов, що володіють рядом цінних властивостей, районують більше 90 сортів ярого ячменю. Основні ознаки, за якими визначають різновидності ячменю, такі: забарвлення колоса (жовте, чорне), будова остюків (гладенькі, зазубрені, фуркатні), щільність колоса (щільний - понад 12 члеників на 4 см довжини стрижня колоса, нещільний - менше 11 члеників), плівчастість зерна (плівчасте або голе). В Україні районовані такі сорти ярого ячменю вітчизняної і зарубіжної селекції. як: Адапт, Бадьорий, Галактик, Галатея, Гостинець, Дніпровський 257, Донецький 14, Екзотик, Ельф, Миронівський 92, Нутанс 533, Одеський 151, Подолян, Раушан, Харківський 112 та ін. На полях Дніпропетровської області з 1990 по 2010 роки перевага віддавалася таким сортам: Бадьорий, Галактик, Донецький 14, Прерія, Геліос, Еней, Раушан, Нутанс 533 [23, 37].

Сорт ячменю Бадьорий. Сорт пивоварного напрямку, напівінтенсивного типу. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 80 - 90 діб. Висота рослин 68-70 див. Різновид субме-дикум. Стійкий до вилягання (8,7-9 балів), посухи (6,3-7,2 балів) та ураження збудниками основних хвороб (8,5-9 балів). Потенційна врожайність 9,5 т / га. Вважається одним з кращих вітчизняних пивоварних сортів. Вміст білка в зерні 10,7-11,0%, екстрактивність 81,0%, вирівняність зерна 99%. У виробничих умовах в 2006 р. на Іванівській ДС Сумської області урожайність сорту склала 4,72 т / га.

Сорт ячменю ярого Галактик. Сорт Галактик знаходиться в реєстрі сортів рослин України з 1999 р. для всіх зон, з 2002р. - національний стандарт. Різновид nutans. Колос дворядний, середньої довжини (7-9 см), нещільний (10-11 члеників на 4 см колосового стрижня), солом'яно-жовтий, неламкий, слабо звужується до вершини остюки довгі, зазубрені, паралельні, тонкі, еластичні, жовті. Колоскова луска мала, вузька, тонка, без опушення.

Квіткова луска слабо-зморщена, нервація добре виявлена, перехід в ость поступовий, основна щетинка зерна довго-волосяна. Кущ прямостоячий, лист зелений, опушення середнє, проміжне. Стебло міцне, висота рослин-75-80 см Підвищена посухостійкість. Більш стійкий до вилягання. Середньостиглий. Добре адаптований до всіх природно-кліматичних умов України. У лісостеповій і степовій зонах за роки державного сортовипробування середня прибавка врожаю становила 9,3-11,9% над кращими стандартами. Агротехніка звичайна для зони вирощування. Протруювання насіння забезпечує повний захист рослин від хвороб і підвищення врожаю.

Сорт ячменю Донецький 14. Сорт степового екотипу, інтенсивний, пластичний, посухостійкий, стійкий до вилягання і найбільш поширених хвороб. Середньостиглий, вегетаційний період 76-86 днів, рослини низькорослі 53-61 див. Стійкість до вилягання 4,6; осипання 4,7; до посухи 4,2-4,7; придатність до механізованого збирання 4,5 бала. Слабо уражується борошнистою росою, гельмінтоспоріозом, корневими гнилями і приховано стебловими шкідниками. Толерантний до летючої та твердої сажки. Сорт зернофуражного і продовольчого напрямку, вирівнюваність зерна висока (95 %), вміст сирого протеїну в зерні середнє 12,0-13,8 %. В екстремальних умовах вирощування дає високі і стабільні врожаї.

Сорт ячменю Прерія. Національний стандарт з посухостійкості. Оригінатор. Зона вирощування – степ. Колос дворядний, солом'яно - жовтий, остистий. Колос середньої довжини, не ламкий. Зерно плівочне, пружне, подовжене. Маса 1000 зерен 50 - 60 грамів. Вегетаційний період 70 - 78 днів. Стійкий до полягання. Висока посухо- та спекостійкість. Сорт середньоранній, має міцну кореневу систему. Урожайність 53 – 60 ц/га

Сорт ячменю Геліос. Придатний для поширення в зонах степу, лісостепу та полісся. Сорт стійкий до вилягання, осипання та посухи. Потенційна можливість сорту - 89 ц/га. Має хороші круп'яні якості. Сорт має групову стійкість до летючої сажки, борошнистої роси, смужкового гельмінтоспоріозу.

Сорт ячменю Еней. Тип розвитку - дворучка (альтернативний). Сорт інтенсивного типу. Високо адаптований для будь-яких умов вирощування, має підвищену посухостійкість. Добрі результати дає при внесенні повного мінерального живлення. Слабко уражується гельмінтоспориозом і твердою сажкою. В закладах експертизи за роки випробування отримали середній урожай 54,5-55,7 ц/га, що на 13,7-17,4 ц/га більше стандартів. Рекомендований для поширення в зонах степу, лісостепу та полісся.

Сорт ячменю Раушан. Різновид Нутанс. Кущ напівпрямостоячий. Рослина середньоросла. Колос напівпрямостоячий, циліндричний, пухкий, зі слабким восковим нальотом та салатівій забарвленням під час цвітіння. Маса 1000 зерен 47-56 гр. Сорт середньостиглий, вегетаційний період 76-93 дня. Стійкий до вилягання. Слабосприйнятливий до летючої та твердої сажки, сітчастої плямистості, корневих гнилей і рінхоспориозу. Екологічно пластичний. Добре реагує на внесення добрив, але на високих азотних фонах схильний до вилягання [14, 37].

Сорт ячменю Нутанс 533. Різновид Нутанс. Колос дворядний солом'яно-жовтого забарвлення, довжиною 6-8 см, середньої щільності. Зерно плівчасте, жовте, середньої крупності, маса 1000 зерен 42-50 р. Сорт середньоранній (72-81 день), степового агроекотипа, посухостійкий, відрізняється хорошим кушінням і дуже високою пристосовністю до різних ґрунтово - кліматичних і погодних умов. Сорт добре пристосований до механізованого збирання та переробки, не обсіпається, відрізняється стійкістю до посухи, і найбільш шкідливим грибних захворювань. Сорт володіє високими харчовими достоїнствами і включений в список цінних з круп'яним якостями сортів.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

3.1 Місце в сівозміні

За своїми біологічними особливостями розвитку ярий ячмінь найбільш скоростиглий серед зернових культур. Період його вегетації залежить від умов вирощування та сорту, триває 84-96 днів. Раціональне розміщення ячменю в спеціалізованих сівозмінах є одним з резервів збільшення врожаю. Ярий ячмінь – культура вимоглива до родючості ґрунту, що пояснюється його біологічними властивостями – слаборозвиненою кореневою системою з низьким рівнем засвоювання важкодоступних форм елементів живлення та стислим строком інтенсивного нагромадження поживних речовин [14, 29].

Для ярого ячменю найкращими являються попередники, що залишають після себе чисту від бур'янів площу з достатніми запасами поживних речовин. Ячмінь для пивоварної промисловості краще розміщувати після просапних попередників: кукурудзи на зерно та силос, картоплі, цукрових буряків та зернобобових культур. Необхідно відзначити що цукрові буряки, які дуже висушують ґрунт, є добрими попередниками ячменю лише в зоні достатнього зволоження. Зернові культури як попередники менш придатні для ярого ячменю, бо при цьому рослини сильно пошкоджуються спільними хворобами, нерівномірно дозрівають, а тому врожай знижується в середньому на 4-6 ц/га.

3.2 Обробіток ґрунту ярого ячменю

Для одержання високих урожаїв ячменю необхідно дотримуватись відповідної системи обробітку ґрунту. Вона повинна враховувати родючість ґрунтів, кліматичні та погодні умови, рельєф місцевості, агротехнологічні карти на кожне поле сівозміни. Така система складається з основного (зяблевого) та передпосівного обробітку і залежить від попередників. При

вироснуванні ячменю після цукрових буряків, картоплі ґрунт залишається чистим від бур'янів і розпушеним. Тому такі поля не лущать, а відразу проводять оранку на глибину 20-22 см. Зяблева оранка має значні переваги перед весняною [15, 23, 30, 36].

Після веснооранки урожай ярого ячменю знижується на 10-30%. Зяблева оранка забезпечує в посушливі роки краще використання осінньо-весняних опадів, а в дощові — швидше прогрівання ґрунту. А це дозволяє в свою чергу висівати ячмінь в ранні строки. Для забезпечення кращого заорювання рослинних решток кукурудзи, після збирання лущать стерню дисковими лущильниками в двох напрямках на глибину 8-10 см. Зяб орють на глибину 25-27 см. Значно впливають на врожай ячменю строки зяблевої оранки. При ранньому піднятті зябу (вересень – початок жовтня), забезпечуються добрі умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які розкладають органічні рештки, у результаті в ґрунті нагромаджується більше поживних елементів. Створюються сприятливі умови для знищення бур'янів восени і весною. Крім того, гинуть личинки шкідників і дорослі жуки, а також спори грибів. Отже раннє підняття зябу має переваги перед пізнім.

Передпосівний обробіток ґрунту під ячмінь складається з ранньовесняного боронування культивації. Боронування проводять при фізичній стиглості ґрунту, який добре розробляється. Ранні боронування перезволоженого, особливо важкого ґрунту призводять до переущільнення, поганої розробки, що пригнічує рослини, призводить до зниження урожайності ячменю. У роки із затяжною холодною весною на важких перезволожених ґрунтах боронування можна не проводити, а відразу починати з передпосівної культивації. Звичайно в нормативних умовах для створення оптимальної для сівби структури посівного шару, достатньо провести боронування у два сліди і передпосівну культивацію з боронуванням.

3.3 Норми добрив та система удобрення

Щодо рівня живлення ячмінь відрізняється підвищеними вимогами. Це пояснюється дуже коротким вегетаційним періодом, та дуже швидким засвоєнням поживних речовин. За виносом поживних речовин ячмінь мало відрізняється від озимих культур. Для формування 100 кг зерна разом із соломою ячмінь приблизно використовує: азоту – 2,5-3, P_2O_5 – 1-1,5 та K_2O – 2-2,5 кг. Поглинання головних елементів живлення рослинами ячменю протягом вегетації відбувається нерівномірно. Найбільша потреба в поживних речовинах збігається з двома важливими періодами в житті рослин: періодом кущення і початком стеблоутворення та періодом закладання, формування і наливу зерна.

Отже, найбільша потреба рослин ячменю в азоті спостерігається в період від початку кущення до колосіння. Критичний період у рослин щодо наявності азоту спостерігається від початку кущення до виходу рослин у трубку. За нестачі азоту в цей період ріст та розвиток рослин пригнічується, порушується процес утворення генеративних органів, що призводить до різкого зниження врожаю. На початку вегетації дуже важливо забезпечити ячмінь фосфором, що сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи і поліпшує поглинання рослинами поживних речовин. Калій сприяє зміцненню соломини, підвищенню посухостійкості та стійкості рослин проти шкідників та хвороб, поліпшенню водообміну, прискорює надходження пластичних речовин у генеративні органи, внаслідок чого збільшуються величина та виповненість зерна [29].

Отже, для вирощування високих урожаїв ячменю важливо, щоб рослини були забезпечені елементами живлення від самого початку вегетації. Ячмінь відрізняється від інших зернових культур ще й тим, що основний урожай культура формує на головному пагоні. Щоб не допустити розвитку бічних пагонів, треба забезпечити задану густоту посіву – 400-500 рослин на 1 м² та оптимізувати азотне живлення. Особливе значення для живлення ячменю має

внесення азотних добрив, їх вплив на врожай і якість продукції значно вагоміший ніж фосфорно-калійних, тому допущені під час внесення добрив помилки проявляються значно гостріше. За нестачі азоту відбувається слабе кушіння, посилюється редукція потенційно продуктивних пагонів, колосків, знижується фертильність квіток, скорочується вегетаційний період. Оптимальні норми фосфорних та калійних добрив під ячмінь – $P_{45-60}K_{45-60}$. На ґрунтах, бідних на азот, норму азотних добрив збільшують.

Під час вирощування сортів ячменю, зерно яких використовують для виробництва пива, норму азотних добрив зменшують, а на чорноземах вносять половину рекомендованої норми. Для одержання зерна, яке було б придатне для виробництва пива, необхідно, щоб рівень калійного живлення переважав над азотним та фосфорним. Для вирощування кормового та харчового ячменю вносять підвищені норми азотно-фосфорних добрив на відносно зниженому калійному фоні. Серед зернових культур ярий ячмінь один з найвибагливіших до родючості ґрунту [25].

Дослідження свідчать, що для отримання 6,5-7,0 т/га зерна ярого ячменю рівень удобрення повинен становити $N_{60-90}P_{45-60}K_{60-90}$. Також встановлено, що при вирощуванні ярого ячменю на пивоварні цілі доза азотних добрив не повинна перевищувати N_{60} . В дослідженнях проведених ТОВ «Рапсол» встановлено позитивний вплив на ріст врожайності зерна ярого ячменю нових видів мінеральних добрив на основі хелатних форм макро- і мікроелементів при позакореновому їх застосуванні. Так при дворазовому позакореновому внесенні в баковій суміші з пестицидами 10% в.р. сечовини і органо-мінерального добрива «Фурор» в дозі 3 л/га, урожайність зерна ярого ячменю збільшувалась на 0,7 т/га.

3.4 Сівба ярого ячменю

Коли висівають крупним насінням урожай ячменю підвищується на 350 кг/га і більше. При цьому поліпшується якість та екстрактивність зерна. В такому насінні більше поживних речовин, тому молоді рослини краще ростуть, розвивають міцне коріння, раніше починають кущитися, виходити в трубку й колоситись.

Ярий ячмінь за своїми біологічними особливостями належить до культур раннього строку сівби. Його насіння може проростати при температурі 1-2°C. Оптимальна температура для проростання – 20-22°C. Проте тривале похолодання навесні негативно впливає на ріст і розвиток рослин. У період цвітіння і формування зерна рослини дуже чутливі до незначних приморозків.

Час сівби ячменю визначають залежно від кліматичних умов. При цьому орієнтуються не лише на температуру ґрунту чи повітря, прохолода не повинна затримувати сівбу, якщо ґрунт спілий і не липне до робочих органів сільськогосподарських машин. Це особливо слід врахувати при малій кількості опадів у цей період, коли волога з ґрунту швидко випаровується, а її нестача знижує польову схожість насіння. Запізнення з сівбою ярого ячменю в умовах Лісостепу призводить до зменшення урожаю та зниження якості зерна.

Густота стеблостою регулюється встановленням норми висіву, яка визначається в мільйонах схожих зерен на гектар. При цьому вводять поправки на господарську придатність і масу 1000 зерен. За даними ТОВ “Рапсол” рекомендується висівати на багатих агрофонах 3,5-4 млн/га, на середніх 4,0-4,5, на бідних 4,5-5,0 млн./га насінин. Глибина загортання насіння повинна забезпечувати своєчасні, дружні і повні сходи. При сівбі ярого ячменю враховують біологічні особливості росту і розвитку кореневої системи та рослин. Ячмінь утворює вузол кущення на глибині 2-3 см отже глибина загортання насіння повинна становити на важких ґрунтах у вологих

умовах 3-4 см, а на більш легких при нестачі вологи у ґрунті 4-5 см. Слід пам'ятати, що глибоке загортання насіння послаблює процеси росту, значно продовжує період проростання, а частина паростків не досягає поверхні ґрунту і пошкоджується гнильними мікроорганізмами. Мілке ж загортання насіння знижує його польову схожість, внаслідок чого сходи нерівномірні.

Продуктивність зернових колосових значно залежить від рівномірного розподілу насіння на площі, що дозволяє рослинам найефективніше використовувати воду, поживні речовини та енергію сонця.

3.5 Догляд за посівами

Під час догляду за посівами треба звертати особливу увагу на те, щоб засіяні площі були закотковані кільчасто-шпоровими котками, особливо в посушливі роки. Коткування зменшує висихання ґрунту на глибині загортання насіння, прискорює його проростання. Це сприяє появі повних і дружніх сходів. Завдяки післяпосівному коткуванню створюються кращі умови для більш раннього утворення вторинної кореневої системи, а отже ліпшого розвитку рослин. Отримання високих і стабільних врожаїв зерна ярого ячменю не можливо без застосування інтегрованої системи захисту рослин. Сучасна інтегрована система захисту рослин передбачає: протруювання насіння; знищення бур'янів за допомогою гербіцидів; застосування стимуляторів росту рослин і захист рослин від хвороб і шкідників за допомогою сучасних високоефективних фунгіцидів і інсектицидів.

Протруювання насіння ярого ячменю дозволяє в значній мірі контролювати і обмежувати розвиток таких небезпечних хвороб, як кореневі гнилі, летюча і тверда сажка. За 3-5 днів до сівби насіння знезаражують системними препаратами: Байтам Універсал 19,5% з.п (2 кг/т), Вітавакс 200ФФ 34% в.с.к. (2,5-3,0 л/т), Вінцит 050 CS к.с. (2 л/т), Вітал 14% в.с.к.

(0,5 л/т), Девідент Стар 036 FS т.к.с. (1,5 л/т), Раксіл Екстра 51,5% т.к.с. (2 л/т), Лоспел 12,5% в.м.с. (0,9-1,2 л/т). Численні дослідження ТОВ “Рапсол” свідчать про високу ефективність біофунгіцидів вітчизняного виробництва в разі застосування їх для обробки насіння. Такі препарати, як Мікосан 3% в.р.к. (7 л/т) і Агат 25 к.т.п. (30 мл/т), «Фурор» (3 л/т) досить ефективно контролювали розвиток корневих гнилей і твердої та летючої сажки.

Для захисту рослин ярого ячменю в період активної вегетації від таких хвороб, як борошниста роса, гельмінтоспориозні плямистості (смугаста, темно-бура, сітчаста), застосовують наступні фунгіциди: Альто Супер 330 ЕС к.е. (0,5 л/га), Колосаль 25% (1,0 л/га), Фалькон 46% к.е. (0,6 л/га), Фолікур БТ 22,5% к.е. (1,0 л/га). Для знищення бур'янів в посівах ярого ячменю в фазу кущення застосовують такі гербіциди як Агрітокс 50% в.р. (1,0-1,5 л/га), 2,4-Д 700 в.р. (0,8-10 л/га), Діален Супер 464 SL в.р.к. (0,7 л/га), а починаючи з фази вихід в трубку можливе застосування лише препаратів з групи похідних хлорфенілсечовини. Це такі гербіциди, як Гроділ Ультра 75% в.г., Гранстар 75% в.г. (15-20 л/га), Калібр 75% в.г. (40-50 л/га), Лареп 60% з.п. (8-10 т/га).

З метою обмеження розвитку шкідників п'явиці, попелиці, трипсів, клопа шкідливої черепашки та інших за умов помірно теплої погоди доцільно внести препарати перетроїдної групи: Фастак 10 к.е. (0,15 л/га), Карате Зеон 050 CS м.к.е. (0,15 л/га), Сумі Альфа 5% к.е. (0,25 л/га). За умов спекотної погоди, кращий ефект матимуть фосфорорганічні препарати типу: Бі-58 Новий 40 к.е. (1,2 л/га). Дана дім 40 к.е. (1,2 л/га), Золон, 35 к.е. (1,5 л/га) та інші. Також можливе застосування вище зазначених препаратів в половинних дозах за одночасного їх внесення, наприклад: Дана дім (0,6 л/га) + Сумі Альфа (0,125 л/га), Бі-58 (0,6 л/га) + Карате Зеон (0,08 л/га).

3.6 Збирання врожаю ярого ячменю

Для одержання якісного зерна важливо правильно визначити початок збирання і режим обмолоту. Завчасне збирання призводить до значного погіршення пивоварних якостей зерна, головним чином, за рахунок підвищення вмісту білка. Збирання двофазним способом починають у фазі воскової стиглості при вологості зерна 28-30%. Цей спосіб дає можливість розпочинати жнива на 3-5 днів раніше. Між скошуванням та підбиранням валків не можна допускати великого розриву, бо це призводить до проростання зерна у валках за будь-якої погоди. Щоб валки добре провітрювалися, залишають стерню заввишки 13-15 см. До обмолоту приступають відразу ж після їх просихання, коли вологість зерна складає 15-16% [22, 26, 30].

Однофазним способом збирають при повній стиглості зерна, коли його вологість зменшується до 14-17%. Максимального економічного ефекту можна досягти при поєднанні обох способів збирання. При збиранні потрібно постійно контролювати режим обмолоту, який встановлюється таким чином, щоб повністю виключити травмування зерна. Тривалість оптимального періоду збирання ячменю, при якому втрати бувають мінімальними, складає 4-6 днів. При перестоюванні спостерігається поникнення та надломлення соломини під колосом; втрати через несвоєчасність збирання можуть сягати 15-20% і більше. Зерно, яке надходить з поля, підлягає терміновій первинній очистці та просушуванню до 14-15%. Не можна збирати ячмінь у недозрілому стані, особливо, коли він призначається для пивоварних цілей, бо в ньому ще не закінчились процеси утворення високомолекулярних білків.

Як відомо, ячмінь менш стійкий до осипання ніж інші зернові культури: зерно в колосі утримується слабо, в нього легко обламується колосовий стрижень, а під час дощів і стебло. Втрати врожаю ярого ячменю при збиранні на п'ятий день після настання повної стиглості зерна можуть становити 300-400 кг/га, а на десятий – понад 500 кг/га. При цьому

знижується також його якість. Якщо збирати зерно у повній стиглості, воно матиме більше крохмалю. Збирання ячменю на десятий день після початку повної стиглості знижує масу 1000 зерен на 2-4 г і натуру – на 4-10 г/л. Тому правильне визначення збиральної стиглості зерна має важливе значення [26, 32].

4 БАЗОВА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А. М. ПОЛЬОВОГО

Однією з основних умов високої культури землеробства є найбільш повне використання кліматичних ресурсів. У цьому аспекті вивчення кліматичної забезпеченості формування урожаю сільськогосподарських культур з врахуванням особливостей мікроклімату конкретних територій має важливе наукове і практичне значення. При врахуванні впливу клімату на ефективність сільськогосподарського виробництва головним є визначення агрокліматичних ресурсів території, реалізоване шляхом їх агрокліматичного районування [2, 17].

4.1 Концепція моделювання

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів має блокову структуру і містить шість блоків (рис. 4.1):

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції схилів;
- блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;
- блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням;

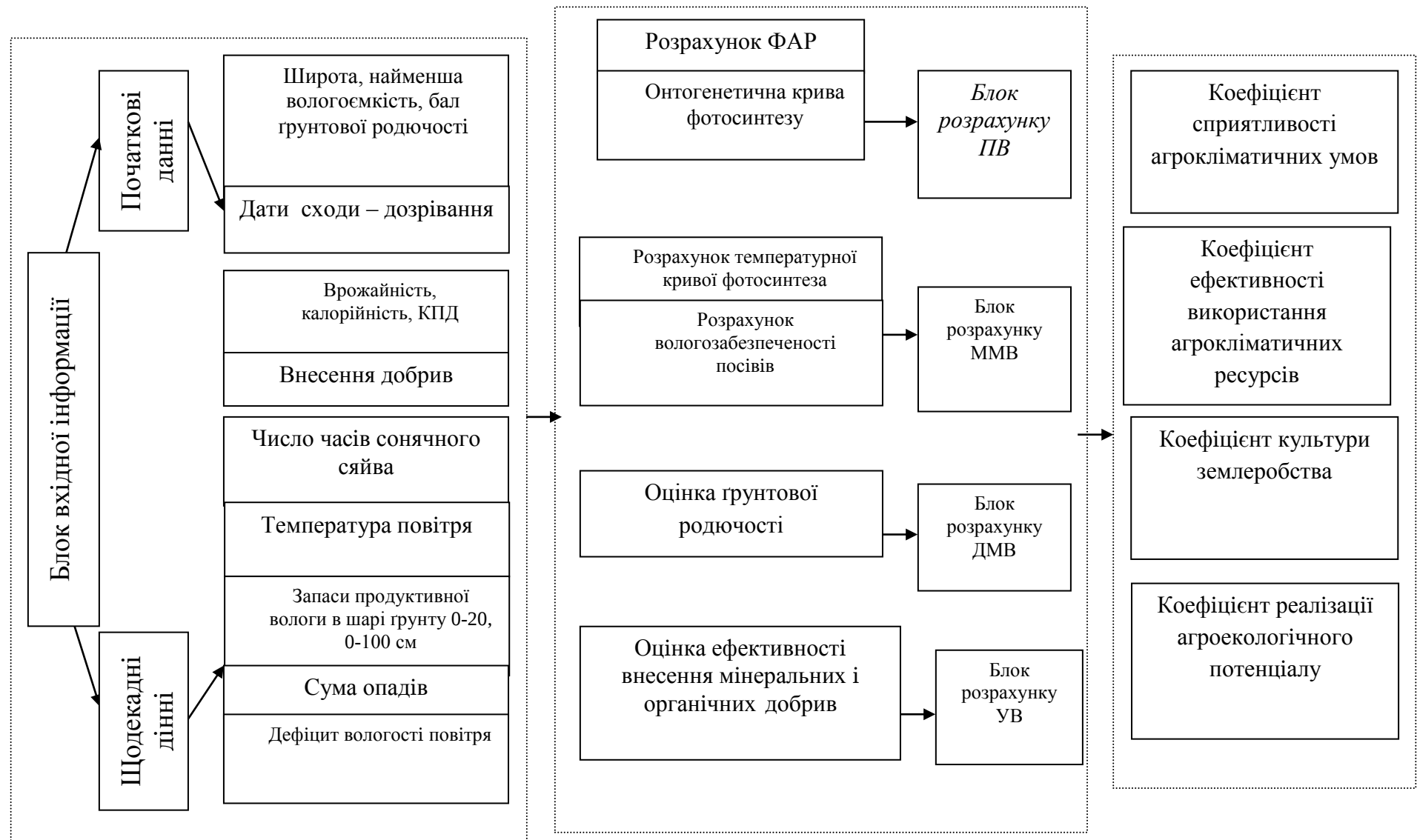


Рисунок 4.1 – Блок – схема агрокліматичної моделі формування врожаю ярого ячменю.

4.2 Блок вхідної інформації

Цей блок складається із даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить у собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони поділяються на три групи:

Перша група – запаси продуктивної вологи у ґрунті, середньодекадна температура повітря, середня за декаду кількість годин сонячного сяйва, сума опадів за декаду, середній за декаду дефіцит насичення повітря, кількість днів у розрахунковій декаді [20, 21, 27, 28, 33].

Друга група – інформація про внесення доз азотних, фосфорних і калійних добрив, дані про оптимальні дози цих добрив, дані про внесення органічних добрив та їхній оптимальній дозі, рік внесення органічних добрив, бал ґрунтового бонітету.

Третя група – інформація про експозицію та крутість схилу, на якому розташоване поле, характеристика типу схилу і місця розташування поля на схилі [17].

4.3 Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції поля

Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (4.1)$$

де Q_o – сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню, кал/см²·доба;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – номер розрахункової декади;

Інтенсивність сумарної сонячної радіації з урахуванням експозиції і крутості схилу визначається за виразом

$$Q_{eks}^j = k_{eks}^{Q(j)} \cdot Q_0^j, \quad (4.2)$$

де Q_{eks} – сумарна сонячна радіація в залежності від експозиції і крутості схилу, кал/см²·доба;

k_{eks}^Q – коефіцієнт для перерахунку середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для різної крутості, відн. од.

Величина k_{eks}^Q визначається в залежності від широти місцевості, календарного місяця, експозиції і крутості схилу (табл. 4.1).

Для розрахунку температури повітря на схилі використовується вираз

$$T_{S\ eks}^j = k_{eks}^{T(j)} \cdot T_S^j, \quad (4.3)$$

де $T_{S\ eks}$ – середньодекадна температура повітря на схилі, °C;

k_{eks}^T – коефіцієнт для перерахунку температури повітря на схилі, відн. од.;

T_s – середньодекадна температура повітря на горизонтальній поверхні, °C.

Величина k_{eks}^T визначається в залежності від широти місцевості і крутості схилу:

а) північний схил

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,003 \cdot (1 + 0,02\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (4.4)$$

б) південний схил

Таблиця 4.1 - Поправки для розрахунку середньої за декаду сумарної
сонячної радіації

Місяць						
Широта, град.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Північний схил 200 44	0,86	0,91	0,92	0,91	0,87	0,75
46	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75
48	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75
50	0,84	0,90	0,91	0,90	0,85	0,75
52	0,83	0,89	0,91	0,90	0,85	0,75
Північний схил 100 44	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
46	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
48	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
50	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88
52	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88
Південний схил 200 44	1,07	1,02	0,99	1,01	1,05	1,15
46	1,07	1,02	0,99	1,01	1,06	1,15
48	1,08	1,03	1,0	1,01	1,06	1,16
50	1,08	1,03	1,0	1,01	1,06	1,16
52	1,09	1,04	1,0	1,02	1,07	1,16
Південний схил 100 44	1,05	1,01	1,0	1,01	1,04	1,08
46	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
48	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
48	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
50	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
52	1,06	1,02	1,0	1,02	1,04	1,08

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 + 0,001 \cdot (1 + 0,007\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (4.5)$$

в) східний і західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,001 \cdot (1 - 0,005\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (4.6)$$

г) північно-східний і північно-західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,0025 \cdot (1 + 0,02\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (4.7)$$

д) південно-східний і південно-західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,00085 \cdot (1 + 0,07\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (4.8)$$

де φ – широта пункту, град;

β_{kp} – крутість схилу, град.

Режим зволоження ґрунту з урахуванням експозиції схилу визначається двома способами:

– перший спосіб – при наявності даних про вологість ґрунту

$$W_{eks}^j = k_{eks}^{W(j)} W_o^j, \quad (4.9)$$

де W_o – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на горизонтальній поверхні, мм;

Величина k_{eks}^W визначається в залежності від зволоження місцевості, пори року, експозиції схилу і форми рельєфу (табл. 4.2);

$$O_{Seks}^j = k_{eks}^{O_s} \cdot O_s^j, \quad (4.10)$$

де O_{Seks} – сума опадів за декаду з урахуванням схилу, мм;

$k_{eks}^{O_s}$ – коефіцієнт для перерахунку опадів на схилі, відн. од;

Таблиця 4.2 - Поправки для розрахунку запасів продуктивної вологи

Форма рельєфу	Пора року			Середня величина
	весна	літо	осінь	
а) Схили прямого та ввігнутого профілю				
Вершина	0,54	0,46	0,42	0,47
Північний схил:				
верхня частина	1,0	0,86	0,98	0,95
середня —"—	1,0	1,0	1,0	1,03
Нижня —"—	1,5	1,49	1,08	1,36
підніжжя	2,0	1,50	1,60	1,70
Південний схил:				
верхня частина	0,45	0,41	0,37	0,41
середня —"—	0,62	0,50	0,48	0,53
Нижня —"—	0,93	0,93	0,96	0,95
підніжжя	1,22	1,20	1,14	1,19
Рівна місцевість	1,0	1,0	1,0	1,0
б) Схили випуклого профілю				
Водороздільне плато	1,0	1,0	1,0	1,0
Північний схил:				
Верхня частина	0,95	0,97	0,98	0,97
середня —"—	1,03	1,0	1,0	1,01
Нижня —"—	1,03	0,92	0,82	0,92
підніжжя	2,18	1,88	1,99	2,02
Південний схил:				
верхня частина	0,85	0,82	0,76	0,81
середня —"—	0,73	0,77	0,71	0,74
Нижня —"—	0,78	0,72	0,66	0,72
підніжжя	1,22	1,18	1,14	1,18

Величина $k_{eks}^{O_s}$ визначається в залежності від зволоження території, експозиції схилу і форми рельєфу (табл. 4.3).

Для розрахунку випаровуваності E_0 використовується метод А.М.Алпатьяєва:

Таблиця 4.3 - Поправки для розрахунку суми опадів в залежності від зволоження території, експозиції схилу та форми рельєфу

Зона зволоження	Північний схил				Південний схил			
	верхня частина	середня частина	нижня частина	підні жжя	верхня час- тина	середня частина	нижня час- тина	підні жжя
Ґрунт типу «а»								
Надмірно зволожена	0,82	0,87	0,92	1,50	0,88	0,90	0,92	1,38
Достатньо зволожена	0,83	0,85	0,88	1,56	0,88	0,94	0,96	1,32
Слабко посушлива	0,84	0,88	0,90	1,48	0,90	0,94	0,96	1,26
Посушлива	0,88	0,92	0,95	1,25	0,93	0,96	0,98	1,19
Дуже посушлива	0,93	0,95	0,98	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0
Суха	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ґрунт типу «б»								
Надмірно зволожена	0,86	0,89	0,90	1,37	0,92	0,96	0,98	1,28
Достатньо зволожена	0,88	0,90	0,92	1,33	0,94	0,97	0,99	1,14
Слабко посушлива	0,89	0,92	0,95	1,20	0,96	0,98	1,0	1,06
Посушлива	0,95	0,97	0,89	1,15	0,98	1,0	1,0	1,02
Дуже посушлива	0,98	0,98	1,0	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0
Суха	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Примітка:

Ґрунти типу «а»: підзолисті супіски, потужний чорнозем, типові і південні чорноземи, світло-каштанові.

Ґрунти типу «б»: підзолисті суглинки, лучні та деградовані чорноземи, терасовий чорнозем.

$$E_o^j = 0,65 \cdot DWW^j \cdot dv^j \cdot 0,75, \quad (4.11)$$

де DWW – середній за декаду дефіцит насичення повітря;

dv – кількість днів у розрахунковій декаді.

Розрахунок випаровуваності з врахуванням експозиції схилу виконується за співвідношенням

$$E_{0eks}^j = k_{eks}^{E(j)} \cdot E_o^j, \quad (4.12)$$

де E_{0eks} – випаровуваність на схилі;

k_{eks}^E – коефіцієнт для перерахування випаровуваності на схилі.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко

$$E_{eks}^j = \frac{2W_{eks}^j + O_{Seks}^j + P_{nor}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_{Oeks}^j}}, \quad (4.13)$$

де E_{eks} – сумарне випаровування на схилі;

P_{nor} – норма вегетаційних поливів;

W_{HB} – найменша вологоемність у шарі ґрунту 0-100 см;

O_{Seks} – сума опадів за декаду з урахуванням схилу;

W_{eks} – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на схилі.

Величина коефіцієнта для перерахунку випаровуваності на схилі k_{eks}^E знаходиться в залежності від зволоження території, пори року, експозиції і крутості схилу (табл. 4.4).

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація у нижні шари ґрунту

$$F_{ilt_{eks}}^j = W_{eks}^j + O_{Seks}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - W_{HB}, \quad (4.14)$$

де $F_{ilt_{eks}}$ – інфільтрація в нижні шари ґрунту на схилі за декаду, мм.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи на схилі використовується рівняння водного балансу

$$W_{eks}^{j+1} = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - F_{ilt_{eks}}^j. \quad (4.15)$$

Таблиця 4.4 - Поправки для розрахунку випаровуваності

Зона зволоження	Експозиція та крутизна схилу							
	Північний схил				Південний схил			
	50	100	150	200	50	100	150	200
а) весна								
Достатньо зволожена	0,94	0,84	0,77	0,72	1,08	1,12	1,19	1,25
Слабко посушлива	0,92	0,87	0,76	0,69	1,05	1,11	1,17	1,20
Посушлива	0,91	0,82	0,75	0,66	1,05	1,10	1,17	1,19
Дуже посушлива	0,91	0,83	0,73	0,64	1,03	1,08	1,14	1,18

Примітка:

Зони зволоження визначаються на основі середньорічних даних про зволоження ґрунту:

- 1) надмірно зволожена 70–90 % ПВ;
- 2) достатньо зволожена 50–60 % ПВ;
- 3) слабо посушлива 40–50 % ПВ;
- 4) посушлива 30–40 % ПВ;
- 5) дуже посушлива 20–30 % ПВ;
- 6) суха < 20 % ПВ;

ПВ - повна вологоємність ґрунту, мм

4.4 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин

В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища [7, 8, 33]. Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу використовується формула

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \cdot \left[-a_{\Phi} \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (4.16)$$

де величина α_{Φ} знаходиться за виразом

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^o}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (4.17)$$

де α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

α_{Φ}^o – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

Σt_{1_1} – сума ефективних температур повітря від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °C;

TS_2 – сума ефективних температур, °C.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1} \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases}, \quad (4.18)$$

де ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу, відн. од.;

T – середньодекадна температура повітря, °C;

T_{Φ} – середньодакда температура повітря, при якій починається фотосинтез, °C;

T_{opt1} – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °C;

T_{opt2} – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °C.

У рівнянні (3.18) проміжні величини знаходяться за формулами

$$x_1^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}), \quad (4.19)$$

$$x_2^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (4.20)$$

де T_{max} – середньодакда температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, °C;

T_s – температура повітря на горизонтальній поверхні, °C;

k_{eks}^T – коефіцієнт для перерахування температури повітря на схилі.

Значення нижньої і верхньої межі температурного оптимуму для фотосинтезу визначаються як функції часу.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез γ_{Φ} знаходиться як

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3 & \\ \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (4.21)$$

де W – запаси продуктивної води у метровому шарі ґрунту, мм;

W_{opt1} – нижня межа оптимальних запасів води, мм;

W_{opt2} – верхня межа оптимальних запасів води, мм.

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (4.22)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (4.23)$$

де k_{eks}^W – коефіцієнт для перерахування запасів води на схилі, відн. од..

Функція впливу вологозабезпеченості посівів розглядається як сполучення двох функцій. Враховується функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин (за даними про фактичні запаси води) і відношення сумарного випаровування посівів до випаровуваності з врахуванням експозиції і крутості схилів:

$$FW = \left(\gamma_{\Phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0\,eks}^j} \right)^{0,5}, \quad (4.24)$$

де FW – відносна вологозабезпеченість посівів, відн. од..

Аналогічно визначається узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості FTW_1 на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\psi_{\Phi} FW)^{0,5} \quad (4.25)$$

До цієї функції вводиться корекція на рівень температури в сполученні з вологозабезпеченістю

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1 [1 + (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1 [1 - (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} \quad (4.26)$$

4.5 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

Родючість ґрунту характеризується вмістом у ній гумусу, що залежить від міри впливу ерозії ґрунту.

$$G_{umeks} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (4.27)$$

$$F_{Gum} = \frac{G_{umeks}}{G_{umopt}}, \quad (4.28)$$

де G_{um} – вміст гумусу у ґрунті, %;

G_{umeks} – вміст гумусу у ґрунті на схилах з врахуванням ерозії, %;

k_{er}^G – функція впливу ерозії ґрунту на вміст гумусу у ґрунті, відн. од;

G_{umopt} – оптимальний для вирощування сільськогосподарської культури вміст гумусу у ґрунті, %.

Функція впливу вмісту гумусу у ґрунті визначається за формулою О.С. Образцова для розрахунку забезпеченості рослин елементами мінерального живлення

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (4.29)$$

де FW_{Gum} – функція впливу вмісту гумусу у ґрунті на формування урожаю, відн. од..

Значення функцій оптимальності азотного, фосфорного і калійного живлення розраховується за методом О.С. Образцова з деякими модифікаціями

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (4.30)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (4.31)$$

де N_m – внесена доза азотних добрив, кг/га;

N_{opt} – оптимальна доза азотних добрив, необхідна для одержання максимального урожаю, кг/га;

FW_N – функції впливу забезпеченості азотом, відн. од.;

k_{ef} – коефіцієнт ефективності добрив в залежності від вологості ґрунту, відн. од.

Вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив враховується за виразом:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{optl}^j} \geq 0,85, \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < \frac{W_{eks}^j}{W_{optl}^j} < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{optl}^j} \leq 0,70, \end{cases} \quad (4.32)$$

Аналогічно визначається співвідношення дози органічних добрив до їх оптимальної величини і розраховується функція впливу внесення органічних добрив з врахуванням року внесення добрив

$$F_{Org} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\ opt}}, \quad (4.33)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (4.34)$$

де FW_{Org} – функція впливу внесення органічних добрив на урожай;

O_{rg} – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg\ opt}$ – оптимальна для вирощування сільськогосподарської культури

доза внесення органічних добрив, т/га;

k_{Org}^g – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн. од.

Узагальнена функція впливу родючості ґрунту і внесення мінеральних та органічних добрив розраховується за принципом Лібіха

$$FWM_{ef}^j = \min \{FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j\}, \quad (4.35)$$

де FWM_{ef} – функція впливу ефективної родючості на урожай, відн. од.

4.6 Блок агроекологічних категорій урожайності

Визначення величини різних агроекологічних категорій урожайності здійснюється з врахуванням внесених модифікацій, із залученням більш повної інформації і наповнення цих категорій новим змістом [8].

Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації [27].

$$\frac{\Delta \Pi U^j}{\Delta t} = \alpha_{\Phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\Phi ap}^j \cdot k_{eks}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (4.36)$$

де $\frac{\Delta \Pi U}{\Delta t}$ – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

η – КПД посівів, відн. од.;

$Q_{\Phi ap}$ – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см² доба;

$k_{eks}^{Q'}$ – коефіцієнт для перерахування середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної експозиції і крутості, відн. од.;

q – калорійність.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму:

$$\frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (4.37)$$

де $\frac{\Delta MMU}{\Delta t}$ – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

FTW_2 – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од.

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (4.38)$$

де $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$ – приріст дійсно можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

B_{nl} – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив:

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (4.39)$$

де $\frac{\Delta UB}{\Delta t}$ – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м²;

$k_{земл}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.;

FWM_{ef} – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Різні агроекологічні категорії врожаю зерна при його стандартній 14 %-ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ_{зерна} = ПУ \cdot K_{зосп}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (4.40)$$

де $ПУ_{зерна}$ – потенційний урожай зерна, ц/га;

$K_{зосп}^{ПУ}$ – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий $ММУ_{зерна..}$, дійсно можливий $ДМУ_{зерна}$ і урожай у виробництві $UB_{зерна}$ зерна.

4.7 Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроекологічних категорій врожайності ($ПУ$, $ММУ$, $ДМУ$, UB), а також їхніх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур.

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої урожайності і потенційної урожайності

$$K_m = MMU_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (4.41)$$

де K_m – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн. од.

2. Сприятливість ґрунтових умов показує відношення дійсно можливої урожайності до метеорологічно-можливої урожайності

$$K_z = ДМУ_{зерна} / MMU_{зерна}, \quad (4.42)$$

де K_z – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

3. Співвідношення урожайності у виробництві і метеорологічно можливої урожайності встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховується за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів

$$K_{акл} = UB_{зерна} / MMU_{зерна}, \quad (4.43)$$

де $K_{акл}$ – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.

4. При реальних ґрунтових умовах співвідношення урожайності у виробництві і дійсно можливої урожайності можна розглядати як показник досконалої агротехнології

$$K_{земл} = UB_{зерна} / ДМУ_{зерна}, \quad (4.44)$$

де $K_{земл}$ – коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов (характеризує рівень культури землеробства з погляду ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов), відн. од.

5. Величина відношення урожайності у виробництві до потенційної урожайності характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу

$$K_{aek.pot} = UB_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (4.45)$$

де $K_{aek.pot}$ – коефіцієнт реалізації агроєкологічного потенціалу, відн. од.

Підвищення рівня $UB_{зерна}$ і доведення його до $ДМУ_{зерна}$ вимагає ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговою задачею програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різноманітних господарських факторів, які знаходяться у мінімумі.

Наближення $ДМУ_{зерна}$ до $ММУ_{зерна}$ вимагає виконання різноманітних заходів для підвищення родючості ґрунту. Різниця між $ММУ_{зерна}$ і $ПУ_{зерна}$ компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів і культур, що краще пристосовані до особливостей конкретного клімату. Підвищення рівня $ПУ_{зерна}$ забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

Формули (4.1)–(4.45) дозволяють визначити основні агроєкологічні категорії урожайності сільськогосподарських культур для різних елементів рельєфу, що формуються під впливом ґрунтово-кліматичних умов і мікрокліматичних особливостей досліджуваних територій та виконати для цих територій оцінку агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур [27 – 28].

4.8 Опис сценаріїв змін клімату

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

Діяльність людини змінила і продовжує змінювати поверхню Землі і склад її атмосфери. Деякі з цих змін мають прямий або опосередкований вплив на енергетичний баланс Землі і, таким чином, є чинниками, що впливають на зміну клімату. Радіаційний вплив (РВ) є результатом зміни енергетичного балансу системи Земля як реакції на певні зовнішні фактори, при цьому позитивний РВ веде до потепління, а негативний РВ до похолодання кліматичної системи. Крім глобального середнього радіаційного та енергетичного впливу просторовий розподіл і часова еволюція впливу та зворотній кліматичний зв'язок також відіграють значну роль у визначенні можливого впливу різних факторів на клімат. Зміни поверхні суші можуть також впливати на локальний та регіональний клімат за допомогою процесів, які не є радіаційними за своєю природою [24, 34, 35].

Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усієї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів [16].

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

новий набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP [16, 24].

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

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м⁻² для RCP2.6; 4,5 Вт·м⁻² для RCP4.5; 6,0 Вт·м⁻² для RCP6.0 і 8,5 Вт·м⁻² для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5). Згідно RCP6.0 і RCP8.5, радіаційне вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в RCP2.6 цей вплив досягає максимуму і потім знижується; і в RCP4.5 він стабілізується до 2100 р. (рис. 4.2) [24].

Таким чином, RCP можуть відображати результати цілого ряду заходів в області клімату в XXI-му столітті в порівнянні з їх відсутністю в Спеціальній доповіді про сценарії викидів (СДСВ), що використовувались в попередніх доповідях з питань зміни клімату. Сценарії СДСВ були розроблені лише з використанням послідовного підходу, іншими словами, соціально-економічних, демографічних та технологічних факторів, які потім використовувалися в простих кліматичних моделях для визначення концентрацій парникових газів [24].

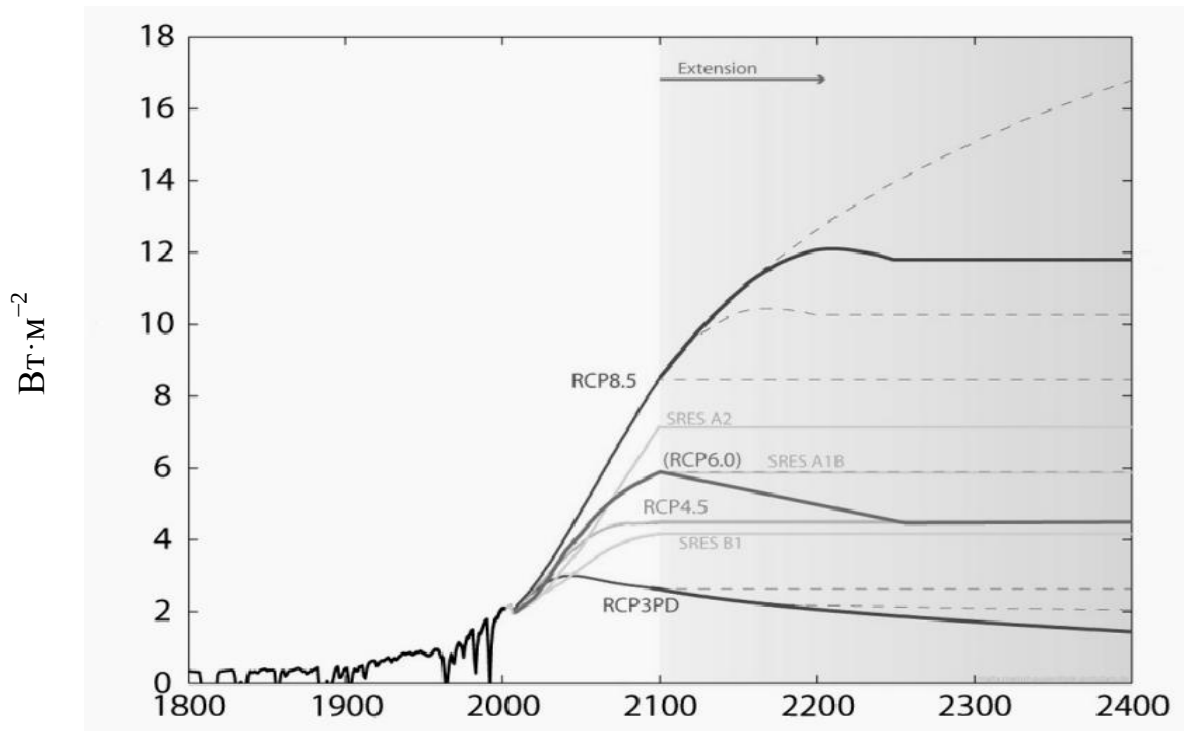


Рисунок 4.2 – Схематичне зображення радіаційного впливу (товсті лінії – рекомендовані траєкторії, пунктирні – траєкторії з врахуванням додаткових можливостей, визначених за альтернативними правилами) [24]

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

В даній роботі при моделюванні прогностичних змін режиму температури та опадів використовувались дані експерименту CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, що створений Всесвітньою програмою досліджень клімату для формування ансамблю прогностичних регіональних кліматичних моделей на всіх континентах в глобальному масштабі. Також CORDEX використовується для проектування

клімату в регіональному масштабі, використовуючи статистичні та динамічні методи. Структура проектування клімату в межах CORDEX базується на новому наборі глобальних кліматичних моделей CMIP5. При проектування клімату CORDEX зосереджується на експериментах з використанням сценаріїв викидів – RCP4.5 і RCP8.5, які являють собою сценарії середнього та високого рівня викидів [24, 34].

Для досліджень використовувались дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RASMO2. Модель RASMO2 поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), і динамічну основу від моделі HIRLAM. Вона пристосована для використання на льодових поверхнях та включає складну схему визначення альбедо снігу. RASMO2 має 40 вертикальних атмосферних рівнів з кроком сітки по горизонталі ~ 11 км, що забезпечує високу точність отриманих результатів. Також RASMO2 виконує моделювання атмосферних полів з 6-годинною часовою дискретністю [24].

5 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЙОГО ПОСІВІВ У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

5.1 Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю у Дніпропетровській області в умовах зміни клімату

Зернове господарство є основою всього сільського господарства в степовій зоні України. Потреба в зерні постійно збільшується. Це пов'язано з необхідністю мати більше зерна для поповнення зернових резервів та забезпечення внутрішнього ринку.

Ефективне управління сільськогосподарським виробництвом неможливе без аналізу ходу чинників, від яких залежить його діяльність. У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та урожай культур є метеорологічні умови. Вони в більшій мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Ярі зернові культури за величиною посівних площ на території СНД посідають перше місце. Це - яра пшениця, ярий ячмінь, овес, кукурудза, гречка, просо та інші. Найбільш поширені посіви ранніх ярих культур у районах з родючими чорноземними та каштановими ґрунтами, але з різко континентальним кліматом і великою повторюваністю посух та суховіїв. Недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних щорічних коливань урожайності.

Спеціалісти присвячують багато уваги вивченню динаміки врожаїв, впливу основних агрометеорологічних факторів і показників на стан рослин. Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов їх вирощування. Врожайність зернових має тенденцію до зростання з часом, але темпи зростання різні у різних культур та в різних регіонах. Збільшення

врожайності з часом обумовлено підвищенням культури землеробства (особливостей системи землеробства, використання добрив, засобів обробітку ґрунту, засобів боротьби зі шкідниками, меліорації тощо), виведенням нових сортів.

Ячмінь - одна з найдавніших сільськогосподарських культур. Він вирощується з часу зародження землеробства. Зерно ячменю - відмінний корм. Його широко використовують при відгодівлі свиней, в раціонах великої рогатої худоби і птиці. Це незамінна сировина пивоварної промисловості, з нього готують також різні види круп [8-11].

Ячмінь – найбільш скоростигла яра зернова культура, вегетаційний період якої складає 60-110 днів. Ярий ячмінь внаслідок недостатнього розвитку кореневої системи, короткого вегетаційного періоду, підвищених вимог до структури ґрунту є найбільш вимогливим серед зернових до попередника. Це дуже важлива технічна, продовольча і кормова культура.

Зерно ячменю – концентрований корм для багатьох видів сільськогосподарських тварин, особливо цінний продукт для вигодовування свиней. Зерно ячменю містить у середньому 12,2 % білка, 77,2 % вуглеводів, 2,4 % жиру, до 3% зольних елементів і містить в 1 кг приблизно 1,2 кормових одиниць і 100 г перетравного протеїну. Білок цінний за амінокислотним складом, особливо за вмістом лізину та триптофану. Цінується у тваринництві як грубий корм солома ячменю, особливо сортів із гладенькими остюками. Ячмінь може вирощуватись також на зелений корм разом в суміші із зернобобовими культурами і на сіно. Ячмінь є важливою продовольчою культурою. Із зерна скловидного ячменю виробляють ячмінну та перлову крупи, у складі якої міститься 9 – 11% білка, 82 – 85% крохмалю. Борошно ячменю використовують як домішку до пшеничного або житнього борошна при випіканні хліба. Дворядні сорти ячменю використовують для виробництва пива.

За обсягом використання продукції ячменю в народному господарстві він є, насамперед, однією з цінних зернофуражних культур, частка якої в балансі концентрованих кормів є значною.

На фураж використовуються більш високобілкові сорти ячменю. Завдяки своїм високим кормовим якостям зерно ячменю і продукти його переробки набагато корисніші інших концентрованих кормів. Ячмінь також має велике значення і як цінна продовольча культура. У ячній крупі міститься навіть більше цукру і білка, ніж в пшеничній. Витяжки з ячмінного солоду багаті вуглеводами, білками, ферментами, вітамінами і тому мають великі дієтичні і лікувальні властивості. Вони знаходять широке застосування в медицині, хлібопекарській промисловості.

Зерно ячменю - сировина для пивоварної промисловості. Для отримання високоякісного пива солод готують виключно з ячменю, який надає пиву специфічний приємний смак і аромат. Для виробництва пива велике значення має високий вміст в зерні ячменю крохмалю і безазотистих екстрактивних речовин, вміст яких у кращих пивоварних сортів досягає 70-82%.

Нами ставилось завдання дослідити як впливає зміна клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність ярого ячменю на території Дніпропетровської області. Дослідження проводилися шляхом порівняння показників за базових умов (період 1990-2010 рр.) та сценарних варіантів. Розглядалися два сценарних періоди: 2011-2030 та 2031-2050 рр. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використана розроблена А.М. Польовим модель агроекологічних врожаїв сільськогосподарських культур [8, 27-28].

Зупинимось більш детально на оцінці агрокліматичних умов вирощування ярого ячменю в цій галузі.

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фіто маси посівів ярого ячменю визначається приходом ФАР за період і коефіцієнтом її використання.

Динаміка приростів потенційної врожайності ярого ячменю та хід декадних сум ФАР за період сходи - повна стиглість представлена на рис. 5.1.

У початковий період вегетації рівень сум ФАР становить 174 кал/(см²·добу). У наступній декаді ця сума збільшується до 191 кал/(см²·добу) і, поступово зростаючи, досягає максимуму в сьому декаду, складаючи величину 249 кал/(см²·добу). Після цього до кінця періоду вегетації ярого ячменю йде плавне зниження величин сум ФАР і перед настанням повної стиглості ці величини досягають значень 245 кал/(см²·добу).

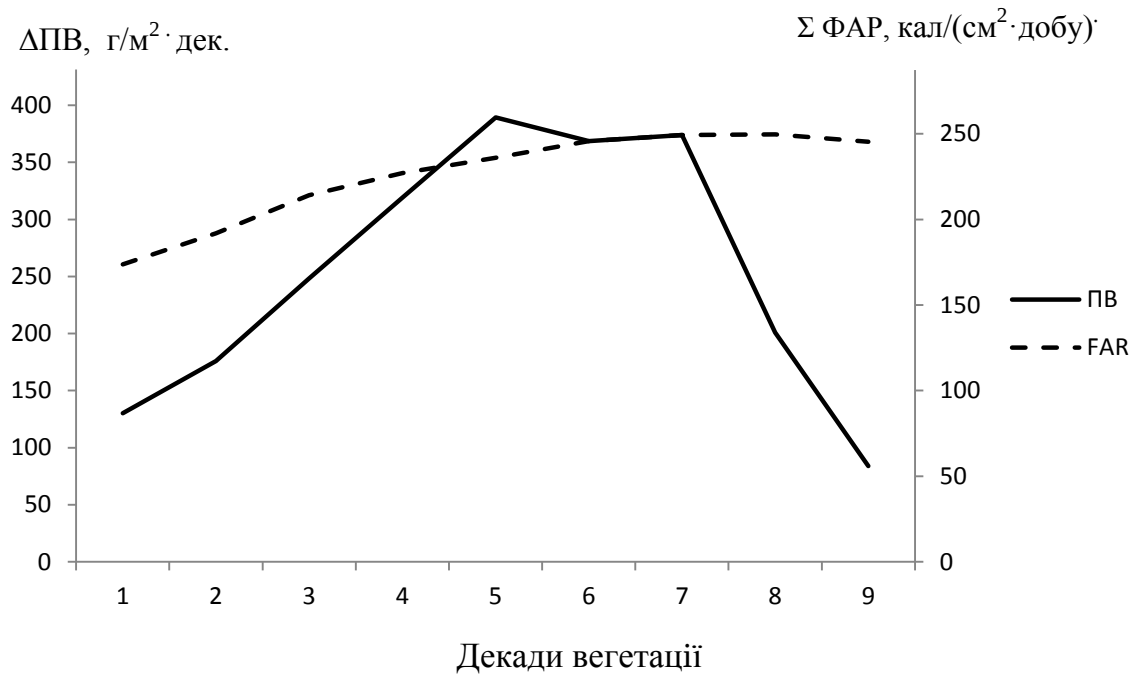


Рисунок 5.1 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР (ΣФАР) ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр.

Приріст ПВ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 2.1, становить 130 г/м². дек. У наступній декаді приріст зростає до рівня 176 г/м². дек. Період третій лист - кущіння відзначений плавним ходом кривої динаміки приростів ПВ. Після кущіння спостерігається підвищення ΔПВ від декади до декади і максимального значення (389 г/м². дек) досягає в період колосіння -

молочна стиглість. Після настання фази молочної стиглості рівень приростів ПУ починає знижуватися і до кінця вегетації становить $84 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Розглянемо динаміку показників температурного режиму протягом вегетації.

Якщо температура повітря буде близькою до оптимальної TOP1, то буде досягатися максимальна продуктивність посівів. Природно, що значення t_s змінюється протягом вегетації. Будемо розглядати щодакдно динаміку нижньої (TOP1) і верхньої (TOP2) межі оптимальних значень температури повітря для ярого ячменю та хід середнедекадного температури повітря протягом вегетації в порівнянні з ходом оптимальних значень температури.

Як видно з рис. 5.2, нижня межа температурного оптимуму TOP1 починається з температури $6,7^\circ\text{C}$, плавно піднімаючись досягає максимуму ($16,0^\circ\text{C}$) наприкінці вегетаційного циклу.

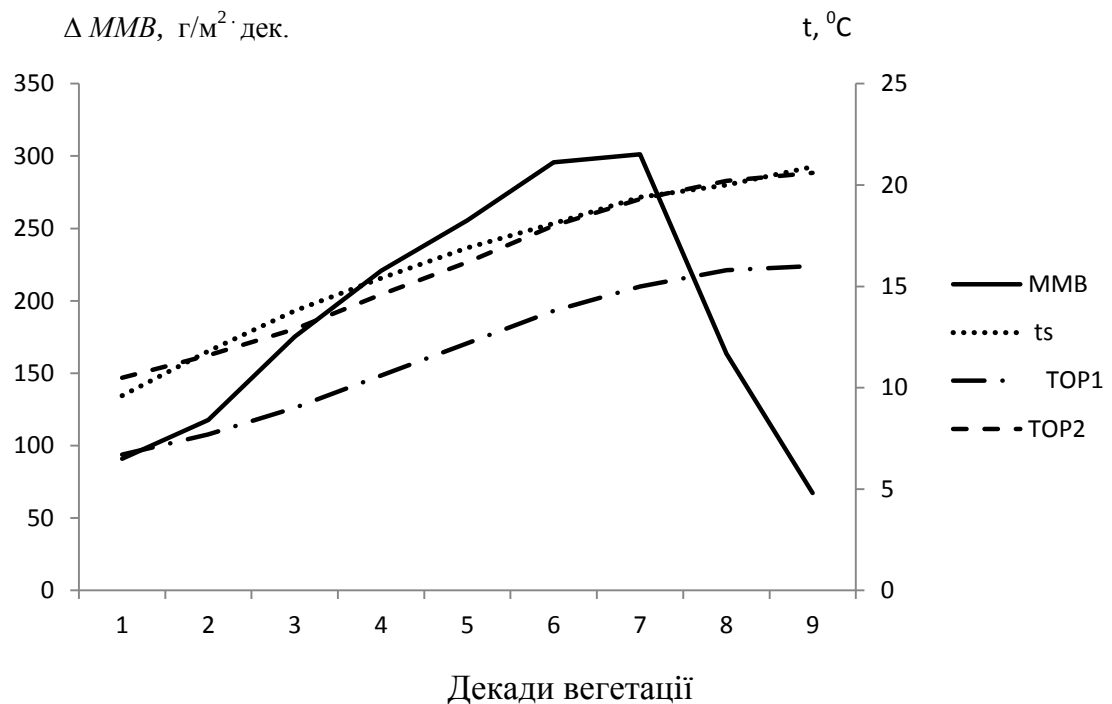


Рисунок 5.2 – Декадний хід приростів ($\Delta \text{ММВ}$) та термічного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр.

Верхня межа оптимальних температур TOP2 починається з позначки $10,5^{\circ}\text{C}$, досягає максимуму в той же період, що і у TOP1 і становить $20,6^{\circ}\text{C}$.

Крива ходу середньодекадної температури повітря починається з позначки $9,6^{\circ}\text{C}$, плавно піднімаючись, проходить у другій декаді через TOP2, виходячи з інтервалу температурного оптимуму, і лише на шостій декаді вегетації вона стає паралельною TOP2. Надалі температура повітря плавно досягаючи максимуму ($20,9^{\circ}\text{C}$) до фази повна стиглість.

Комплексний вплив основних метеорологічних факторів відображає метеорологічних можлива врожайність, яка є інтегральною характеристикою агрометеорологічних ресурсів.

У початковий період вегетації приріст МВУ становить $91 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становить $301 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ Потім прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації складала $67 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід динаміки приростів дійсно-можливої урожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.3.

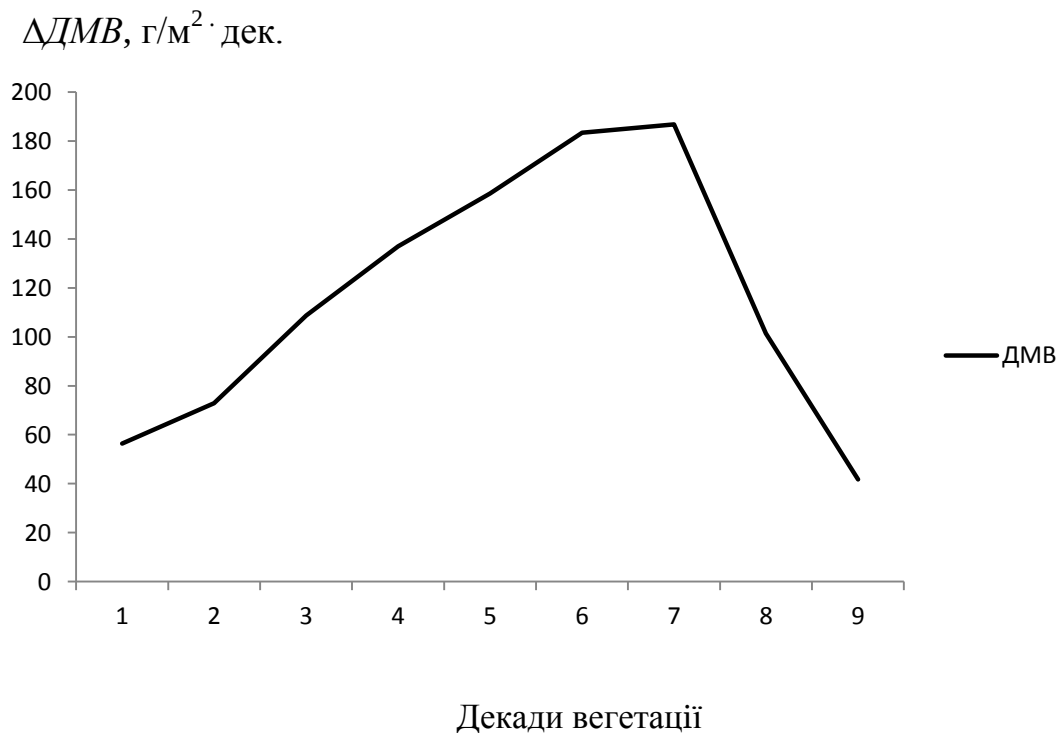


Рисунок 5.3 – Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр.

Величини приростів починаються з позначки 56 г/м^2 . дек, поступово зростаючи в наступній декаді до 73 г/м^2 . дек. У наступних декадах величина $\Delta \text{ДМВ}$ продовжує зростати, досягаючи максимуму в сьомій декаді вегетації, і становить 187 г/м^2 . дек. До кінця вегетації рівень приростів ДМВ знижується. В кінці вегетаційного періоду прирости ДМВ складала 92 г/м^2 . дек.

Потреба ярого ячменю у волозі змінюється в онтогенезі. Від появи сходів до колосіння, коли у ярого ячменю йде наростання вегетативної маси, а також закладка і формування генеративних органів, споживання води сильно зростає.

Сумарне випаровування (E_{ϕ}) в перші декади вегетації становить 15 мм рис. 5.4, потім у міру зростання вегетативної маси і температури повітря сумарне випаровування зростає до максимуму (33 мм) у восьмій декаді. Після восьмої декади воно майже не знижується і складало 32 мм в кінці вегетації.

Випаровуваність (E_0) на початку періоду вегетації становить 31 мм, далі поступово збільшується до п'ятої декади (51,0 мм), з сьомої декади спостерігається незначний спад та на кінець періоду значення випаровуваності становить 48,0 мм (рис. 5.4).

Ставлення сумарного випаровування до випаровуваності (E / E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Розгляд динаміки ставлення E / E_0 показує, що спочатку вегетації ярого ячменю вона знаходиться на позначці 0,49 відн.од. Поступово знижуючись до п'ятої декади набуває мінімального значення яке складало 0,47 відн.од. В послідуючих декадах йде зростання вологозабезпеченості посівів і досягає найбільш високих значень за весь період і становить 0,57 відн. од. до кінця вегетації.

На рис. 5.5 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період ярого ячменю та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за перший сценарний період (2011-2020 рр.). Можна бачити, що динаміка

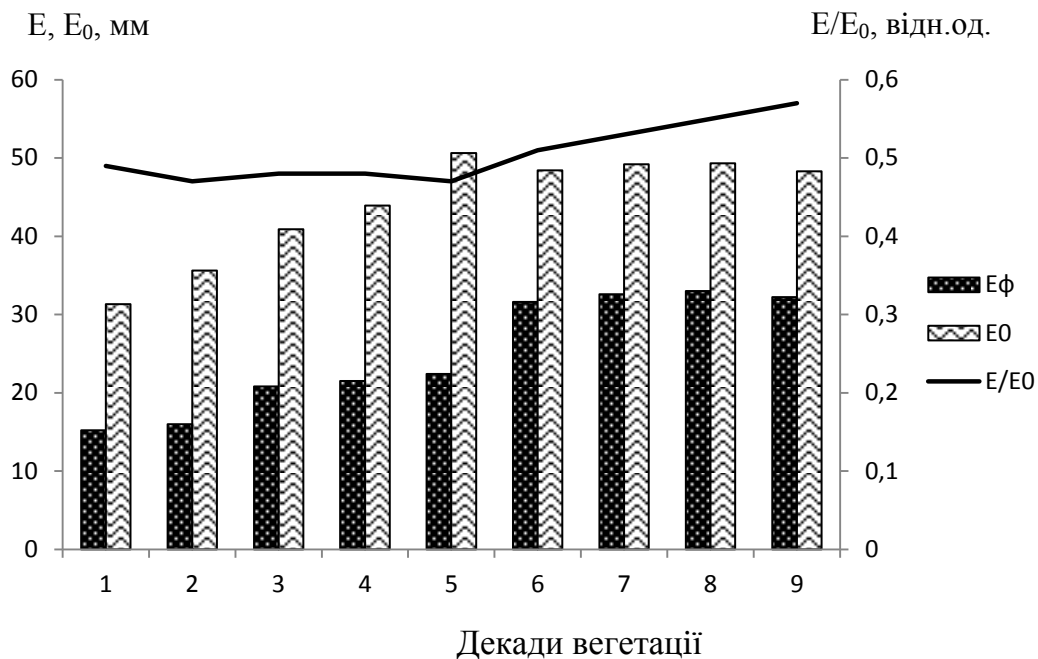


Рисунок 5.4 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 1990 – 2010 рр.

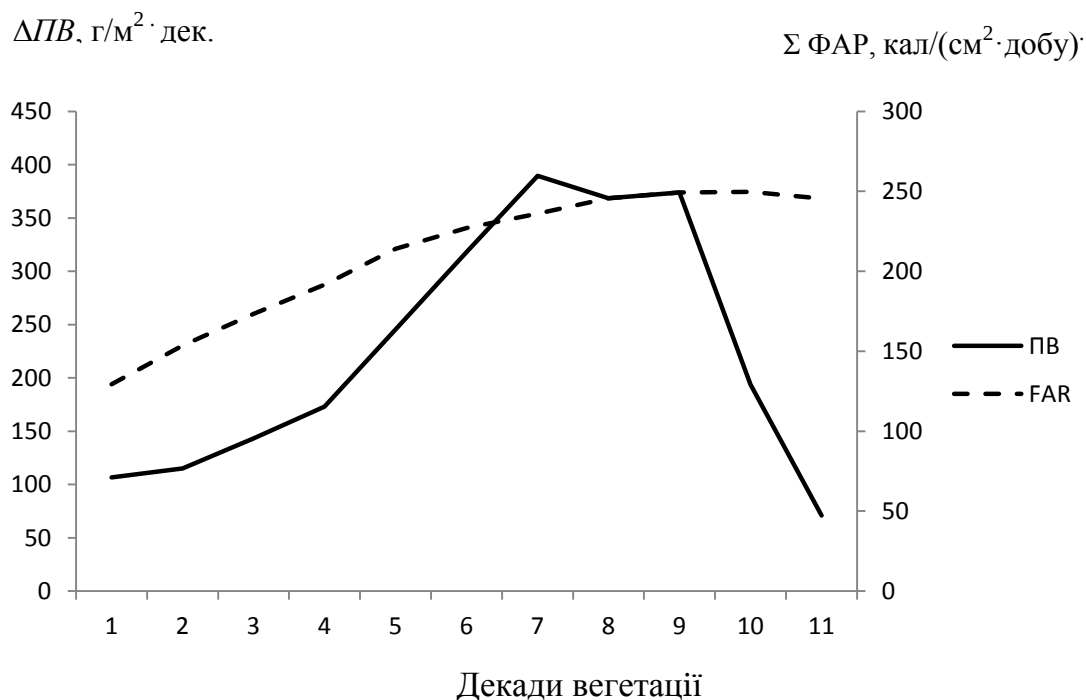


Рисунок 5.5 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР (ΣFAR) ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2011 – 2030 рр.

декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою. Таким чином, збільшення приростів ПВ порівняно з базовим варіантом, відбуватиметься лише за рахунок збільшення концентрації CO_2 в атмосфері з 380 до 470 ppm.

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить $107 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, досягає найбільшого значення $389 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ у сьому декаду вегетації, потім починає поступово знижуватися. У восьмі та дев'ятій декадах прирости ПВ коливатимуться від 246 до $249 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ А протягом останніх двох декад ріст взагалі припиняється. І на кінець декади прирости ПВ становитимуть $71 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов першого сценарного періоду представлений на рис. 5.6.

Як вже відзначалося, оптимальний діапазон температур для ярого ячменю коливається у межах $6,7 - 20,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (t_s) починається з $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$, що спостерігається нижче нижньої межі температурного оптимуму (TOP1). В наступні дві декади середньодекадна сценарна температура повітря підвищується до температурного оптимуму і складатиме $7,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Далі сценарна середньодекадна температура повітря зростає до $11,8 \text{ }^\circ\text{C}$ в четверту декаду вегетаційного періоду, що перевищує верхню межу температурного оптимуму (TOP2) до восьмої декади. У восьму декаду середньодекадна сценарна температура повітря дорівнює верхній оптимальній межі і складатиме $18 \text{ }^\circ\text{C}$. А далі до кінця вегетаційного періоду середньодекадна температура повітря досягне максимуму ($21,5 \text{ }^\circ\text{C}$) і буде знаходитися вище верхньої межі температурного оптимуму.

У початковий період вегетації сценарний приріст МВУ становитимуть $83 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становитиме $300 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ Потім сценарні прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації складатимуть $55 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ (рис. 5.6).

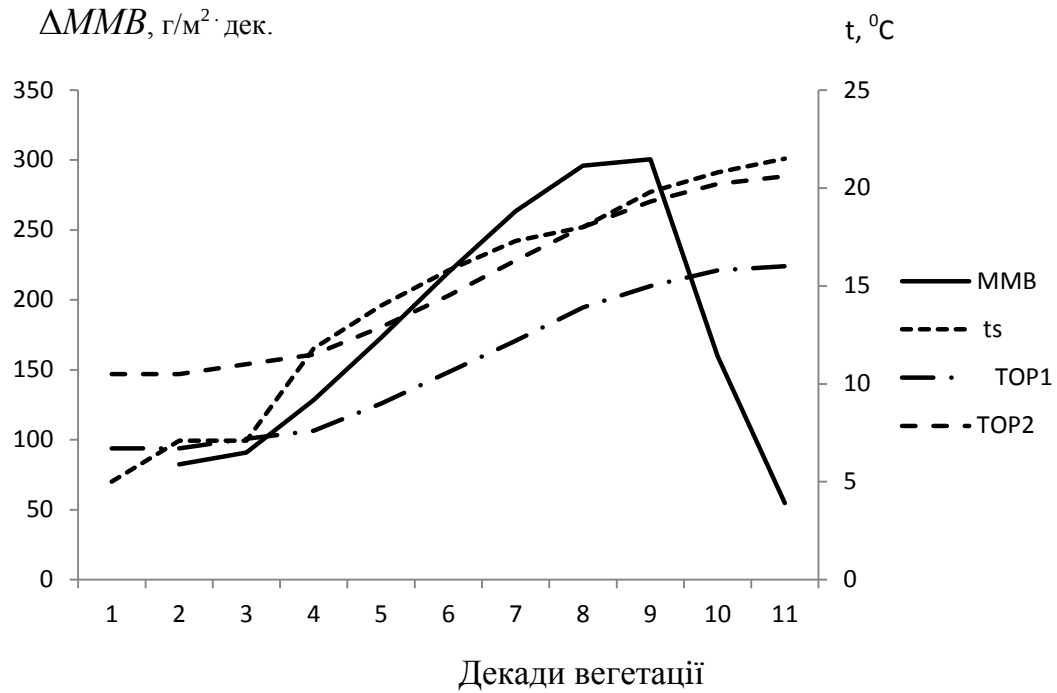


Рисунок 5.6 – Декадний хід приростів (ΔMMB) та термічного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2011 – 2030 рр.

Хід динаміки сценарних приростів дійсно-можливої врожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.7. Величини приростів починаються з позначки $51 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$, поступово зростаючи в наступній декаді до $56 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ У наступних декадах величина $\Delta ДМВ$ продовжує інтенсивно зростати, досягаючи максимуму в дев'ятій декаді вегетації, і становитимуть $186 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ До кінця вегетації рівень сценарних приростів ДМВ різко знижується. В кінці вегетаційного періоду сценарні прирости ДМВ складатимуть $34 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід показників зволоження розвитку ярого ячменю за умов зміни клімату представлено на рис. 5.8. Сумарне випаровування (E_{Φ}) посіву на початку вегетації складає 17 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси протягом 3-10 декад

вегетації і коливається від 18 до 35 мм. В останню декаду вегетації сумарне випаровування зменшиться до 31 мм.

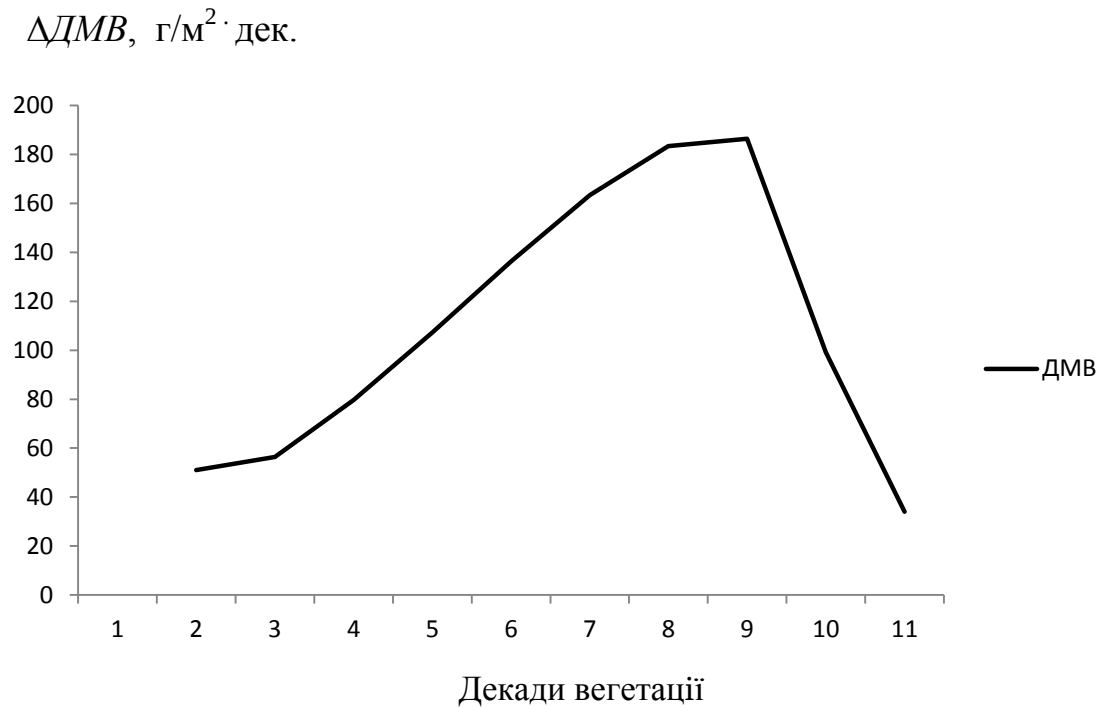


Рисунок 5.7 – Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2011 – 2030 рр.

Ставлення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Розгляд сценарної динаміки ставлення E/E_0 показує (рис. 5.8), що спочатку вегетації ярого ячменю вона знаходиться на позначці 0,72 відн.од. Поступово знижуючись до сьомої декади набуває мінімального сценарного значення яке складало 0,55 відн.од. В послідуючих декадах йде незначне зростання сценарної вологозабезпеченості посівів і становить 0,60 відн. од. до кінця вегетації.

У початковий період вегетації сценарна сума ФАР становить $129 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$, тому що сходи починаються раніше, ніж в базовий період. Після цього до кінця періоду вегетації ярого ячменю йде повторення

величин сум ФАР за базовим періодом і перед настанням повної стиглості ці величини досягають значень $250 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$.

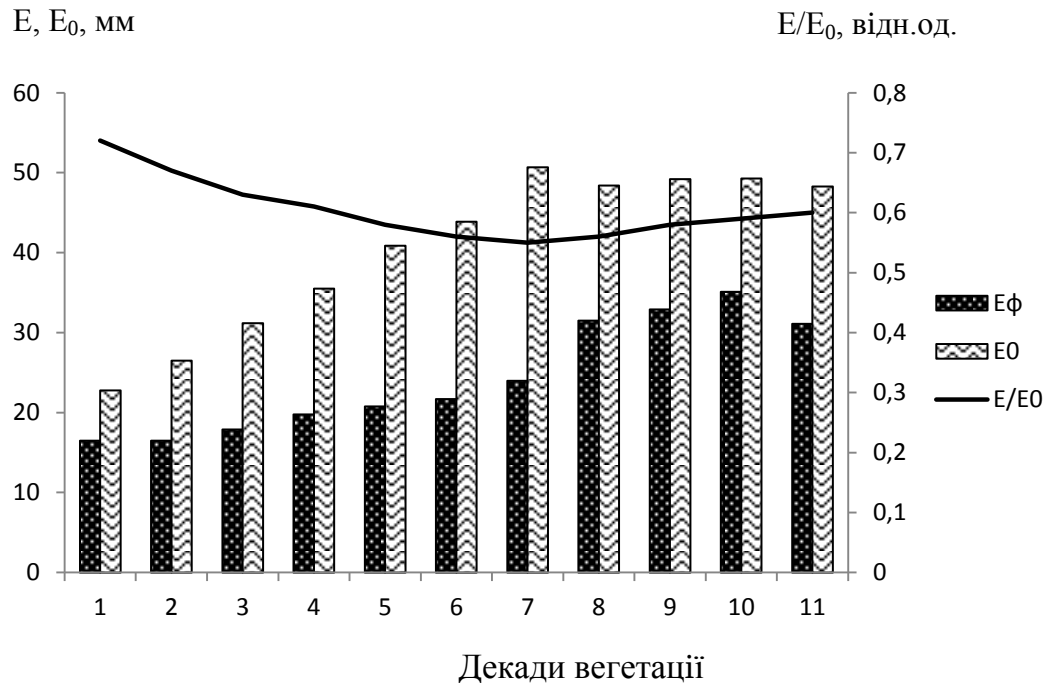


Рисунок 5.8 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2011 – 2030 рр.

Сценарний приріст ПВ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 5.9, становить $107 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек.}$ У наступній декаді приріст зростає до рівня $118 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек.}$ З третьої по сьому декади іде інтенсивний ріст сценарного приросту ПВ і коливається від 152 до $389 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек.}$ В сьомій декаді спостерігається максимальний сценарний приріст ПВ. До кінця вегетаційного періоду спостерігається зниження сценарного приросту ПВ і становить $128 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов другого сценарного періоду представлений на рис. 5.10.

Як вже відзначалося, оптимальний діапазон температур для ярого ячменю коливається у межах $6,7 - 20,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (t_s) починається з $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$, що

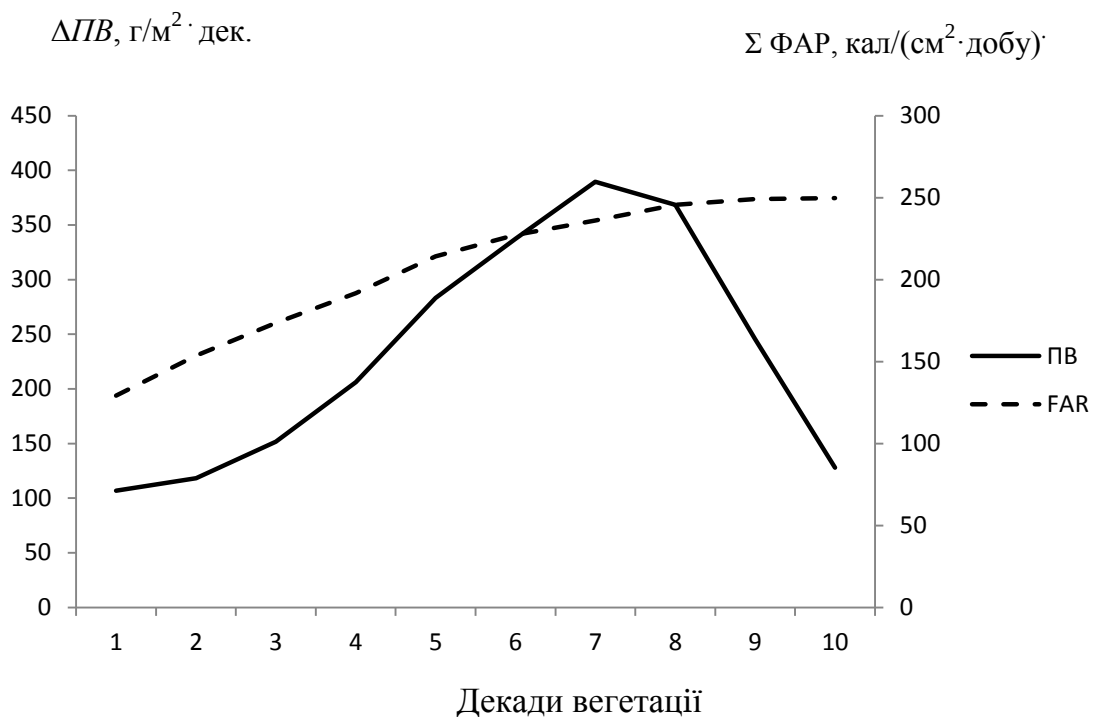


Рисунок 5.9 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР (ΣFAR) ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2031 – 2050 рр.

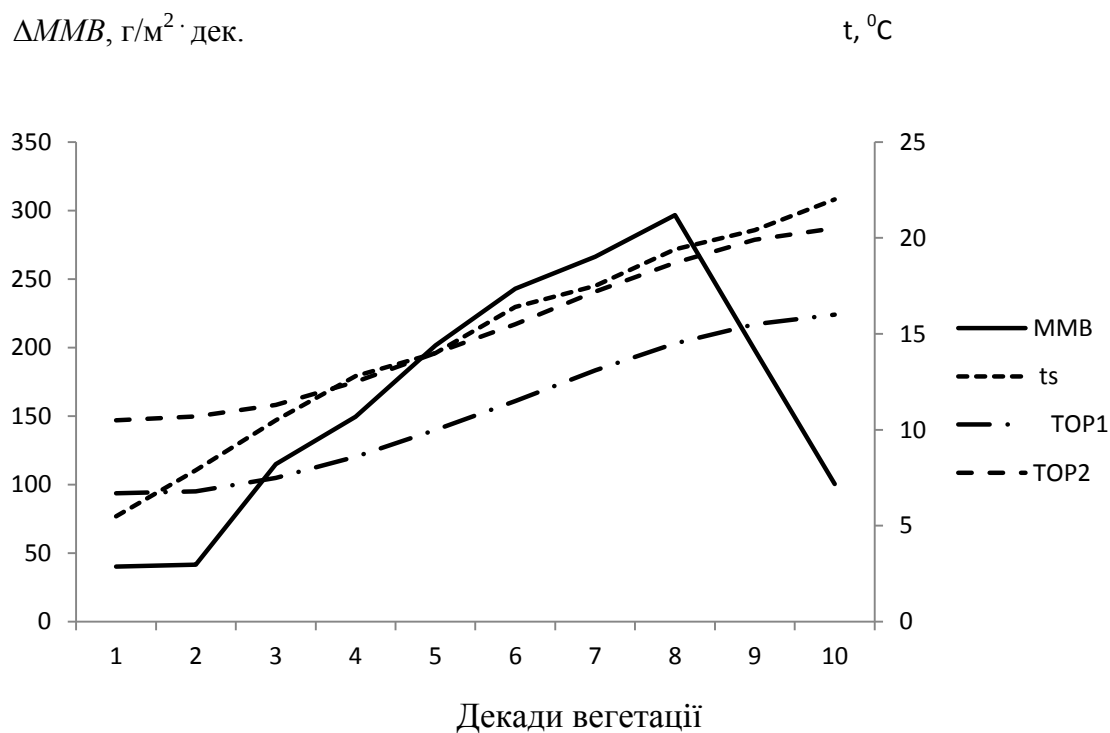


Рисунок 5.10 – Декадний хід приростів (ΔMMB) та термічного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2011 – 2030 рр.

спостерігається нижче нижньої межі температурного оптимуму (TOP1). В наступні дві декади середньодадна сценарна температура повітря підвищується до температурного оптимуму і складатиме 7,9 °С. Далі сценарна середньодадна температура повітря зростає до 12,8 °С в четверту декаду вегетаційного періоду, що перевищує верхню межу температурного оптимуму (TOP2) до кінця вегетаційного періоду. До кінця вегетаційного періоду середньодадна температура повітря досягне максимуму (22,5 °С) і буде знаходитися вище верхньої межі температурного оптимуму.

У початковий період вегетації сценарний приріст МВУ становитимуть 40 г/м². дек. У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становитиме 297 г/м². дек. Потім сценарні прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації складатимуть 101 г/м².дек. (рис. 5.10).

Хід динаміки сценарних приростів дійсно-можливої врожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.11. Величини приростів починаються з позначки 25 г/м². дек. В наступній декаді зростання спостерігається дуже повільне

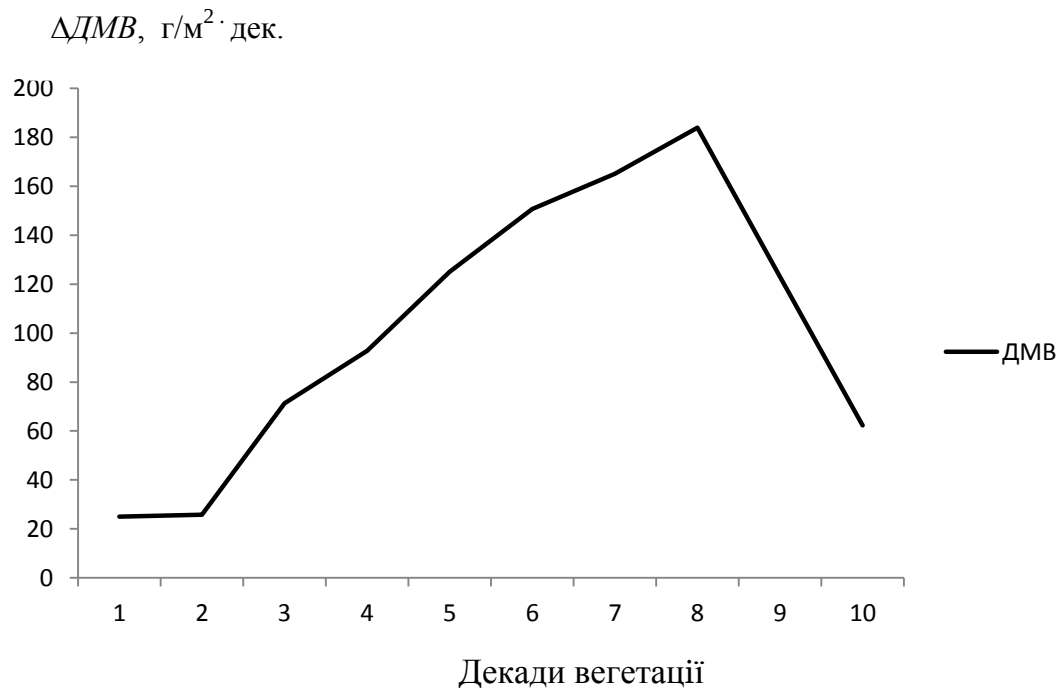


Рисунок 5.11 – Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2031 – 2050 рр.

зростання і складатиме $26 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ У наступних декадах величина $\Delta \text{ДМВ}$ починають інтенсивно зростати, досягаючи максимуму в восьмій декаді вегетації, і становитимуть $184 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ До кінця вегетації рівень сценарних приростів ДМВ різко знижується. В кінці вегетаційного періоду сценарні прирости ДМВ складатимуть $34 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід показників зволоження розвитку ярого ячменю за умов зміни клімату представлено на рис. 5.12. Сумарне випаровування (E_{ϕ}) посіву на початку вегетації складає 17 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси протягом 3- 10 декади вегетації і коливається від 18 до 35 мм. В десяту декаду вегетації сценарне сумарне випаровування досягає максимуму і складатиме 35 мм.

Ставлення сумарного випаровування до випаровуваності (E / E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Розгляд сценарної динаміки ставлення E / E_0 показує (рис. 5.12), що спочатку вегетації ярого ячменю вона знаходиться на позначці 0,73 відн.од.

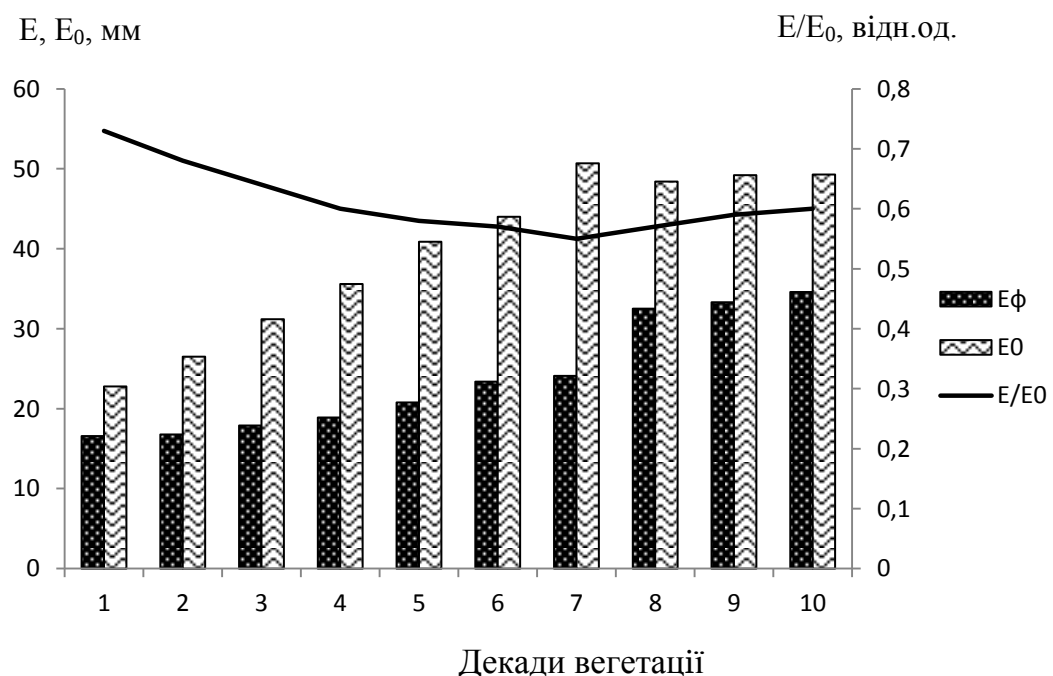


Рисунок 5.12 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Дніпропетровській області за період 2031 – 2050 рр.

Поступово знижуючись до сьомої декади набуває мінімального сценарного значення яке складало 0,55 відн.од. В послідуючих декадах йде незначне зростання сценарної вологозабезпеченості посівів і становить 0,60 відн. од. до кінця вегетації.

Багатьма дослідниками визнається, що кращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов території стосовно до сільськогосподарським культурам є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков запропонував використовувати врожайність як важливий агрокліматичний показник. Їм спільно з В.А.Смірновой і Т.А. Никифоровою виконано агрокліматичне районування території колишнього СРСР в дрібному масштабі по врожайності 11-ти зернових і зернобобових культур. Встановлена пряма залежність врожаїв ряду культур від показників зволоження і зворотна - від температури повітря і її сум.

Однак без залучення повної інформації про умови навколишнього середовища і, в першу чергу, від тепло- та вологозабезпеченості культурних рослин неможливо дати конкретних рекомендацій щодо раціонального використання агрокліматичних ресурсів у тому чи іншому регіоні з метою отримання стабільних урожаїв високої якості. У цьому зв'язку заслуговують на увагу підходи щодо кількісної оцінки впливу агрокліматичних умов на продуктивність сільськогосподарських культур.

На підставі виконаних розрахунків нами була зроблена оцінка узагальнених характеристики агрокліматичних умов вирощування та продуктивності ярого ячменю за період 1990 - 2010 рр., за період 2011-2030 рр. та за період 2031-2050 рр. (табл. 5.1).

Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку ярого ячменю характеризує співвідношення ММУ і ПУ. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМВ і ММВ. Ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) ярого ячменю за період вегетації за період 1990-2010 рр. становить 0,737 відн.од., за сценарні періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. – 0,708 відн.од.

Таблиця 5.1 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності ярого ячменю у Дніпропетровській області

№	Загальні показники за період вегетації	Кліматичні періоди		
		1990-2010	2011-2030	2031-2050
1	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од. (СВУ)	0,737	0,708	0,708
2	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.(С ₀)	0,620	0,620	0,620
3	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од. (С _d)	0,230	0,263	0,282
4	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од.(С _a)	0,312	0,372	0,398
5	ПУ, г/м ²	2290	2498	2335
6	ММУ, г/м ²	1688	1769	1652
7	ДМУ, г/м ²	1047	1067	1024
8	ПУ зерна, ц/га	47,7	50,0	46,7

Співвідношення УВ і ММУ дає можливість оцінити ефективність використання агрокліматичних ресурсів (С₀). В обидва кліматичні періоди не зміниться оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів ярого ячменю і складатиме 0,620 відн.од.

Відношення УВ до ПУ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу (С_d) ярого ячменю.

Описуючи оцінку рівня реалізації агроекологічного потенціалу (С_d) для ярого ячменю, з табл. 5.1 бачимо, що найбільш високий рівень С_d>0,282 відн. од. у другому сценарному періоді. У першому сценарному періоді рівень С_d знижується до 0,263 відн.од. Рівень реалізації агроекологічного потенціалу в базовий період становить 0,230.

При реальних ґрунтових умовах співвідношення УВ та ДМВ можна розглядати як показник досконалої агротехнології.

Переходячи до опису оцінки культури землеробства (C_a) для ярого ячменю, з табл. 5.1 бачимо, що у другому сценарному періоді найбільший рівень C_a складатиме 0,398 відн.од. Знижується рівень C_a (0,372 відн.од.) у першому сценарному періоді. В базовий період C_a становила 0,312 відн.од.

Значення приростів потенційного врожаю ярого ячменю за період 1990-2010 рр. становить 2290 г/м^2 , за період 2011-2030 рр. – 2498 г/м^2 та за період 2031-2050 рр.. становить 2335 г/м^2 (табл. 5.1).

Як видно з табл. 5.1, розподіл приростів ММВ по території відрізняється від розподілу ПУ і найбільше значення його (1769 г/м^2) спостерігається в першому сценарному періоді, зменшуючись до 1688 г/м^2 у базовий період. Найменше значення приросту ММВ спостерігається в період 2031 – 2050рр. і становитиме 1652 г/м^2 .

Переходячи до опису приростів ДМВ ярого ячменю в центральних областях України можна відзначити, що найбільше значення ДМВ спостерігається в першому сценарному періоді. Значення ДВУ тут складатиме 1067 г/м^2 .

Нижче значення приросту ДМВ спостерігається у другому сценарному періоді і становитиме 1024 г/м^2 , що менше на 23 г/м^2 від базового періоду.

Описуючи розподіл виробничих врожаїв в центральних областях України можна відзначити, що врожаї характеризується меншим розмаїттям. Значення виробничих врожаїв по території коливаються від 46,7 до 50,0 ц/га. Найбільш високий виробничий врожай спостерігається в перший сценарний період і складатиме 50,0 ц/га.

Можна зробити такий висновок, що на підставі виконаних розрахунків оцінки агрокліматичних умов вирощування та продуктивності ярого ячменю впродовж вегетації ми бачимо, що найсприятливіші умови, для отримання високих врожаїв складаються в період 2011-2030 рр.

5.2 Динаміка урожаю ярого ячменю в Дніпропетровській області

На процес формування урожаю впливає безліч чинників. Основними з них є приплив сонячної радіації, волога, тепло, ґрунтова родючість, рівень агротехніки, сортові особливості рослин, фотосинтетичний потенціал посіву (Колосков, 1971; Чірков, 1988; Сиротенко і ін., 1995). Пізнання специфіки дії цих чинників, вибір найбільш істотних з них, кількісне вираження і опис їх зв'язку з урожаєм - все це зробить успішним і практично значимим аналіз складних процесів, що протікають в агроценозах.

Значний розрив між потенційним і фактичним урожаєм викликаний в значній мірі відхиленням динаміки факторів зовнішнього середовища від оптимальних для продуктивного процесу фітоценозу умов протягом вегетаційного періоду. Прагнення до узгодження потреб рослин з умовами зовнішнього середовища є основним екологічним принципом підвищення продуктивності.

Форма тренда та його параметри визначаються в результаті підбору найкращої функції з числа відомих. При правильному виборі тренда, відхилення від нього будуть носити випадковий характер. Основна ідея методу гармонійних вагів у тому, що в результаті зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізнім надається більша вага.

Урожайність ярого ячменю по Дніпропетровській області за досліджуваній період коливалася від 15,0 до 36,6 ц/га. Динаміка урожайності представлена на рис. 5.13, де лінія тренду вказує на тенденцію до зниження урожайності ярого ячменю по області.

Амплітуда коливань урожайності ячменю протягом досліджуваного періоду складає в середньому 9 – 10 ц/га, а подекуди вона збільшується і досягає 15-20 ц/га. Це підкреслює роль погодних умов на формування урожайності ярого ячменю, навіть за високого рівня культури землеробства.

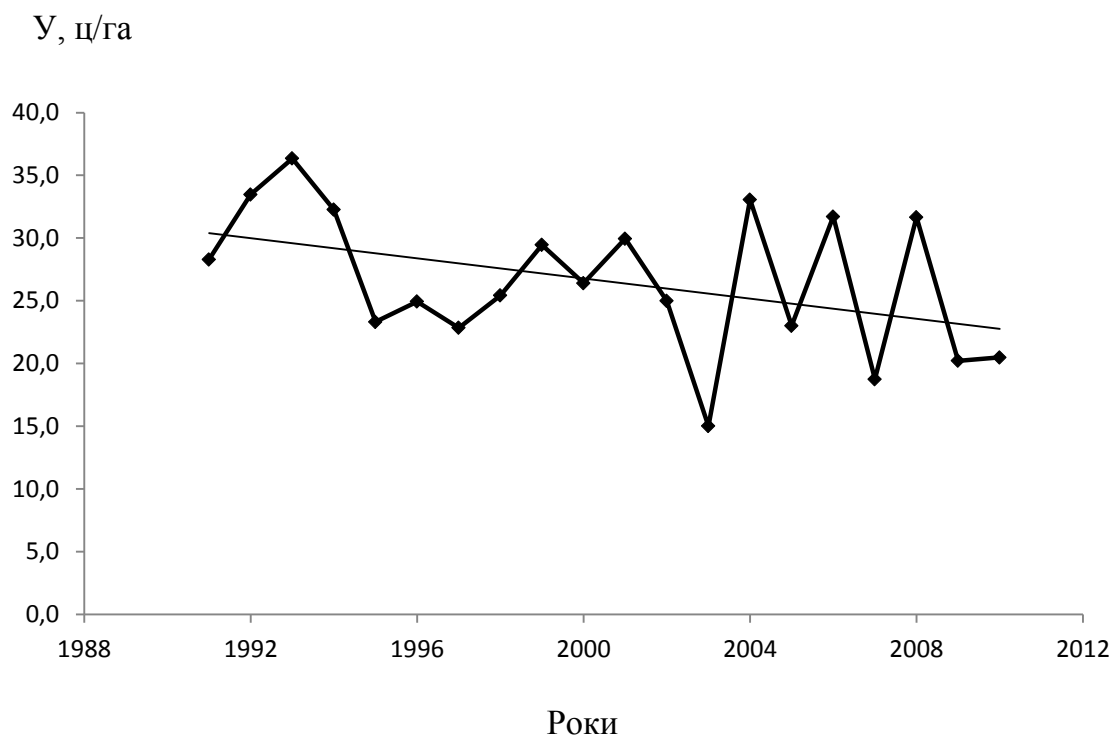


Рисунок 5.13 – Дінаміка урожайності ярого ячменю та лінія тренда у Дніпропетровській області

Роки з несприятливими агрометеорологічними умовами зростання ярого ячменю займають 20 % всіх випадків урожайності. В ці роки урожайність змінювалась від 15,0 до 20,0 ц/га.

Таким чином, можна зробити наступний висновок, що незважаючи на поліпшення культури землеробства, залежність врожайності ярого ячменю від агрометеорологічних умов у всі роки є значимою. Це вказує на необхідність більш детального вивчення впливу агрометеорологічних показників на формування урожаю ярого ячменю.

ВИСНОВКИ

На основі обробки матеріалу спостережень по Дніпропетровській області можна зробити такі висновки:

1. Вивчені біологічні особливості ярого ячменю та її вимоги до умов навколишнього середовища;

3. Досліджена технологія вирощування ярого ячменю;

4. Для ґрунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області адаптована та модифікована модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування урожаю сільськогосподарських культур, що застосовуються до культури ярого ячменю:

- визначені параметри моделі та функції впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю;
- визначено вплив агрокліматичних умов на динаміку формування приростів різних рівнів агроекологічної урожайності;

5. Оцінена подекадна динаміка показників приростів агроекологічних категорій урожайності під впливом радіаційного, теплового та водного режимів для Дніпропетровської області.

Встановлені відмінності в оптимальні значеннях суми ФАР, температури повітря та характеристик зволоження для різних агрокліматичних районів.

6. Виконана оцінка агроекологічних категорій урожайності всієї сухої маси та урожаю зерна ярого ячменю. Так, по Дніпропетровській області ПУ сухої маси ярого ячменю коливається від 2290 – 2498 г/м²; метеорологічно можливий урожай від 1652 – 1769 г / м²; дійсно можливий урожай від 1024 – 1067 г / м².. Урожай зерна ярого ячменю в виробництві коливається від 46,7 – 50,0 ц/га

7. Для ярого ячменю дана комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів області. Так, в Дніпропетровській області оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів становить 0,620 відн.од., рівень господарського

використання метеорологічних та ґрунтових умов знаходиться в межах від 0,312 до 0,398 відн.од., ступінь сприятливості кліматичних умов складає від 0,708 до 0,737 відн.од., рівень реалізації агроєкологічних ресурсів коливається від 0,230 до 0,282 відн.од.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абашина Е.В. Метод азотного питания растений в динамических моделях, предназначенных для оценки агрометусловий формирования урожая яровых зерновых культур. // Труды ИЭМ, 1979. Вып. 13 (91). С. 101 – 119.
2. Абашина Е.В., Просвиркина А.Г., Сиротенко О.Д. Упрощенная динамическая модель формирования урожая ярового ячменя // Труды ИЭМ. 1977. Вып. 8 (67). С. 54 – 68.
3. Адаменко Т.І., Прохоренко О.Т. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській област (1986 – 2005 рр). Дніпропетровськ. 2011. 231 с.
4. Адаменко Т.І., Кульбіда М.І., Прокопенко А.Л. Агрокліматичний довідник по території України. Кам'янець-Подільський: Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
5. Алпатьев А.М. Влагодоборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
6. Антоненко В. С., Гойса Н. И. Ростовые функции вегетативного и репродуктивного периодов развития озимой пшеницы // Труды УкрНИГМИ, 1986. Вып. 208. С. 49–66.
7. Антропогенные изменения климата // под ред. М.И. Будыко. Ю.А. Израэля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 405 с.
8. Барсукова О.А. Агроклиматические ресурсы продуктивности ярового ячменя в Украине //Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Одесса – 2004. – С 285.
9. Барсукова О.А., Гриценко А.В., Пономаренко Ю.В. Агроклиматическая оценка условий тепло- и влагообеспеченности кукурузы на ст. Помошная Кировоградская область // Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції «Функціонування АПК на засадах раціонального природокористування» 26 травня 2017 року, м. Полтава, с. 89-90.

- 10.Барсукова О.А., Гриценко Г.В. Моделювання процесу формування потенційного врожаю посівів озимої пшениці в Вінницькій області //Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ, 6-15 квітня 2016 р. Одеса. ТЕС. 2016. С.34-36.
- 11.Барсукова О.А., Гриценко Г.В. Моделювання процесу формування потенційного врожаю посівів цукрового буряку в Хмельницькій області //Студентська наукова конференція ОДЕКУ, 5-13 квітня, 2017р., м. Одеса.
- 12.Батталов Ф.З. Сельскохозяйственная продуктивность климата для яровых зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
- 13.Богданова Т.Ф. Зависимость урожая ярового ячменя от влагообеспеченности в Степных районах. Труды ГМЦ, 1968, вып. 14.
- 14.Борисоник З.Б. Яровой ячмень. М.: Колос, 1974. С. 255.
- 15.Вавилов П.П., Грищенко В.В., Кузнецов В.С. Растениеводство. М.: "Колос", 1979. С. 396 – 410.
- 16.Волошук В.М., Скрипник М.П. Глобальний парниковий ефект і кліматичні умови України. //Вісник АН України. 1993. №3. С. 38-44.
- 17.Галямин Е.П., Милютин Н.Н., Сиптиц С.О. Математическое моделирование процессов формирования урожая. В кн.: Вопросы управления комплексом факторов жизни растений. 1978. С. 51 – 65.
- 18.Гармашов В.Н., Семиванов А.Н. Влияние метеорологических факторов на урожайность ярового ячменя /Метеорология и гидрология. 1981. вып. 7.
- 19.Гриценко Г. Барсукова О.А. Оцінка агрометеорологічних умов розвитку і формування врожаю ярого ячменю в Дніпропетровській області // Тези доповідей III міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення», 21-23 березня 2018 р. Одеса. 2018. с. 25-27.

- 20.Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов // Метеорология и гидрология. 1971. №5. С. 84 –91.
- 21.Дмитренко В.П. Современное направление исследований и методологические аспекты проблемы урожайности (модели типа погода – урожай) //Труды УкрНИГМИ, 1978. Вып. 164. С. 33 – 48.
- 22.Желтая Н.Н. О связи областной урожайности ярового ячменя с основными метеорологическими элементами в различных зонах ЕТС //Труды ГМУ, 1973. Вып. 3. С . 21 – 30.
- 23.Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Ярий ячмінь. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. С. 183-210.
- 24.Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України./За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса . Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.
- 25.Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 138 с.
- 26.Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 212 с.
- 27.Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
- 28.Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине //Метеорология, климатология и гидрология. Одесса: 2001. Вып. 43. С. 128 – 135.
- 29.Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса. «ТЕС», 2012. 612с.
- 30.Растениеводство. Изд. 3-е, перера. под ред.проф. В.Н.Степанова и проф. В.И.Лукьянюка. М., «Колос», 1970.
- 31.Росс Ю. К. Система уравнений для количественного роста растений //В кн.: Фитоактинометрические исследования растительного покрова. Таллин: Валгус, 1967. С.64–88.

- 32.Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 226 с.
- 33.Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.
- 34.Nakicenovic, N. et al., (2000) IPCC Special Report on Emissions Scenarios. (Cambridge, UK), 599 pp.
- 35.Vellinga, P. et al., (2008) Exploring high-end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands: an international scientific assessment. (KNMI, Wageningen, the Netherlands).
- 36.BARLEY Growth&Development(http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/516180/Procrop-barley-growth-and-development.pdf).
- 37.<http://agrodelo.com.ua/tehnika/tehnologija-viroshhuvannja-jachmenju-jarogov.html>
- 38.Марков І. Л. Хвороби ячменю та методи їх контролю. Агроном. 2008. № 4. С. 162–179.