

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

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Дослідження впливу змін клімату на продуктивність ярого
ячменю в Західному Лісостепу України»

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-2а
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,
(шифр і назва)
Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)
Стойнов Іван Георгійович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

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

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

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

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

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

Стойнову Івану Георгійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження впливу змін клімату на продуктивність ярого ячменю в Західному Лісостепу України
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 Матеріали середньобагаторічних метеорологічних, агрометеорологічних та фенологічних спостережень за яровим ячменем мережі агрометстанцій Західного Лісостепу. Метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 і RCP8. Математична модель формування продуктивності ярого ячменю
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості Західного Лісостепу; вивчити біологічні особливості ярого ячменю; ознайомитися з методикою динамічної моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур; оцінити агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю в Західному Лісостепу 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 Західному Лісостепу за базовий період 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.	88	4(добре)
3	Вивчення алгоритму динамічної моделі продуктивності сільськогосподарських культур, проведення розрахунків	9.11.2018 р. - 18.11.2018 р.	88	4(відмінно)
4	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	88	5(відмінно)
5	Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць. Аналіз отриманих результатів, написання основного тексту роботи	25.11.2018 р. - 10.12.2018 р.	88	4(добре)
6	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.	88	4(добре)
7	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		88	4(добре)

Студент _____ Стойнов І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Стойнов І. Г. Дослідження впливу змін клімату на продуктивність ярого ячменю в Західному Лісостепу України.

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 в Західному Лісостепу:

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;

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

Предмет дослідження - оцінка впливу агрокліматичних умов на урожайність ярого ячменю в Західному Лісостепу.

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 в Західному Лісостепу.

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

Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 100 сторінок, 14 рисунків, 1 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 35 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: погодні умови, ярий ячмінь, технологія, урожай, вирощування, базова модель, агрокліматичні умови.

SUMMARY

Stoinov I.G. Investigation of the impact of climate change on the productivity of spring barley in the Western Forest-steppe of Ukraine.

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 study is to evaluate the impact of climate change on agro-climatic resources in relation to the conditions of the formation of spring barley productivity in the Western Forest-steppe.

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

- To provide a quantitative estimation of the influence of agrometeorological conditions on the rate of development of plants and the formation of stalwart;
- adapt and modify the model of agro-climatic resources evaluation 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 agroecological yield;

Object of research - agroclimatic conditions of the formation of productivity 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 the Western Forest-steppe.

Methods of research - methods of mathematical modeling of plant propagation process, statistical and probabilistic methods.

For the first time: consistent patterns of the impact of climate change on agro-climatic conditions of the growth of spring barley and its productivity in the Western Forest-steppe are established.

The obtained results can be used in the complex assessment of agro-climatic resources in relation to the growth of spring barley and optimization of the placement of the crop area of this crop.

The work consists of an introduction, 5 chapters, conclusions and a list of references. Full work volume is 100 pages, 14 figures, 1 tables. List of references contains 35 titles.

KEY WORDS: weather conditions, spring barley, technology, crop, cultivation, base model, agroclimatic conditions.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ.....	10
2 ВИМОГА ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ДО ОСНОВНИХ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ.....	18
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	35
3.1 Попередники.....	35
3.2 Підготовка ґрунту.....	36
3.3 Норми добрив та система удобрення.....	38
3.4 Сівба. Підготовка насіння.....	39
3.5 Строки й способи сівби, глибина загортання насіння.....	40
3.6 Догляд за посівами ярого ячменю	41
3.7 Збирання ярого ячменю й зберігання врожаю.....	42
4. СТРУКТУРА АГРОКЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	44
4.1 Сучасний стан моделювання формування врожаю зернових культур	44
4.2 Концепція моделювання впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю	49
4.3 Блок вхідної інформації моделі	51
4.4 Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою	52
4.5 Блок розрахунку метеорологічний можливої врожайності та формування стебел	57
4.6 Блок узагальнених оціночних характеристик	65
4.7 Ідентифікація параметрів моделі агрокліматичної моделі продуктивності ярого ячменю та перевірка її адекватності....	67

5 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЙОГО ПОСІВІВ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ	77
ВИСНОВКИ	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98

ВСТУП

Вирішення світової продовольчої проблеми в XXI ст. є найважливішою, стратегічною задачею нового століття, воно є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Сьогодні, за даними ФАО, хронічно голодують близько 800 млн. людей, тобто кожний п'ятий житель країн, що розвиваються. Це в 1,5 рази більше, ніж все населення Європи. В той же час навряд чи ця оцінка об'єктивно показує реальне число голодуючих, оскільки базується на підрахунку кількості калорій, що приходиться на одну людину.

Загострення світової продовольчої проблеми обумовлено головним чином більш високими темпами збільшення населення в порівнянні з темпами зростання виробництва продовольства і різким скороченням таких основних ресурсів, як орно-придатні землі, запаси прісної води, джерела енергії, необхідні для виробництва сільськогосподарської продукції [16].

Зменшення розмірів орних земель, недоступність для багатьох держав таких елементів індустріальних технологій, як хімізація, іригація, комплексна механізація, призводять до стабілізації і навіть зниження виробництва життєво важливих сільськогосподарських продуктів. Особливо складним є становище із зерном. Головний продукт сільського господарства забезпечує не тільки продовольчі потреби людини, але і кормову базу тваринництва. Розрахунки показують, якщо в 1950 – 1990 рр. світове виробництво зерна щорічно збільшувалося більше ніж на 2%, то в 1990 – 1999 рр. досягає ледве на 1 %. При цьому темпи росту населення світу в останнє десятиріччя перевищують 1,6%.

В той же час площа земель, зайнятих зерновими культурами (на душу населення), з середини і до кінця XX ст. скоротилася з 0,24 до 0,12 га. За розрахунками, до 2050 р. вона зменшиться до 0,08 га на людину.

Дбайливе використання земельних угідь залишається найважливішим чинником вирішення продовольчої проблеми. Процеси скорочення ріллі і особливо площ, зайнятих зерновими культурами, з розрахунку на душу населення, зумовили необхідність широкого використання індустриальних технологій і в землеробстві, і в тваринництві.

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті.

В цих умовах важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково-обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволяє найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання кількості та якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Ячмінь, втім, як і жито, і пшениця - це древня зернова культура. Цей злак використовують як страхову культуру для пересівання озимини. Завдяки своїй скороспілості і посухостійкості в Україні посіви цієї культурної рослини знаходяться всюди. Для збільшення врожайності цієї культури необхідно освоїти енергозбереженні технології, які базуються на суворому дотриманні усіх правил вирощування цієї культури.

Ячмінь - найважливіша продовольча, кормова і технічна культура. З його зерен виготовляють борошно, перлову і ячну крупу, сурогат кави. Для хлібопечення ячмінне борошно малоприсадне, при необхідності її домішують до пшеничного або житнього борошна (20...25 %). Ячмінне зерно – відмінна сировина для пивоварної промисловості; особливо цінними для приготування пивного солоду вважаються дворядні сорти [3, 4].

Зерно ячменю широко застосовують в якості концентрованого корму (у 1 кг міститься 1,27 корм. од. і 100 г перетравного білку) для тварин. Високий вміст в зерні ячменю особливих речовин сприяє пригніченню розвитку

бактерій, що сприятливо позначається на здоров'ї тварин. Ячмінна солома по поживності перевершує житню і пшеничну; у запареному виді її добре поїдають тварини. У південних районах ячмінь іноді вирощують на зелений корм і сіно в сумішах з викою, горохом, чиною і іншими бобовими культурами

Для того, щоб рослина добре сходила, росла і давала високий урожай необхідно забезпечити його основним харчуванням з моменту проростання насіння. Як показала практика, практично неможливо компенсувати нестачу правильного харчування в пізніші періоди зростання. Також слід сказати, що несприятливі умови періоду вегетації значно знижують продуктивність культури.

У генотипі ячменю закладена висока продуктивність. Проте для реалізації цієї продуктивності і генетичного потенціалу, необхідно додатково додавати ячменю фізіологічно активних речовин, сприяючих протистоянню несприятливим діям довкілля. Вегетаційний період ячменю складає приблизно 70-100 днів. Він досить добре може переносити посуху, а за наявності сприятливих умов кущиться, дає хороший урожай. Для отримання високої врожайності ячменю важливо не запізнюватися з посівом, оскільки це може понизити врожайності майже на 30%%. Ячмінь погано переносить кислі ґрунти.

У область використовує найбільш стійкі і урожайні сорти залежно від клімату, вологості і ін.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи було вивчення впливу агрометеорологічних умов на темпи розвитку формування продуктивності ярого ячменю, оцінки агрокліматичних ресурсів Західного Лісостепу стосовно до обробітку цієї культури.

Для виконання магістерської кваліфікаційної роботи використовувались матеріали спостережень за період з 1990 по 2010 роки за врожайністю ярого ячменю, фенологічні та метеорологічні спостереження по території Західного Лісостепу та дані за сценарієм MPI-M-REMO зміни клімату.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ

Лісостепова зона - це основна житниця України. Багатогалузеве сільське господарство вимагає від його працівників - землеробів, агрономів, фермерів - глибокого знання природних зв'язків, що існують між кліматичними особливостями зони, її ґрунтами і природною рослинністю. У надрах зони заховані значні поклади нафти і природного газу, тих паливних ресурсів, яких Україна не вистачає державі. Геологам і робітникам гірничодобувних галузей слід пам'ятати, що можна знайти й освоїти родовища за соляними куполами, які розкидані по лісостепу Придніпровської низовини. У цій зоні багато туристичних ресурсів, які треба ретельно вивчати і залучати до рекреаційно-туристичної діяльності спеціалістів у галузі туризму. Отже, практичне значення знань про лісостепову зону дуже широке й актуальне.

Лісостепова зона простягається від Передкарпаття до західних відрогів Середньоросійської височини майже на 1100 км. Вона займає 34% території України. Проходить її південна межа на північ від Великої Михайлівни, Ширяєвого, через Первомайськ, Кіровограда, поблизу Новоукраїнки, Олександрії, вздовж р. Ворскла до Кобеляків, через Балаклею, Красноград, вздовж р. Оскіл до кордону з Росією.

Перемежуються лісові ландшафти у лісостеповій зоні на опідзолених ґрунтах з лучно-степовими на типових чорноземах. Найбільше поширення мають широколисто-лісові ландшафти, які в минулому займали великі площі на височинах. Лучні різнотравно-злакові степові ландшафти знаходяться тепер під сільськогосподарськими угіддями [1].

Різноманітність ландшафтів залежить від контрастів рельєфу, складу покривних порід, історії розвитку території. Тут знаходяться Волинська, Придніпровська низовина, Подільська та Придніпровська височини, західні відроги Середньоросійської височини. Всі вони дуже розчленовані.

Коливання висот місцевості зумовлюють властиву для Лісостепу вертикальну зміну ландшафтів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Фізико-географічне положення Лісостепової зони України

Сонячної радіації за рік зона дістає понад 4190 МДж/м², а річний радіаційний баланс становить 1800—1850 МДж/м². Середні температури липня на північному заході становлять +18°C, на півдні +22°C; січня -5...-8°C, найнижчі температури зареєстровано на сході -36°C.

Тривалість періоду з середньодобовими температурами від +5 до +15°C становить на заході 100 –110 днів, на лівобережжі Дніпра – 80 – 90 днів. Триває безморозний період на заході 190 – 180, на сході – 160 –150 днів. Річна сума опадів на заході зони 550 – 750, на сході – 450 мм, а випаровуваність відповідно 550 і 750 мм. Найбільше опадів (65 – 75%) буває влітку. Коефіцієнт зволоження (відношення суми опадів до випаровуваності) змінюється від 2,8 (Львів), 2,0 (Хмельницький) до 1,4—1,2 на півдні. Співвідношення тепла і вологи в лісостеповій зоні сприятливе для

виросування різноманітних сільськогосподарських культур. Внаслідок чергування вологих і посушливих років спостерігаються нестійкість зволоження, зростання посушливості в східному напрямі.

Перетинають Лісостепову зону річки басейнів Дніпра, Сіверського Дінця, Південного і Західного Бугу, Дністра. Весняний стік річок досягає 42 – 60 % річного. Переважають снігове та дощове живлення, частка підземних вод незначна (до 10 %) [1, 2].

Поширеними ґрунтами в Лісостепу є мало- і середньогумусні типові чорноземи, опідзолені чорноземи і темно-сірі ґрунти, сірі та ясно-сірі лісові ґрунти. Трапляються на терасах Дніпра солонцюваті ґрунти, солонці та солончаки, в річкових долинах — лучні, дернові та болотні ґрунти.

Сформувались на вододільних поверхнях центральної і південної частин Придніпровської височини чорноземи, на лівобережній терасовій низовинній рівнині. Типові малогумусні чорноземи мають потужність до 130 см, вміст гумусу становить 4—5%. Опідзолені чорноземи і темно-сірі ґрунти сформувались на правобережжі Дніпра по краях типових чорноземів, на Придніпровській низовині — на розчленованих правобережжях приток Дніпра; вони містять 3—6% гумусу. Сірі і світло-сірі лісові ґрунти розвинуті на Волинській і Подільській височинах, вершинних поверхнях Придніпровської височини, вздовж берегів річок Псла, Ворскли та ін. На давніх терасах, у широких зниженнях сформувались лучно-чорноземні ґрунти, в заплавах річок — лучні, дернові та болотні ґрунти. Однак загальна заболоченість зони незначна — 1,6%.

Рослинність природна представлена залишками остепнених луків і степів, дубових і дубово-грабових масивів, а на Лівобережжі — дубово-кленових лісів. Первісних степів і лісів збереглося мало. Сучасна середня лісистість становить 12,5%.

Найпоширеніший з дерев дуб (43% лісопокритої площі). Крім того, є граб, бук, вільха, сосна, береза. Великі площі зайняті дібровами з багатоярусною структурою: деревний ярус складають дуб звичайний, граб

звичайний, в'яз, липа серцелиста, груша звичайна. В чагарниковому ярусі ростуть берест, клен бородавчатий і європейський, шипшина тощо; у трав'яному – копитень, папороть, осока та ін. Лучні степи і остепнені луки збереглись у заповіднику Михайлівська Цілина. Болотна і лучна рослинність поширена переважно в долинах річок. Розораність лісостепової зони становить 75 – 85%. У фауні представлені як лісові, так і степові види тварин.

В Лісостепу сформувались різні типи ландшафтів в умовах оптимального співвідношення тепла і вологи: 1) широколисто-лісові з сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами; 2) лісостепові з опідзоленими чорноземами; 3) лукоstepові з типовими чорноземами, лучно-чорноземними ґрунтами, суцільно перетвореними в сільськогосподарські угіддя. Для улоговин, річкових долин характерні мішано-лісові та болотні ландшафти, площі яких порівняно невеликі. Ландшафти сформувались у Лісостепу на лесових породах, що легко розмиваються дощовими та сніговими водами. Тому там, на схилах височин та крутих берегах річок, багато ярів і балок, які займають 12 – 15% території. Типове для лісостепових ландшафтів чергування розчленованих схилових природних комплексів, орних земель та лісових масивів зумовлює помітні контрасти їх тепло- і вологозабезпеченості. Для низовинних ландшафтів характерні процеси соленакопичення і заболочування. Заболочуються ландшафти в смузі впливу Канівського та Кременчуцького водосховищ. На плоских вододільних і терасових рівнинах проявляються сліди давніх просадкових процесів. На загальному лісостеповому зональному фоні виділяються північно- та південнолісостепові ландшафти [1].

Оскільки одним з основних несприятливих для господарства природних процесів у Лісостепу є ерозія, для збереження продуктивності сільськогосподарських ландшафтів необхідне регулювання поверхневого стоку, запровадження протиерозійних лісомеліоративних заходів, особливої агротехніки. У лісостеповій зоні зосереджено багато об'єктів і територій природно-заповідного фонду, зокрема Канівський заповідник.

За особливостями поширення ландшафтів лісостепова зона України поділяється на чотири провінції: Західноукраїнську, Дністровсько-Дніпровську, Лівобережно-Дніпровську, Середньоросійську.

Займає західноукраїнська лісостепова провінція західну частину лісостепової зони. Охоплює Волинську, значну частину Подільської височини, Мале Полісся, частину Розточчя, Опілля і Хотинську височину.

Мале Полісся – територія, що розташована між Волинською і Подільською височинами; Розточчя – горбисте пасмо на кордоні нашої країни з Польщею; Опілля – територія західної частини Подільської височини (опіллями з часів Київської Русі називають безлісі або малолісисті території з родючими ґрунтами в межах лісової зони). Західноукраїнська лісостепова провінція розташована в Львівській, Тернопільській, Рівненській, Волинській областях. Вона простягається від Передкарпаття і західних кордонів України на схід, де на поверхню виходять кристалічні породи Українського щита. Вона є найбільш підвищеною провінцією лісостепової зони, її поверхня розчленована притоками річок Дністра, Південного Бугу, Прип'яті. Іноді річкові долини заглиблюються на 50 – 120 м. А долина Дністра і його притоків – це справжні каньйони з крутими урвищами, в яких оголюються палеозойські і мезозойські відклади. В центральній частині провінції підносяться вапнякові скелясті пасма, відомі під назвою Товтри, або Медобори. Серед провінцій лісостепової зони Західноукраїнська є найбільш зволоженою. В середньому за рік тут буває 600 – 620 мм опадів. Середня температура січня $-4,5^{\circ}\text{C}$, літо помірно тепле, вегетаційний період триває 200 – 212 днів. У минулому великі площі займали широколисто-лісові ландшафти. За особливостями поширення сучасних ландшафтів Західноукраїнська провінція поділяється на такі фізико-географічні області: Волинську височинну, Мале Полісся, Ростоцько-Опільську горбогірну, Західноподільську височинну, Середньо-подільську височинну, Прут-Дністровську височинну.

Характерне для Волинської височинної області переважання опільських рівнинно-горбистих ландшафтів, для Малого Полісся – лісостепових природних комплексів. Ще донедавна Мале Полісся відносили до зони мішаних хвойно-широколистих лісів. Ростоцько-Опільська горбогірна область має контрастні ландшафти: розчленовані лісостепові, лісові горбогірні, поліські мішано-лісові. Характеризується Західноподільська височинна область поширенням вододільних, останцево-горбистих і яружно-балкових ландшафтів. Середньоподільська височинна область виділяється ландшафтами горбогірними (Кременецький кряж), вододільними рівнинними, хвилястими, яружно-балковими природними комплексами. Для Прут-Дністровської височинної області властиві складні поєднання рівнинно-хвилястих і горбисто-пасмових ландшафтів з переважно яружно-балковими природними комплексами, поширенням дубово-букових лісів, розвиток карстових процесів [1].

На схід від Західноукраїнської знаходиться Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція. Вона займає центральну частину лісостепової зони в межах Придніпровської височин і Подільської, що приурочені до Українського щита. Розташована в межах Житомирської, Київської, Черкаської, Кіровоградської, Вінницької, Хмельницької і Одеської областей. Висота поверхні в середньому становить 200 – 300 м. Клімат помірно континентальний. За рік у середньому випадає від 400 до 550 мм опадів. У ґрунтовому покриві переважають сірі лісові ґрунти, поширені також темно-сірі опідзолені і чорноземні опідзолені. Переважаючим типом природної рослинності є широколисті дубові ліси з домішками граба, клена, липи та ін.

Поділяється за поширенням сучасних ландшафтів Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція на такі фізико-географічні області: Північнопридніпровську, Київську підвищену, Придністровсько-східноподільську, Середньобузьку, Центральнопридніпровську, Південноподільську височинну, Південнопридніпровську височинну. (Знайдіть їх на схемі фізико-географічного районування.)

Північнопридніпровська і Київська підвищена області лежать на півночі провінції. Для них характерні ландшафти лесових рівнин з типовими і опідзоленими чорноземами, сірими лісовими ґрунтами, острівними дубовими і грабово-дубовими лісами [1].

Південноподільська і Південнопридніпровська височинні області – це південна частина провінції. Тут переважають південнолісостепові ландшафти з типовими чорноземами, мало-і середньогумусними ґрунтами, що здебільшого розорані.

Придністровсько-східноподільська, Середньобузька,
Центральнопридніпровська височинні області займають середню, найбільш підвищену частину провінції, де значні площі в минулому були зайняті широколисто-лісовими ландшафтами.

Західною межею Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції є р. Дніпро, а східною – відроги Середньоросійської височини. Територія провінції розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини, вивпненої потужною товщею осадових порід. Поверхня рівнинна, з абсолютними відмітками від 120 до 140 – 150 м. У рельєфі виділяються Придніпровська низовина і Полтавська рівнина. Порівняно з лісостеповим Правобережжям кліматичні умови Лівобережно-Дніпровської провінції є більш континентальними. Річні суми опадів змінюються від 550 на півночі до 430 мм на півдні провінції. Поширені чорноземні та лучно-чорноземні ґрунти. В рослинному покриві переважають сосново-дубові і дубові ліси, в долинах річок — лучна і болотна рослинність. Завдяки неглибокому заляганню засолених ґрунтових вод трапляються солонцюваті ґрунти з солончаковою рослинністю. У межах Лівобережно-Дніпровської провінції виділяють такі фізико-географічні області: Північодніпровську, Південнодніпровську, Північополтавську, Східнополтавську.
Північодніпровська і Південнодніпровська області займають терасову низовинну рівнину сходу провінції, де переважають лучно-степові ландшафти. Тут поширені також терасові опільські, борові і заплавні

місцевості. Для Північнополтавської і Східнополтавської височинних областей характерні малорозчленовані лучно-степові межиріччя з чорноземами мало- і середньогумусними, яружно-балкові і заплавні місцевості, западини з болотами і солончаками.

У межах Середньоросійської провінції виділяють дві фізико-географічні області: Сумську і Харківську схилово-височинні. У них переважають пологово-хвилясті розчленовані лісостепові межиріччя і схили з чорноземами типовими малогуумусними на півночі і середньогумусними на півдні, масивами дубових і дубово-липових лісів, різноманітними проявами ерозії.

Займає Середньоросійська лісостепова провінція крайню східну частину лісостепоної зони України, охоплюючи відроги Середньоросійської височини. Поверхня провінції дуже розчленована і горбиста, з висотами 180 – 185 м. У долинах річок відслонюються крейдянні породи. Кліматичні умови суворіші, ніж в інших лісостепових провінціях. Середні температури січня - 5...-8°C, липня +19... +20°C. Середні річні суми опадів 450 – 500 мм. Поширені сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені. Переважають дубові та липово-дубові насадження. Основні напрями природокористування – сільськогосподарський, гірничодобувний та рекреаційний.

Лісостепова зона – регіон інтенсивного промислового виробництва і сільськогосподарського, великих територіально-виробничих комплексів, переважно літніх видів оздоровчої і пізнавальної рекреації. Для запобігання дальшого руйнування ландшафтів необхідно чітко регулювати господарське використання земель, вживати природоохоронних лісомеліоративних заходів, ґрунтозахисну технологію землеробства, регулювати водний режим і стік. Природні лісостепові ландшафти зберігаються в Канівському і Ростоцькому заповідниках, філіалі Українського степового заповідника Михайлівська Цілина [1].

2 ВИМОГА ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ДО ОСНОВНИХ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Продуктивність ярого ячменю, як і інші сільськогосподарські культури, визначається в основному біологічними особливостями культури, агротехнікою обробітку і тим, природно-кліматичні ресурси району обробітку відповідають вимогам в окремі періоди розвитку.

Ярий ячмінь - найбільш скоростигла і пластична культура з великою різноманітністю форм. Обробляють яровий ячмінь на всій території нашої країни. Також обробляють в Білорусії, на північному Кавказі, Латвії та інших країнах [4, 5].

Таке широке поширення культури пов'язано з гарною пристосованістю до різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Ячмінь невибагливий вимогливістю до температур; окремі сорти миряться з малою кількістю тепла за вегетаційний період, що й обумовлює широке поширення культури. Температура проростання насіння 1 - 2° тепла, що дозволяє висівати культуру в ранні терміни, однак слід враховувати і температуру ґрунту, при якій доцільно сіяти ячмінь 4 - 5° тепла. Господарський оптимум температури повітря, в період появи сходів 6 – 12 °С [3].

Проти заморозків ячмінь належить до найбільш стійким культурам. Сходи можуть переносити заморозки до 7°, а при 8 - 9° морозу (температура дана на рівні рослини) спостерігається початок ушкодження і часткова загибель, загибель більшості рослин відбувається при 8 - 10°. У період цвітіння і дозрівання (молочна стиглість) рослини чутливі до зниження температури. Так, рослини пошкоджуються при -1, -2° під час цвітіння і гинуть при -2°; а в дозрівання частково гинуть при -2°, -4° і більшість рослин гине -4 °С.

Залежно від групи стиглості, тривалість періоду вегетації ярого ячменю від 60 до 100 днів, потреба в сумах активних (вище 10 °С) температур 800 - 1600, посухостійкість - середня, фотоперіод тривалий [4].

За даними Шіголева А.А. біологічний мінімум ярого ячменю дорівнює 5 °С. Сходи з'являються при накопиченні сум ефективних температур повітря 67°С. Від виходу в трубку до колосіння - 330° С; від колосіння до воскової стиглості – 490 °С [6].

При швидкому наростанні температур навесні, погіршується умови кушіння і формування зародкового колоса. Якщо в період сівби температура повітря була 6-12°С спостерігаються найбільші врожаї. Період сівба - сходи більш тривалі при невисокій температурі.

Істотний вплив роблять погодні умови на продуктивність ярого ячменю в період формування вегетативних органів. У цей час відбувається вкорінення рослин, утворення додаткових пагонів і закладка репродуктивних органів. Оптимальними умовами в період формування вегетативних органів є температура повітря 12 - 16°С і достатніми запасами доступної вологи у ґрунті в шарі 0-20 см (20 - 30 мм і більше).

Рівень Середньостійка температур позначається на швидкості настання фаз розвитку ячменю. Чим вища температура, тим менше тривалості фаз, і навпаки. Для ячменю досить сприятливі зниження температури під час формування та наливу зерна. Це сприяє подовженню періоду накопичення сухих речовин і підвищенню крупності зерна. Небезпечними для рослини ярого ячменю є високі температури, які в поєднанні з недоліком вологи, особливо в період формування зерна, викликають зниження продуктивності рослин [5].

Також вважається небезпечною високі температури в поєднанні з сильними вітрами і низькою відносною вологістю. Таке поєднання елементів погоди негативно впливає на появи сходів і на врожай.

При формуванні генеративних органів і цвітіння оптимум температур повітря 16 - 20° С, а запаси вологи в метровому шарі ґрунту 121 - 175 мм.

У період фази цвітіння - воскової стиглості оптимальні запаси продуктивної вали в шарі ґрунту 0-100 см 60 - 80 мм, а більше 125 мм - надлишкові, можливо полягання посівів. А оптимальна температура в період плодоношення 16 - 22^oC.

У сухі і посушливі роки несприятливі температури більш 20^oC в період вегетації ярого ячменю, у вологі роки менше 6^oC в період посів - кушіння і менш 12^oC в наступні періоди розвитку.

Ярий ячмінь вважався одним з найбільш посухостійких серед хлібів першої групи. Транспіраційний коефіцієнт його близько 400. Ярий ячмінь зазвичай дає більш високі врожаї у посушливих районах, ніж яра пшениця.

Однією з основних умов отримання високих врожаїв ячменю є достатнє і безперебійне постачання вологою протягом усього вегетаційного періоду. Також і опади в передпосівний період роблять значний вплив на врожайність ячменю. Якщо кількість опадів за осінньо-зимово-весняний період не перевищують 70 мм, то урожай, як правило, виходить низький. Якщо сума опадів за цей період 150 - 175 мм, то забезпечується максимальний урожай.

Для набухання зерна ячменю достатньо 50% води від ваги зерна. Чим швидше вони проростають, тим вищий у них енергія проростання і сила росту [5].

Ярий ячмінь дуже вимогливий до зволоження ґрунту в період стебло утворення і колосіння. Серед хлібних злаків ячмінь вважається найбільш посухостійкою культурою.

М.С. Кулик, вважає, що сума випавших опадів 40 - 60 мм в червні - липні забезпечує нормальний ріст і розвитку культури. Надмірне зволоження в період колосіння - воскова стиглість сприяє перезволоженню, розвитку грибкових захворювань, вилягання посівів [7].

Більшість випадків вилягання посівів, як показує Пасечнюк А.Д., відзначається в період колосіння - воскова стиглість. У цей час і навантаження на підставу стебла наближається до критичної. Під дією вітру

та дощу це навантаження істотно наростає і в таких випадках відбувається вилягання [8].

Великі врожаї ярого ячменю одержують при вологозабезпеченості за період вегетації (посів - воскова стиглість) рівний 80 - 90%, в неврожайні роки вологозабезпеченість за період вегетації не перевищує 30 - 40%.

За дослідженнями Когана Ф.Н., для формування врожаю ярого ячменю, опади відіграють важливу роль, як в зоні недостатнього, так і достатнього зволоження, причому найбільшу вагу мають опади першої половини періоду початок кушення - колосіння.

Селіванов А.Н. і Горманом В.Н., на основі багаторічних дослідів показали, що для формування високого врожаю ярого ячменю мають не осінні - зимові опади і запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту до початку сівби, а весняно-літні опади перш за все, що випадають в період кушення - вихід в трубку, що найчастіше припадає на травень. При цьому достатніми є хороші запаси в шарі 0-50 см і особливо в орному шарі ґрунту, де розміщена значна частина кореневої системи ярого ячменю [11].

Високі врожаї ярого ячменю одержують при вологозабезпеченості за період вегетації (сходи - воскова стиглість) рівною 80-90%. Зв'язок врожаю ярого ячменю з вологозабезпеченістю розглянута Богданової Т.Ф. [5]. Її висновок у тому, що існують тісні залежності між урожаєм і вологозабезпеченістю за період посів - копирсання і за весь вегетаційний період. Обидві залежності можна використовувати в прогностичних цілях.

На основі своїх розробок вона стверджує, що для ярого ячменю важливіше опади від сівби до колосіння, ніж після колосіння. Причина - деякі біологічні особливості культури.

Жовта М.М. так само виконала величезну роботу з виявлення зв'язку врожайності ярого ячменю з тривалістю сонячного сяйва. Слід підкреслити суперечливість, яку надають на врожайність тривалість сонячного сяйва: в першу половину вегетації її вплив позитивне, під час колосіння - початок кушення - такій же мірі негативне, протягом же всього періоду колосіння -

воскова стиглість слабо негативне, а в цілому за вегетаційний період залишається позитивним. Це необхідно враховувати [28] при оцінці агрометеорологічних умов формування врожаю.

В першу половину вегетації дефіцит вологості повітря не надає вплив на врожай. Істотне негативний вплив, дефіцит вологості повітря надає в період колосіння - воскова стиглість. Високий дефіцит вологості повітря, особливо при низьких запасах вологи в ґрунті, призводить до збільшення череззерниці і пустошості [4].

С.А. Веріго [32] встановлено, що максимальні врожаї зернових культур спостерігаються в роки, коли в період виходу в трубку - цвітіння запаси вологи в метровому шарі ґрунту (середні за цей період) становили 100 – 125 мм. Якщо вони знижувалися до 50 - 75 мм, то врожаї становили 70%, а при 25 - 50 мм - всього 46% від максимальних врожаїв.

Ярий ячмінь відноситься до культур, які добре пристосовуються до будь-яких видів ґрунтів. Для нього краще родючі структурні ґрунти з глибоким орним горизонтом. На супіщаних і піщаних ґрунтах він розвивається погано. Малоприсадибні для нього також кислі торф'яні ґрунти. Ярий ячмінь добре розвивається при рН 6,8 - 7,5. На засолених ґрунтах також не вдається отримати високі врожаї [7].

При оцінці агрокліматичних умов зростання і формування продуктивності ярого ячменю в Західному Лісостепу необхідно враховувати вимоги його до основних факторів зовнішнього середовища.

До родючості ґрунту ячмінь досить вимоглива культура. Порівняно висока вимогливість ячменю до родючості ґрунту впливає з його біологічних особливостей. У ячменю в порівнянні з іншими хлібними злаками значно слабше розвинута коренева система [4].

При створенні середовища забезпечуються високі врожаї ячменю, найбільш повно відповідає вимогам рослин протягом всього періоду вегетації.

Стислі терміни поглинання елементів мінеральної їжі в початковій фазі розвитку і відносно слабка засвоювана здатність коренів ячменю зумовлюють високу вимогливість його до ґрунтової родючості. В нечорноземній зоні найбільш придатні для ячменю суглинні ґрунти середньої зв'язності, в південних районах країни чорноземи. Непридатні для ячменю кислі, торф'яністи ґрунти. Такі ґрунти можуть бути використані під посів ячменю лише після вапнування.

На піщаних і супіщаних ґрунтах погано росте ячмінь. Такі ґрунти зазвичай мало містять засвоюваних поживних речовин. Тільки при внесенні достатньої кількості органічних і мінеральних добрив такі ґрунти можна при необхідності відводити під посів ячменю. Легкі маловлагодомкі ґрунти зовсім непридатні для ячменю.

Найважливішою умовою отримання високих врожаїв ячменю є забезпечення молодих рослин достатньою кількістю легкодоступною їжі, що досягається розміщенням його посівів на більш придатних для нього ґрунтах по кращих попередниках і з застосуванням добрив.

На азотні, фосфорні та калійні добрива ячмінь добре відгукується. Зі збільшенням забезпеченості рослин азотом поліпшується розвиток вегетативної маси, підвищується кущистість, збільшується площа листової поверхні рослин, вміст хлорофілу в листі, зростає белковість зерна [13].

Фосфор впливає на метаболічну активність тканин рослин, на активність синтетичних процесів. Наявність фосфору сприяє інтенсивному росту коренів, накопиченню вуглеводів, використанню нітратного азоту і синтезу білків. Під впливом фосфору прискорюється дозрівання ячменю. При достатній кількості фосфору в клітинах збільшується вміст зв'язаної води, що позитивно позначається на посухостійкості рослин.

Фосфор входить до складу нуклеопротейдів, високий вміст яких властиво меристематическим тканинам рослин; багато фосфору необхідно для розвитку квіток у колосках. За участю фосфору (поряд з іншими елементами) пов'язані процеси формування генеративних органів. Тому в насінні

міститься набагато більше фосфору, ніж в інших органах рослини. В результаті застосування фосфорних добрив збільшується екстрактивність ячменю [3].

З робіт Пауера і ін. (1963); Фоллет і Райхман (1972) відомо, що при підвищенні вмісту фосфору, доступного рослинам, помітно збільшується температурний оптимум для росту ячменю.

Калій має важливе значення для нормального розвитку рослин, в яких він міститься переважно в рухомого (іонної) формі. Як одновалентних елемент, він підвищує гідрофільність протоплазми і збільшує її водоутримуючу здатність. Це створює сприятливі умови для проходження в клітці синтетичних процесів. Калій сприяє зміцненню стебла, робить його більш стійким проти вилягання і ураження грибковими хворобами, сприятливо впливає на синтез білків та інших полімерних сполук (крохмалю та ін.). Тому при забезпеченості ячменю калієм на тлі достатнього азотного харчування підвищується вміст білка в рослинах.

Калій позитивно впливає на інтенсивність синтезу хлорофілу і підвищує асиміляційну активність листя, а також активує процеси переміщення асимілянтів з листя в репродуктивні органи. Виявлено, що калійні добрива підвищують вміст крохмалю в зерні ячменю і прискорюють його дозрівання.

Усі зазначені елементи живлення необхідні для ячменю, нестача одного з них або неправильне їх співвідношення веде до зниження продуктивності рослин. Дуже важливе значення має наявність азоту і фосфору в рослинах ячменю при відповідному співвідношенні їх у період диференціації колоса і запліднення квіток.

Починають поглинатися рослинами з перших днів вегетації елементи мінерального живлення, і до часу закінчення росту стебла накопичується майже все необхідне кількість азоту, фосфору і калію. Для підвищення ефективності добрив вносити їх необхідно у вологий шар ґрунту, де розвиваються активно діючі коріння. При внесенні добрив в орний шар під

оранку рослини використовують поживні речовини протягом всієї вегетації, а при внесенні в рядки - на початку вегетації.

Численними дослідженнями встановлено, що застосування добрив забезпечує підвищення врожаю ячменю в усіх районах його обробітку. Ячмінь добре реагує на органічні добрива. Крім того, дія цих добрив проявляється не тільки в перший рік, але й у наступні. Для більш ефективного використання добрив ячменем необхідно правильно поєднувати в сівозміні органічні і мінеральні їх форми [7].

Серед ярих колосових ячмінь найбільш скоростигла культура. Як рослина довгого дня, він для свого розвитку потребує порівняно тривалого освітлення. Навіть невелике затінення при сприятливих поєднуваннях інших факторів зменшує листову поверхню рослини, затримує настання фенологічних фаз. В результаті цього довжина вегетаційного періоду може коливатися від 72 днів на півночі до 120 днів на півдні [5].

Ячмінь уражається багатьма хворобами. Найбільш поширені смугаста і сітчаста плямистість, іржа, кореневі гнилі, борошниста роса, ринхоспоріоз та ін.

Борошниста роса - білий наліт на різних частинах рослин. Розвивається і поширюється протягом усього вегетаційного періоду, але найбільш інтенсивно у фазі кушіння - виходу в трубку. Завдає великої шкоди озимому і ярому ячменю при ранньому ураженні, коли інфекція може поширитися навіть на верхні листки. Оптимальні умови для розвитку хвороби - температура 12-20°C і відносна вологість повітря 70-100%. Більшість фунгіцидів захищають рослини від ураження, особливо при використанні їх з профілактичною метою на початку поширення борошнистої роси.

Тверда сажка (*Ustilago hordei* K.) проявляється під час виходу колоса. Всі частини колоса, крім остюків, перетворюються в чорно-буру масу теліоспор, що склеєні у тверді грудки, для руйнування яких потрібні зусилля, в зв'язку з цим цю сажку часто називають кам'яною. Заспорилене зерно є

джерелом інфекції. Сучасні препарати для протруювання повністю захищають від цієї хвороби.

Летюча сажка пошкоджує всі елементи колоса. Зазвичай проявляється під час колосіння. Безформна чорна спорова порошковидна маса утворюється замість зерна. Збудник передається в період цвітіння повітряними течіями і зберігається в насінні. Своєчасно протруїти насіння дуже важливо.

Лінійна іржа або стеблова уражує стебло, колоскові луски, листки. Спочатку утворюються продовгуваті іржасті подушечки, що пізніше зливаються у видовжені лінії. Щупле зерно формується при сильному ураженні, а недобір урожаю сягає 50-60%.

Карликова іржа. Проявляється на яром у ячмені зазвичай на початку молочної чи навіть воскової стиглості зерна, а на озимому ячмені сильніше розвивається на сходах. На листках утворюються дрібні, хаотично розміщені світло-жовті уредопустули. Менш шкідлива карликова іржа порівняно з іншими видами. Зниження врожаю спостерігається в межах 3-7 %.

Темно-бура плямистість, темно-бурий гельмінтоспоріоз (*Drechslera sorokiniana* Subram, *Bipolaris sorokiniana* Shoem, *Helminthosporium sativum* P.) в останні роки, поряд з борошнистою росою, найчастіше уражує посіви ярого ячменю. Бурі сітчасті плями появляються на листках, які на пізніших фазах розвитку можуть охопити всю поверхню листкової пластинки. Може уражатися колос - колоскові луски буріють, зародковий кінець насінини чорніє або коричневіє. Крім надземних органів можливий негативний вплив на кореневу систему. Корінці темніють і загнивають, що призводить до пожовтіння і випадання рослин. Патоген темно-бурої плямистості одночасно є збудником кореневої гнилі. Втрати врожаю деколи досягають 30-40 %.

Жовта іржа розвивається переважно на озимому ячмені при вологій і холодній погоді на початку літа. Симптоми ураження проявляються у вигляді блідо-жовтих смуг. Гриб зимує на посівах озимих, а навесні уражує ярий ячмінь. Уражені листки зменшують інтенсивність фотосинтезу, жовтіють і

опадають, внаслідок чого формується щупле зерно. При сильному розвитку хвороби недобір урожаю досягає 15-20% і більше.

Сітчаста плямистість, сітчастий гельмінтоспоріоз. У рослин жовтіють кінчики листків, потім з'являються бурі плями з блідо-жовтою облямівкою, а також з поздовжніми і поперечними смугами, які утворюють сітчастий малюнок. Плями не зливаються. У зв'язку з тим, що значна кількість інфекції гельмінтоспоріозів зберігається на стерні, необхідно дотримуватись чергування культур у сівозміні. Посіви ячменю (особливо насінневі) необхідно розміщувати на відстані не менше 1 км від полів, де ця культура росла минулого року [9].

Кореневі гнилі - захворювання комплексне, що спричинюється, як і на пшениці, групою грибних патогенів (гельмінтоспоріоз, офіобольоз, фузаріоз, церкоспорельоз). Характерні ознаки хвороби - побуріння та гниль коріння, підземного міжвузля, основи стебла, плямистість листків, вузла кущіння, білостебелля і білоколосся, почорніння зародка насіння. Джерело інфекції фузаріозно - гельмінтоспоріозної кореневої гнилі - заражене насіння, рослинні рештки, ґрунт. На рослинних рештках офіобольоз і церкоспорельоз зберігається.

Смугаста плямистість, смугастий гельмінтоспоріоз. Вражає ячмінь від початку сходів до досягання. Проявляється на листках у вигляді блідо - рожевих плям, що зливаються пізніше в смуги жовто-коричневого та блідо - сірого кольору, які по всій довжині мають розриви. Особливо сильно проявляється плямистість в період цвітіння і наливу зерна. Хвороба менше розвивається при внесенні фосфорних і калійних добрив та сильно прогресує, коли система удобрення складається тільки з підживлень азотом. Втрати врожаю можуть сягати 30% [32].

Септоріоз дуже поширений у вологі роки. Проявляється хвороба на листках та колосі у вигляді хаотично розміщених коричнево-фіолетових плям. На плямах добре видно дрібні чорні цятки - пікніди гриба. Рослинні рештки – це джерело інфекції. Тому беззмінне вирощування зернових в

останні роки дуже сприяло поширенню цієї хвороби. Проблема ще й у відсутності ефективних фунгіцидів для запобігання септоріозу шляхом обприскування вегетуючих рослин. Від цієї хвороби потрібно захищати протруюванням насіння такими препаратами як байтан-універсал, вінцит, раксил та інші.

Фузаріоз колоса. У фазі колосіння та наливання зерна виникає це захворювання. Уражується колосові лусочки, колос, зерно. Рожевим стає колос, на лусочках з'являються блідо-рожеві або оранжево-червоні подушечки, які зливаються в суцільний наліт грибниці. Іноді червонуваті подушечки формуються і на зерні. Насіння набуває рожевого відтінку, стає щуплим.

У жарку суху погоду хвороба легко діагностується такими ознаками: уражені колосочки, частини колоса або весь колос біліють, а здорові органи зберігають зелене забарвлення. За вологої погоди на уражених частинах колоса з'являються дрібні чорні з синюватим відтінком крапки -- перитеції збудників хвороби.

Під час вегетації збудники поширюються за допомогою конідій. Сумкоспори дозрівають і викидаються із сумок у середині літа, викликаючи первинне зараження рослин. Сумчасте спороношення здебільшого формується на колосових лусочках у вигляді чорних крапок. На рослинних рештках у ґрунті окремі види патогенів здатні утворювати рожеві або темно-червоні склероції і хламідоспори.

Забруднюють зерно мікотоксинами збудники хвороби, роблячи його непридатним і навіть небезпечним для вживання у їжу або на корм тваринам. Коли в колосі формується щупле токсичне насіння тоді виявляється шкідливість хвороби. Зерно уражених рослин буває настільки легким, що під час обмолоту воно відвіюється. Уражене зерно або повністю втрачає схожість, або при його висіві у ґрунт формуються проростки з ознаками фузаріозної кореневої гнилі.

Застосовують протруювання проти хвороб (сажки, плямистості, кореневої гнилі тощо), джерелом інфекції яких є насіння. Хвороби (борошниста роса, офіобольоз, септоріоз, ринхоспоріоз) які поширюються через рослинні рештки, проводять обробіток ґрунту для знищення решток. Важливо дотримуватись чергування культур у сівоzmінах.

В період вегетації для боротьби з хворобами, що уражують рослини, посіви обприскують один-два рази фунгіцидами. Економічний поріг шкідливості для борошнистої роси, видів іржі, гельмінтоспоріозної плямистості становить понад 1% ураження рослин, для септоріозу - 5%. Обробку зазвичай розпочинають на самому початку розвитку хвороби.

До найефективніших методів захисту ярого ячменя від шкідників (шведська і гесенська муха, смугаста блоха, злакова попелиця, хлібна п'явиця, клоп - шкідлива черепашка та ін.) належать сівоzmіна, рання зяблева оранка, оптимальні строки сівби та норми висіву, підбір стійких сортів.

Шкідники зернових колосових культур

Шведська муха; ячмінна. Мають такі риси: зимують в стадії личинки або пупарія всередині пагонів озимих та диких злаків, заляльковуються навесні. Збігається час льоту мух із закінченням фази весняного кущення озимих — появою сходів ярих колосових. На квітках самки відкладають яйця або на колеоптиле, за піхви листків ярих колосових і кукурудзи після додаткового живлення. Через 5-10 днів виходять личинки. Виліт мух другої генерації збігається із фазою виколошування – цвітіння колосових .

Гесенська муха. Зимують личинки у пупаріях на сходах озимих, падалиці та диких злаках. Залялькування відбувається навесні, а виліт мух припадає на кінець кущення – першу половину виходу в трубку озимих культур. Одразу після вильоту муха відкладає яйця (плодючість – 50 - 500 яець) ланцюжком з верхнього боку листкової пластинки озимих та ярих культур. Друга генерація комах літає в період колосіння – формування зерна і заселяє переважно ярі колосові культури, третя генерація – розвивається на падалиці та диких злаках, четверта – на озимих і падалиці.

Хлібна жужелиця. Личинки цієї комахи та дорослі жуки різного віку перезимовують в ґрунті на глибині 20-40 см. Жуки також можуть перезимовувати. Живлення личинок навесні триває 5-7 тижнів. З'являтися жуки починають у період формування зерна озимої пшениці та інших зернових, а масово — у фазі молочної стиглості зернових культур. У жаркі посушливі роки хлібна жужелиця ховається в ґрунт на глибину 10-50 см, де перебуває у стані літньої діпаузи. У серпні в ґрунт на глибину 5 см відкладають яйця шкідники. Відродження личинок відбувається з кінця серпня до настання приморозків. Протягом літа розвивається одна генерація жужелиці.

Злакова попелиця звичайна. Протягом усього життя вони розмножуються на озимих і ярих злаках, життєвий цикл однодомний. Після того як яйця перезимують на листках сходів озимих, падалиці і дикорослих злаків, навесні з'являються личинки. Злакова попелиця розмножується партеногенетично, протягом вегетаційного періоду може розвиватися у 12 генераціях.

Велика злакова попелиця. Спосіб життя комахи такий самий, як і у попереднього виду, але на відміну від звичайної злакової попелиці, вона утворює колонії на колосі пшениці та інших злаків.

Черемхова попелиця. У попелиці цикл розвитку дводомний. Зимують яйця в основі бруньки на верхівці пагінців черемхи, іноді — на глоді, яблуні, груші та інших деревах, але в цьому випадку засновниці, що відроджуються весною, гинуть. Розвиток відбувається кількох весняних генерацій комахи на черемсі. Перелітають крилаті попелиці навесні на злакові культури, особливо пшеницю та кукурудзу, де утворюють густі колонії по всій рослині. Восени самки-носії статевої генерації знову мігрують на черемху, де відбувається статевий цикл розвитку, і відкладають яйця, що зимують.

Клоп шкідлива черепашка. Зимують дорослі клопи в лісах, лісосмугах під опалим листям та в підстилці. Масовий виліт з місць зимівлі відбувається при температурі вище плюс 18-19С, що збігається з фазою кущення або

виходу в трубку озимої пшениці, а ярої — з фазою 3-4 листків. Через один-два тижні самки відкладають яйця в два рядки на стебла і листя хлібних злаків, бур'янів, а також в інші місця. Тривалість розвитку личинок становить 20-50 днів, за цей період вони проходять п'ять віків. Масове закінчення розвитку цієї комахи за часом збігається з періодом фази молочної і початком воскової стиглості колосових культур.

Пшеничний трипс. Зимує личинка у поверхневому шарі ґрунту і на його поверхні під рослинними рештками. Навесні перетворюється в пронімфу, потім – на німфу. У фазу початку колосіння озимої пшениці з'являються дорослі трипси, які відкладають по 4-8 яєць спочатку за колосковими лусочками, а потім – зерном. У період воскової стиглості зерна личинки йдуть на зимівлю.

Хлібна смугаста блішка. Зимують жуки під опалим листям у лісах, лісосмугах, садах або у верхньому шарі ґрунту, з'являються на посівах зернових в квітні, де пошкоджують листя. Самки відкладають яйця в ґрунт на глибину не більше 3 см. Личинки живуть у ґрунті, живляться корінцями злаків і перегноем. Молоді жуки з'являються на початку липня, вони живляться на посівах кукурудзи та дикорослих злаках, після збирання врожаю відлітають у місця зимівлі. Комахи мають одну генерацію.

П'явиця: червоногруда (звичайна). Зимують жуки у ґрунті на глибині 3-5 см на полях, де вирощували зернові, та в лісосмугах. Навесні при температурі повітря понад плюс 9-10 °С (початок фази виходу озимих в трубку) комахи розлітаються переважно на крайові смуги ярих культур. Яйця відкладають ланцюгом на нижньому боці листків, через два тижні відроджуються личинки, які згодом вкриваються слизом. Розвиток личинок на озимій пшениці збігається з фазами прапорцевого листка і формування зерна, а на ячмені — від виходу рослин в трубку до початку воскової стиглості зерна. Шкідники заляльковуються у ґрунті, а через два тижні відроджуються молоді жуки. Ці комахи мають одну генерацію.

Хлібні жуки: — Жук-кузька; Жук-хрестоносець. Зимують личинки у ґрунті на глибині 35-40 см і більше. Залялькування відбувається наприкінці травня — початку червня у ґрунтових колисочках на глибині 10-15 см . Жуки після виходу з ґрунту заселяють посіви зернових колосових у фазі молочної та воскової стиглості зерна. Яйця самки відкладають у ґрунт на глибину 10-20 см, переважно на просапних культурах або на парах. Через 2-3 тижні виводяться личинки, які розвиваються протягом 22-25 місяців Цикл розвитку цих шкідників дворічний [31].

П'явица синя . Шкідник відрізняється від червоногрудої п'явиці дещо меншими розмірами (тіло жука 3,5-4 мм завдовжки), синім забарвленням. За особливостями розмноження п'явица синя подібна до червоногрудої.

Селекцію ярого ячменю в країнах СНД ведуть багато науково-дослідних установ, розташованих в різних кліматичних зонах. Це дозволило створити високопродуктивні сорти до конкретних умов, що володіють рядом цінних властивостей, районують більше 90 сортів ярого ячменю. Нижче приведена коротка характеристика сортів, які виведені і районують в Україні.

Визначення різновидностей 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).

Ячмінь Вакула. Цикл розвитку: ярий. Заявник СГІ. Різновидність - паллідум. Кущ прямостоячий, листки не опушені, проміжні, зелені. Колос шестирядний, середньої довжини (7 - 9 см), середньої щільності (на 4 см колосового стрижня 10 - 11 члеників), неламкий, слабо пониклий, прямокутної форми з переходом у ромбічну, солом'яно-жовтий. Остюки довгі – 14 - 18 см, злегка розлогі, тонкі, еластичні, слабо зазубрені, у верхній частині жовті, при обмолоті легко відділяються. Колоскова луска тоненька, ніжна, з рідкими волосками. Квіткова луска середньо зморшкувата, нервація добре виявлена, без зубчиків, перехід в остюк поступовий. Основна щетинка

зерна коротка, довго волосяна. Висота рослин 65 - 75 см. Зернівка видовжено-овальна, розмір 13x14 мм, жовта, вирівняна. Маса 1000 насінин 44 г. Середньостиглий, дозріває за 80 днів [4].

Високий врожай завжди гарантований, якщо з весни склалися умови для нормального розвитку вузлової кореневої системи і в ґрунті є достатньо поживних речовин. Сорт придатний для вирощування в умовах посухи і підвищеної кислотності ґрунтів. За даними заявника рекомендується висівати за 100-відсоткової господарської придатності 4,5-5 млн/га насінин. Сорт має групову стійкість до сажкових хвороб, борошнистої роси, гельмінтоспоріозу. На державних сортодослідних станціях отримали середній врожай 48,4 ц/га, що на 8,8 відсотки більше стандартів. Потенційна можливість сорту 105 ц/га. Рекомендований для вирощування по зонах Степу, Лісостепу та Полісся.

Ячмінь Південний. Сорт напівінтенсивного типу, пластичний. Цикл розвитку: ярий. Стійкий до весняних заморозків. Борошнистою росю, бурюю іржею, гельмінтоспоріозом уражується нижче стандартів. Виведений у Селекційно-генетичному інституті УААН методом схрещування. Форма куща прямостояча. Різновидність нутанс. Колосові луски середньої довжини, вузькі. Квіткові луски зморшкуваті, лінійно-ланцетні, тоненькі. Колос дворядний, злегка звужується до верхівки, середньої щільності (на 4 см колосового стрижня припадає 12 - 14 члеників), неламкий. Перехід квіткової луски в остюк поступовий. Основна щетинка довговолосиста. Середньостиглий, досягає за 76 - 84 дні. Солома середньої довжини (63 – 73 см), міцна. До вилягання та осипання стійкий. До посухи має підвищену стійкість Краще стандартів використовує осадки другої половини вегетації. За даними заявника, рекомендується висівати за 100 - відсоткової господарської придатності 4,5 - 5 млн/га насіння. Запізнення із сівбою на 5 - 10 днів призводить до недобору врожаю до 8 ц/га.

Цінний. Має відмінні круп'яні якості. Здатний в умовах степу забезпечувати врожай 53 - 64 ц/га. Білка має в зоні степу - 13,6 %, вихід

крупни - 44,4%, високу вирівняність зерна - 97,3 %. Рекомендує вирощувати даний сорт у зонах степу та лісостепу.

Ячмінь Джерело. Цикл розвитку: ярий. Сорт напівінтенсивного типу, пластичний, стійкий до осипання. Стійкий до ураження борошнистою россою, бурою іржею; гельмінтоспориозом уражується слабо. Виведений в інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Різновидність - медікум. Форма куща прямостояча. Колос дворядний, солом'яно-жовтий, нещільний (на 4 см колосового стрижня 10-11 члеників), довжина 6 - 9 см, слабо поникає, солом'яно-жовтого кольору, ромбічної форми. Остюки довгі (довші колоса в 1,5 рази), вгорі слабо зазубрені, зубчики розміщені з обох боків від основи до верху. Квіткові луски зморшкуваті, лінійно - ланцетні, тоненькі. Перехід квіткової луски в остюк поступовий, основна щетина довговолосиста. Зернівка еліптична, нижня частина трохи вкорочена і розширена, жовтого кольору, маса 1000 зерен – 43 – 49 г [5, 9].

Середньостиглий, вегетаційний період 70 - 85 днів. Солома середньої довжини (73 - 75 см), міцна, стійка до вилягання. За даними науково-дослідних установ, рекомендується висівати за 100 - відсоткової господарської придатності 4,5 - 5 млн./га насінин. Запізнення з сівбою на 5-10 днів, призводить до недобору врожаю 2,3 - 7,1 ц/га.

На державних сортовипробувальних станціях та дільницях за роки випробування отримали урожай 39,5 - 39,9 ц/га, що на 5,2 - 8,1 відсотка більше національних стандартів. Потенційна можливість сорту 90 ц/га.

Відноситься до сортів пивоварного призначення. Білка має 10,7 – 12,0 відсотків, плівчастість 8 - 10, екстрактивних речовин - 79, крохмалю 58 - 60 відсотків.

Держкомісія України рекомендує вирощувати даний сорт в зонах лісостепу і полісся.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

Ячмінь, як і озима пшениця та інші важливі зернові культури, відіграє провідну роль у вирішенні зернової проблеми України. За посівною площею і врожайністю він займає четверте місце серед зернових культур у світовому землеробстві після пшениці, кукурудзи та рису. Посівна площа ячменю на земній кулі становить майже 75 млн га. В Україні його висівають на площі близько 3 млн гектарів. У структурі посівних площ Лісостепу ярий ячмінь у середньому займає близько 10 %, а в окремі роки, коли доводиться пересівати озимі, - 12 і навіть 15%. У зв'язку з цим, досить актуальним є завдання з розробки нових і вдосконалення наявних технологій вирощування ярого ячменю в зоні Лісостепу України, які були б економічно та енергетично виправдані й забезпечували високі сталі врожаї високоякісного зерна [3-8].

3.1 Попередники

Для ячменю кращими попередниками є озима пшениця та просапні, тобто культури, які залишають поле досить чистим від бур'янів з достатньою кількістю в ґрунті легкодоступних рослинам поживних речовин. Важливо також, щоб під попередник ячменю було внесено мінеральні й органічні добрива, бо він добре реагує на їхню післядію. У Степовій зоні України кращими попередниками для ячменю є просапні, кукурудза, зернобобові та баштанні культури. Добрими попередниками у Лісостепу є кукурудза, цукрові буряки та інші просапні й зернобобові культури, під які вносили добрива. На Поліссі ячмінь висівають на родючіших ґрунтах після культур, під які теж вносили органічні та мінеральні добрива. Кращими попередниками є картопля, кукурудза, цукрові буряки, зернобобові культури.

Чергування культур з різними біологічними властивостями та неоднаковими потребами у зволоженні, освітленні й поживних речовинах є одним із найважливіших заходів боротьби з усіма бур'янами, що засмічують посіви. Відомо, що сільськогосподарські культури й технології їхнього вирощування по-різному впливають на бур'яни. Тому культури, чутливі до забур'янення, потрібно висівати після таких попередників, які найбільше пригнічують бур'яни або їхнє вирощування сприяє очищенню ґрунту від бур'янів. Зернобобові культури як попередники сприяють не тільки підвищенню врожаю ячменю, але й збільшують вміст білка на 1,5-2%. У дослідженнях Уманського СГІ урожайність ярого ячменю після цукрових буряків становила 33,2, після кукурудзи - 32,8 ц/га. Однак стійкішою вона була після кукурудзи, тоді як після буряків вона значною мірою залежала від погодних умов. У спеціалізованих зернових сівозмінах ярий ячмінь вирощують також і після озимої пшениці. Ця культура значно різниться за біологічними особливостями з переліченими вище попередниками, тож і на водно-поживний режим та фітосанітарний стан посівів впливає дещо по-іншому [30].

3.2 Підготовка ґрунту

Ячмінь потребує поліпшеного обробітку ґрунту: він має бути чистим від бур'янів, пухким. Залежно від попередника, складу ґрунтів і погодних умов, ґрунт готують по-різному. В разі висівання ярого ячменю після зернових та зернобобових культур система зяблевого обробітку ґрунту передбачає лушення стерні та оранку на зяб. Лушити стерню треба одночасно зі збиранням попередника. Якщо поле засмічене однорічними бур'янами, частіше обмежуються одним лушенням дисковими луцильниками (ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 6-8 см. За сильної забур'яненості через три-чотири тижні після першого здійснюють друге лушення на глибину 10-12

см луцильниками ЛДГ-20 або ЛДГ-10А. Після збирання кукурудзи поле лущать важкими дисковими боронами (БДГ-7А, БДГ-10) на глибину 12-14 см. На полях, засмічених гірчаком, пирієм, осотом, лущення проводять теж двічі: на площах, забур`янених кореневищними бур`янами (пирієм), дисковими боронами БДГ-7, БДГ-3 або луцильниками ЛДГ-10, ЛДГ-15, на глибину 10-12 см; на полях із коренепаростковими бур`янами (осот) перше лущення дисковими луцильниками проводять на глибину 6-8 см, а друге, через 15-20 днів, - лемішними луцильниками (ПЛН-10-25) на глибину 12-14 сантиметрів.

Після таких просапних культур, як картопля, цукрові буряки, зяблеву оранку проводять на глибину 20-22 см і часто без попереднього лущення; після кукурудзи - на глибину близько 30 см. У районах Степу України орати на зяб найкраще наприкінці вересня; в Лісостепу на полях, засмічених багаторічними бур`янами, - наприкінці вересня - на початку жовтня; однорічними - на початку серпня з подальшим напівпаровим обробітком поля; на Поліссі - через два-три тижні після своєчасного лущення.

Зяблеву оранку плугами з передплужниками після стерньових попередників здійснюють на глибину 20-22 см, а на полях, засмічених осотом, 25-27 см, гірчаком - до 30 сантиметрів [4, 5].

У районах недостатнього зволоження з можливістю вітрової ерозії застосовують безполицевий обробіток, особливо, якщо ячмінь висіяли після стерньових попередників або кукурудзи. Починають такий обробіток голчастою бороною БИГ-3 (а в разі сильного пересихання ґрунту, замість БИГ-3, застосовують дискове лущення), після чого площу обробляють культиватором КПЕ-3,8А на глибину 12-14 см. Восени такі поля обробляють плоскорізами-глибокорозпушувачами (КПГ-250. ПГ-3-5, ОПТ-3-5) на глибину 16-12 см на легких ґрунтах і з мілким орним шаром або на 27-30 см на ґрунтах з глибоким орним шаром [5, 25].

Весняний обробіток ґрунту під ячмінь на пухких ґрунтах потребує раннього дворазового боронування середніми або важкими боронами, на

важких ґрунтах - боронування (закриття вологи) й культивуації з одночасним боронуванням на глибину загортання насіння (6-8 см). Поля, чисті від післяжнивних решток, обробляють агрегатом з послідовно з'єднаних важких, середніх і легких борін. Починати обробіток ґрунту слід після настання його фізичної стиглості.

3.3 Норми добрив та система удобрення

Засвоєння кореневою системою ячменю поживних речовин ґрунту невисоке, тому він дуже добре реагує на внесення добрив. Удобрюючи посіви ячменю, треба врахувати його потреби в поживних речовинах на різних ґрунтах. Так, на підзолистих і сірих лісових ґрунтах, деградованих та опідзолених чорноземах, сіроземах і каштанових ґрунтах він особливо добре реагує на азотні та фосфорні добрива. Калій найефективніший на піщаних і осушених торфових ґрунтах, фосфор - на глибоких чорноземах.

Пивоварний ячмінь слід добре забезпечувати, насамперед, фосфорно-калійними добривами, завдяки яким зерно накопичує більше крохмалю, а продовольчий і кормовий – азотними [3].

Ячмінь позитивно реагує не тільки на безпосереднє внесення добрив, а й на їхню післядію. Тому за інтенсивного вирощування ячменю його посіви удобрюють мінеральними добривами, а органічні вносять під попередники. Норми мінеральних добрив найбільш доцільно розраховувати на запланованій врожайності або відповідно до зональних рекомендацій.

Висока врожайність ячменю забезпечується за використання мінеральних добрив з урахуванням післядії органічних добрив приблизно в таких нормах і поєднаннях: під час основного внесення на дерново-підзолистих супіщаних і суглинкових ґрунтах Полісся - $N_{60}P_{30}K_{45}$, лівобережного Центрального Лісостепу - $N_{45}P_{30}K_{30}$, на чорноземах Центрального й Північного Степу - $N_{45}P_{30}K_{30}$, на каштанових і

солончакуватих ґрунтах Південного Степу - $N_{45}P_{45}$. У разі висівання ячменю після неудобрених попередників норми мінеральних добрив збільшують на 25-30 відсотків.

Вносять під основний обробіток ґрунту фосфорні та калійні добрива, азотні - краще локально одночасно з передпосівною культивацією культиваторами-рослинопідживлювачами на глибину 10-12 сантиметрів. Вносять теж мінеральні добрива у рядки під час сівби ячменю: в Степу й Лісостепу - гранульований суперфосфат, з розрахунку 10-15 кг/га фосфору, на Поліссі - мінеральне добриво (по 10-15 кг азоту, фосфору й калію). З мікродобрив додають ті, що містять бор, мідь, марганець. На чорноземах ефективні марганцеві шлами, які вносять по 2-3 ц/га під зяблеву оранку, та марганізований гранульований суперфосфат - у рядки під час висіву ячменю в дозі близько 50 кг/га. Обов'язково вапнують кислі ґрунти, особливо в разі вирощування пивоварного ячменю (підвищуються маса 1000 зернин і вміст крохмалю в зерні). В період кушіння, у вологі роки, здійснюють азотне підживлення з розрахунку 20-30 кг/га азоту [4].

3.4 Сівба. Підготовка насіння

Високоякісне насіння формують з допомогою відповідних заходів під час післязбиральної його обробки:

- очищення насіння від мертвих і живих домішок та доведення за чистотою до вимог державного стандарту;
- сортування насіння - це виділення із загальної маси насіння повноцінних його частин певної величини та пружності.

Протруювання насіння - це обробка його хімічними препаратами для знищення бактерій, збудників хвороб, проти шкідників та грибних вірусів. Його здійснюють різними способами, але найпоширеніший метод -

протруєння та інкрустація насіння, тобто протруєння насіння з фіксуванням протруювачів на насінні з допомогою полімерних плівкоутворювачів [23].

3.5 Строки й способи сівби, глибина загорання насіння

У зоні нестійкого зволоження північної частини лівобережного Лісостепу, особливо в роки з екстремальними погодними умовами, значною мірою врожайність ячменю залежить від норм висіву. Вибір норми, незважаючи на уявну її простоту і вивченість, є достатньо складним питанням технології, до якого доводиться повертатися щорічно [6, 20].

Цю проблему слід вирішувати відповідно до цілої низки умов, що постійно змінюються: час досягання ґрунту, сорт, вологозабезпеченість, технологія тощо. Тому раз і назавжди визначеної норми висівання не може бути. Вона постійно змінюється. Можна вести мову тільки про орієнтовні норми висіву для різних зон.

Встановлюючи норму висівання, слід враховувати біологічну особливість ярого ячменю, формувати різну кількість пагонів кущіння, зниження енергії кущіння за збільшення кількості рослин на одиниці площі. Продуктивність колосу пагонів кущіння зменшується за надмірного або пізнього їхнього формування. Раніше твердили, що найпродуктивні рослини будуть із нормою висіву в межах 4-5 млн/га. В таких посівах зазвичай коефіцієнт кущіння становить 2-3. У поліській і лісостеповій зонах оптимальною нормою сівби вважають 4,5 млн/га, у передкарпатській і карпатській зонах вона зростає до 5 млн/га схожих насінин. За підвищених норм висіву (від 5 до 7 млн насінин на один гектар) умови світлового режиму в посівах помітно погіршуються. В зріджених посівах, навпаки, ростові процеси посилюються, але підвищення кущіння й продуктивності рослин не компенсує недостатньої щільності колосоносних стебел перед збиранням. Отже, тільки за оптимальних норм висівання створюються умови для

формування структури рослин, які забезпечують найвищу продуктивність посівів.

Основний спосіб сівби - звичайний рядковий з міжряддям 15 см.

В ранні строки треба сіяти ячмінь. Запізнення із сівбою на п'ять-сім днів призводить до зниження врожаю в умовах України на 4-6 ц/га, в посушливі роки - на 10-14 ц з гектара [4, 30].

За інтенсивного вирощування ячменю під час сівби створюють постійні технологічні колії, перекриваючи висівні апарати шостого-сьомого та 18 - 19 сошників у середній сівалці (СЗ-3,6, СЗП-3,6) трисівалкового агрегату. Під ярий ячмінь часто підсівають у сівозміні багаторічні трави: конюшину, люцерну, еспарцет. Якщо ячмінь сіють після кращих попередників, тоді застосовують меншу норму, ніж після гірших, а в разі запізнення з сівбою або висівання в сухий ґрунт - більшу. За вузькорядної сівби беруть на 0,5-1 млн схожих зернин більше, ніж у разі висіву звичайним рядковим способом. Норми висіву багаторічних трав, залежно від зони, становлять: конюшини - 14-20 кг/га, люцерни - від 10-12 до 18-20, еспарцету - від 60-80 до 100 кг/га. Слід висівати суміші зернотрав'яними сівалками СЗТ-3,6, СЗ-3,6А, які окремо висівають насіння ячменю й трав.

Глибина загортання насіння ячменю становить на важких глинистих ґрунтах 3-4, на легких - 5-6, у посушливих степових районах - 7-8; конюшини й люцерни - 2-3, еспарцету - 3-4 сантиметри [6, 11, 19].

3.6 Догляд за посівами ярого ячменю

У посушливу весну, якщо ячмінь сіють, то для підвищення польової схожості й дружного проростання насіння здійснюють післясходове коткування посівів кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6. У районах з достатньою кількістю вологи, особливо на важких запливних ґрунтах, де може утворюватися ґрунтова кірка, її руйнують ротаційними мотиками

МВН-2,8 або голчастими боронами БИГ-3А. Застосовують у період вегетації інтегровану систему захисту посівів від хвороб, шкідників та бур'янів. У разі виявлення на рослинах ознак борошнистої роси, іржі посіви у фазі кушіння обприскують з обприскувачів ОПШ-15-01, ОМ-320-2, ОВТ-2, ОВТ-1А.

3.7 Збирання ярого ячменю й зберігання врожаю

Передчасне збирання зменшує врожай зерна та його якість. Роздільний спосіб застосовують за стійкої сонячної погоди на забур'янених посівах у разі підгону й підсівання трав. У валки косять усередині і не пізніше кінця воскової стиглості, коли пожовтіє понад 80% колосся, а вологість зерна становитиме 30-38%. Підбирають валки не пізніше ніж через три-чотири дні, коли вологість зерна зменшується до 14-18 відсотків. Прямим комбайнуванням збирають низькорослі, зріджені посіви, чисті від бур'янів, без підгону, за настання повної стиглості зерна. Найкраще, якщо врожай буде зібрано за чотири-п'ять днів. На сьомий день після настання повної стиглості фізіологічний зв'язок зерна з рослиною припиняється, крохмаль переходить у розчинні форми вуглеводів і витрачається на дихання [9, 16].

Збирають ячмінь у фазі воскової стиглості зерна, поєднуючи роздільне збирання з прямим. Починають роботу, коли вологість зерна сягає 30-38%. Скошують ячмінь жатками ЖВП-6А, ЖВН-6А у валки завтовшки 12-18 см і завширшки близько 1,8 м за висоти зрізу середньо- і низькорослих сортів 15-20 см, високорослих - 25-30 сантиметрів. За такої висоти стерні валки швидше сохнуть. За двофазового збирання виляглого забур'яненого ячменю використовують бобові жатки ЖБА-3,5, бо під час роботи різальних агрегатів зернових жаток втрачається багато зерна. Роздільне збирання в зоні Лісостепу проводять протягом двох-чотирьох днів, після чого переходять на пряме комбайнування, яке починають за вологості зерна 15-18%. Для

прямого комбайнування залишають чисті, стійкі до осипання та зрідження, низькорослі посіви ячменю, які досягли повної стиглості.

Швидкість за прямого комбайнування становить 6-7, на обмолоті валків - 4,5-5 км/год. Втрати зерна під час збирання мають бути не більше 0,5 відсотка. Після збирання зерно старанно очищають, за потреби, пропускають через сушильні агрегати, доводять вологість до 14-15% і використовують за призначенням [5].

4 СТРУКТУРА АГРОКЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

4.1 Сучасний стан моделювання формування врожаю зернових культур

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт з моделювання продукційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики представляють длібноперіодні динамічні моделі формування врожаю. Моделювання дозволило узагальнити значну кількість даних, що відображають вплив факторів зовнішнього середовища на ряд найважливіших процесів життєдіяльності рослин, складна сукупність яких являє собою процес формування врожаю. Динамічні моделі продуктивності дозволяють відтворити ефект впливу агрометеорологічних умов на основні показники фотосинтетичної діяльності посівів і реально оцінити ступінь цього впливу. Такий підхід виявився особливо плідним. На цій основі відкрилася можливість приступити до створення методів оцінки агрометеорологічних умов зростання сільськогосподарських культур, прогнозування їх врожайності.

Значні розробки в Україні по створенню методів оцінки агрометеорологічних умов і прогнозуванню врожайності сільськогосподарських культур виконані в рамках створеного В.П. Дмитренко [10, 15] напрямлення на основі запропонованої ним моделі врожайності сільськогосподарських культур. У роботах В.С. Антоненко [11], В.С. Антоненко і Н. І. Гойса запропонована параметрозаційна модель формування врожаю озимої пшениці в Україні в період весняно-літньої вегетації, в пізнішій роботі В.С. Антоненко [11] запропонована динамічна модель зростання, розвитку та формування продуктивності озимої пшениці, яка описує весь життєвий цикл культури, «від насіння до насіння».

Детальна модель енерго- і масообміну в системі рослина - атмосфера і продуктивності посіву SPAM наведена в роботах Стюарта і Лемона, Аллена та ін. У цій моделі листя також розділені на класи по освітленості, фотосинтез листа враховується формулою Шартъє. Вперше врахована залежність устьчного опору від радіації. Детально враховані турбулентність, режим CO₂ посіву та опір прикордонного шару листа r_a . Модель добре сполучати з результатами експериментів на посіві кукурудзи, з її допомогою проведено велику кількість чисельних експериментів для визначення денного ходу фотосинтезу і з'ясування ролі радіації.

У цю модель введений фонд асимілянтів, і зростання розглядається як незалежний процес. Більш детально дихання, розподіл асимілянтів, концентрація фонду вуглеводів і зростання розглянуті в моделях Торнлі. Їм вперше включений в модель фонд азоту як регулятор росту. У перші комплексні длінно періоді динамічні моделі були представлені в роботах. У цих моделях вперше введений водний потенціал листа ψ_L як фактор, що регулює устячний опір, причому ψ_L сам визначається емпірично через водний потенціал ґрунту. Враховано темнове дихання по окремим органам. Динаміка фонду асимілянтів управляє зростанням органів в денний і нічний час. Для моделювання росту введено біологічний час, яке виражається через температурні суми. Модель зіставлена з експериментами на посіві кукурудзи.

Для зернових культур найбільш повно розроблена Галямін та ін. модель ярої пшениці [12]. Фотосинтез листя, стебел і класів розглядається в моделі як функція ФАР, температури повітря і вологості ґрунту. Для розрахунку динаміки біомаси окремих органів рослин і опису процесу формування асиміляційної поверхні запропонована відповідна система рівнянь. Розподіл асимілянтів - напівемпіричної з урахуванням зміни співвідношення надземної і підземної біомаси залежно від особливостей мінерального живлення. Проведено чисельні експерименти при різних рівнях мінерального живлення і зволоження ґрунту.

Дещо в іншому плані побудована модель ярої пшениці розроблена в Нідерландах. Розраховується потенційна денна продуктивність всієї рослини на одиницю площі поверхні ґрунту в залежності від загальної потенційної продуктивності (у стандартних умовах) з урахуванням опорів листкової поверхні парам води і CO_2 в реальних умовах. Потім розраховується накопичення сухої біомаси на підставі даних про продуктивність при оптимальному водопостачанні і співвідношення фактичної і потенційної евапотранспірації. Модель представляє інтерес для оптимізації зв'язків між щільністю рослин в посіві, водопостачанням і продуктивністю і районах зрошуваного землеробства.

У моделях для розрахунку приросту біомаси ярого ячменю (СНД) використано балансове рівняння; розподіл асимілянтів проведено згідно Россу. Зроблена спроба врахувати в моделі азотне живлення у другій із зазначених моделей. Побудований досить повний ґрунтовий блок динаміки азотистих з'єднанні, поглинання азоту регулюється виходячи з принципу оптимальних доз, введена поправка на постачання азотом в ростові функції. Проведено чисельні експерименти з моделлю. Розроблена в Японії модель ярого ячменю також містить блоки фотосинтезу, дихання і розподілу асимілянтів (емпіричне).

А. І. Столяровим була запропонована математична модель процесу формування врожаю озимої пшениці фотосинтетична, продуктивність цієї культури розглядається як функція ФА, вологості ґрунту, температури повітря, концентрації CO_2 , вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію. Блок розподілу асимілянтів в моделі не представлений. По загальній біомасі визначається урожай зерна емпірично.

Суша біомаса в моделі визначається за різницею між фотосинтезом і диханням фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці в (СНД). Розподіл асимілянтів проведено на підставі ростових функцій Росса.

Розроблено дві моделі у США для озимої пшениці. У першій, призначеної для аридної зони, швидкість накопичення сухої біомаси

розглядається прямо пропорційною вже наявної сухої біомасі з урахуванням зовнішніх факторів (температури, вологості ґрунту, вмісту азоту в ґрунті), введених у вигляді безрозмірних функцій. У другій моделі щоденне накопичення сухої біомаси оцінюється за різницею між загальним фотосинтезом (як функції водопостачання та сонячної радіації) і денним і нічним диханням (як функції довжини дня і температури).

Покладено в основу моделі базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур по більш детальному обліку впливу волого-температурного режиму на процес фотосинтезу і комплексної оцінки впливу на ріст і формування репродуктивних органів таких експериментальних явищ як посуха і суховії по М.С. Кулику [7] і У.А. Цубербіллер [17], полягання посівів по А.Д. Пасечнюк, «стікання» зерна за І.В. Свісюку [18].

Моделі формування врожаю озимої пшениці, озимого жита, ярої пшениці, ярого ячменю і вівса розроблені М.Н. Польовим і викладені в роботах [19].

Моделювання формування врожаю озимої пшениці в період весняно-літньої вегетації в Україні запропоновано у роботі А.М. Польового і М.І. Кульбіді [19].

4.2 Концепція моделювання впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю

Збільшення продуктивності сільськогосподарських культур нерозривно пов'язане з проблемою оцінки агрокліматичних ресурсів території і раціональним розміщенням посівів. Тільки максимальний збіг біологічних вимог сільськогосподарських культур і агрокліматичних умов може призвести до отримання високих і стійких врожаїв. Зміна умов клімату неминуче тягне за собою зміну продуктивності сільськогосподарських

культур і необхідність нової оцінки можливості їх розміщення, обробітку та раціонального використання змінених агрокліматичних ресурсів.

Вивченню зв'язку продуктивності рослин з факторами клімату присвячено значну кількість робіт, як в СНД, так і за його межами. Ще наприкінці XIX століття А. І. Воєйков показав можливість і необхідність застосування знань про клімат в сільському господарстві і оцінив кліматичні ресурси Росії для сільськогосподарського виробництва. Дещо пізніше П.І. Броунов сформулював основні завдання агрометеорології, серед яких значна увага приділялася дослідженню зв'язку врожаю з кліматичними факторами.

Подальший розвиток ці дослідження отримали в працях Г. Т. Селянинова, П. І. Колоскова, Р. Е. Давида, розробили основи агрокліматичного районування та вивчення посушливих явищ стосовно до сільськогосподарським культурам. І. А. Гольцберг, Ф. Ф. Давітая, А.І. Руденко, С. А. Сапожникова, Я. І. Яковлев, Д.І Шашко, А. М. Шульгін, Ю. І. Чирков, Є. З . Уланова, З.А. Міщенко та ін. активно продовжували агрокліматичні дослідження, заклали основи приватного агрокліматичного районування окремих культур, внесли істотний внесок у вивчення водооборота і теплообеспеченности культурних рослин [20-22].

У пошуках шляхів оцінки агрокліматичних ресурсів конкретних культур багато дослідників дійшли висновку, що кращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов території стосовно до цих культур є їх продуктивність.

У 70-х роках минулого століття виник новий напрям в оцінці агрокліматичних ресурсів стосовно окремих сільськогосподарським культурам, засноване на сформульованій Х. Г. Тоомінгом концепції максимальної продуктивності посівів [23]. Суть цієї концепції полягає в тому, що в період вегетативного росту посів прагне максимізувати свою продуктивність і отриманню максимальних урожаїв перешкоджає, головним чином, невідповідність динаміки факторів зовнішнього середовища (сонячна

радіація, водний режим, температура і т.д.) динаміці оптимальних значень факторів середовища, регулюючих інтенсивність процесів фотосинтезу, дихання, росту, розвитку рослин протягом вегетаційного періоду.

В роботах Х.Г. Тоомінг [26], Ю. В. Сеппа, П.Х. Карінг [24], А.П. Федосєєва [25], А.Н. Вітченко, А. М. Польового [26], В. А. Жукова, та ін. була успішно використана концепція максимальної продуктивності при вирішенні завдань приватного агрокліматичного районування [14].

У пропонованому нами варіанті агрокліматичної моделі продуктивності сільськогосподарських культур використана концепція Х.Г. Тоомінга про потенційну і дійсно можливої врожайності, а також сформульовані в роботах А.М. Польового [27, 28] положення про моделювання впливу факторів зовнішнього середовища на врожайність сільськогосподарських культур. Потенційна врожайність (ПВ) являє собою врожайність, яка забезпечується приходом енергії фотосинтетично активної радіації (ФАР) за оптимальних в перебігу вегетаційного періоду рослини значеннях кліматичних факторів, а метеорологічна можлива врожайність (ММВ) - врожайність, обумовлена потенційною врожайністю і лімітуючою дією режиму кліматичних факторів в протягом вегетації. При формуванні дійсно можливої врожайності (ДМВ) її рівень обмежується рівнем природної родючості ґрунту. Отримання рівня господарської врожайності (УВ) лімітується рівнем культури землеробства.

Розрахунок цих чотирьох характеристик в дещо модифікованому вигляді, а також стеблоутворення протягом періоду вегетації становить основу варіанту пропонованої нами моделі, орієнтованої на оцінку продуктивності агрокліматичних ресурсів стосовно до обробітку ярого ячменю, а також на оцінку зміни продуктивності рослин при можливих змінах клімату.

Модель має блокову структуру і має декілька блоків (рис. 4.1):

- блок вхідної інформації;

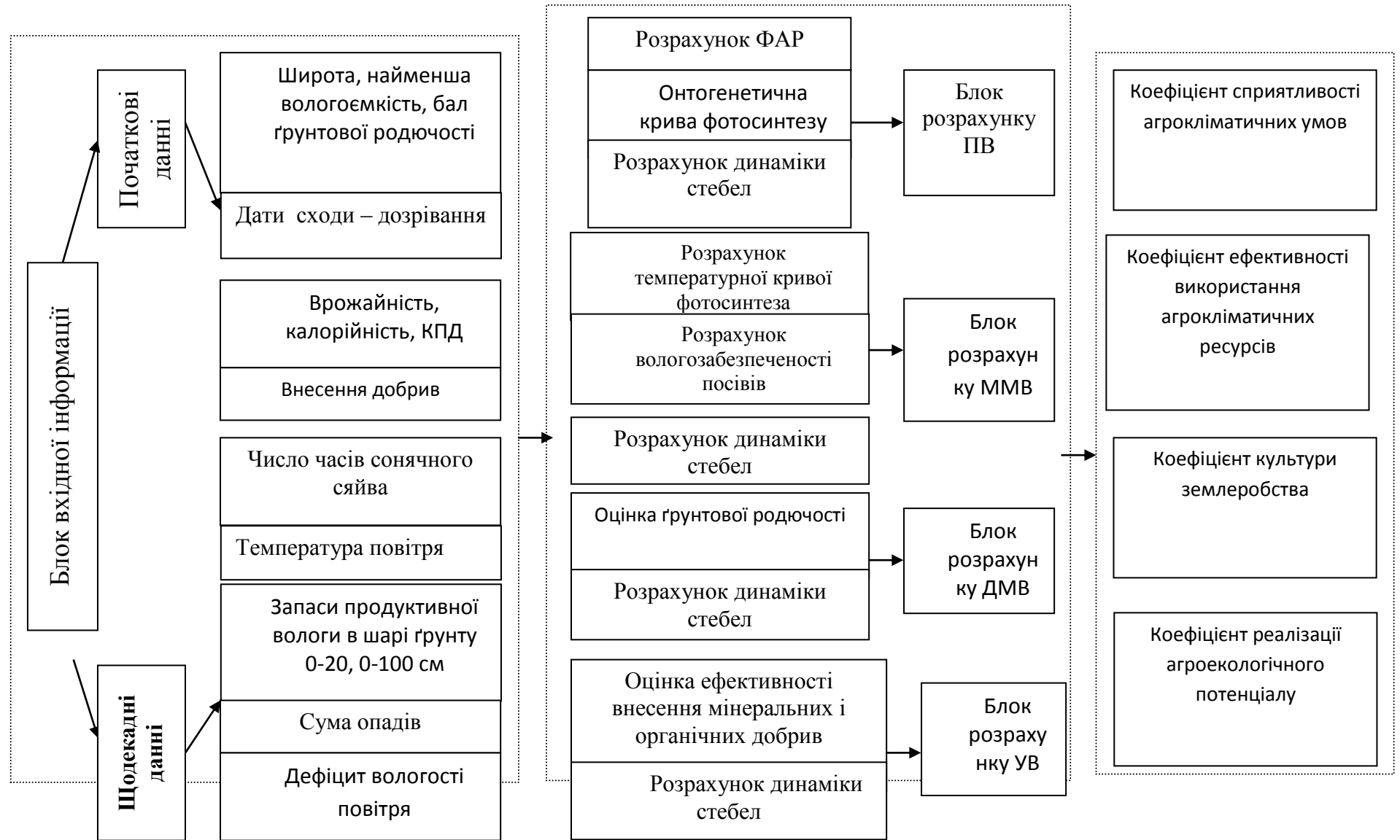


Рисунок 4.1 – Блок – схема агрокліматичної моделі формування врожаю ярого ячменю.

- блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою;
- блок розрахунку метеорологічний можливої врожайності та формування стебел;
- блок розрахунку дійсно-можливої врожайності і щільності продуктивного стеблостою на рівні дійсно-можливої врожайності;
- блок розрахунку господарської врожайності і щільності продуктивного стеблостою на рівні господарської врожайності.

4.3 Блок вхідної інформації моделі

Для виконання розрахунків за моделлю задається інформація двох видів:

- інформація, що характеризує початкові дані про пункт, за яким виконується розрахунок;
- щодекадна агрометеорологічних інформація.

Початкові дані включають в себе відомості про широту пункту, для якого виконуються розрахунки, характеристики найменшої вологості метрового шару ґрунту, запасах продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на дату сходів і змісті гумусу в ґрунті.

Вводяться також відомості про дату появи сходів посівів ярого ячменю та датою настання фази воскової і повної стиглості.

Крім цього, вводиться інформація про максимальної врожайності культури і про рівень існуючої культури землеробства.

Наводяться відомості про внесення мінеральних добрив: азотних, фосфорних і калійних добрив, відомості про їх оптимальних дозах внесення під культуру, а також про внесення органічних добрив та їх оптимальної нормі для культури ярого ячменю.

Поточна інформація включає дані про запаси продуктивної вологи в шарі 0 -20 і 0 - 100 см, середню за декаду температуру повітря, середньому за

декаду числі сонячного сяйва, сумі опадів за декаду, середнім за декаду дефіциті вологості повітря.

4.4 Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою

В основі моделі лежить оцінка рівня потенційної врожайності:

$$ПВ^{j+1} = ПВ^j + \frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t}, \quad (4.1)$$

де $\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t}$ - приріст потенційної врожайності за декаду, г/м². дек;

j - номер розрахункової декади.

Приріст потенційної врожайності за декаду визначається залежно від інтенсивності ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації:

$$\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (4.2)$$

де α_{ϕ} - онтогенетична крива фотосинтезу;

η - ККД посівів, відн.од.;

$Q_{\text{фар}}$ - сума ФАР за один день розрахункової декади, кДж/см². доб.;

$d\nu$ - число днів в розрахунковій декаді, діб.;

q - калорійність, кДж /г.

Середня калорійність сухої біомаси у різних видів рослин варіює в межах 16,7 - 20,5 кДж / г. Калорійність змінюється в онтогенезі і для окремих органів рослин вона різна.

За Нічипоровичом, посіви за середнім значенням ККД поділяються на такі групи:

- звичайно спостерігаються	0,5 - 1,5%,
- хороші	1,5 - 3,0%,
- рекордні	3,5 - 5,0%,
- теоретично можливі	6,0 - 8,0%.

Сума ФАР за один день розрахункової декади вегетаційного періоду визначається за формулою:

$$Q_{\text{фар}}^j = 0,52 \cdot Q^j, \quad (4.3)$$

де Q - сумарна сонячна радіація за один день розрахункової декади, кДж/ (см²·доб.).

Середня за декаду величина сумарної сонячної радіації обчислюється за формулою С. І. Сивкова:

$$Q^i = 12,66 (SS)^{1.31} + 315 (A^j + B^j)^{2.1} \cdot 0,00419, \quad (4.4)$$

де SS - середньодобове число годин сонячного сяйва в розрахунковій декаді.

$$\begin{aligned} A^j &= \sin (0,01745 \cdot \varphi) \cdot \sin \delta^{jj}, \\ B^j &= \cos (0,01745 \cdot \varphi) \cdot \cos \delta^{jj}, \end{aligned} \quad (4.5)$$

де φ - географічна широта, градуси;

δ^{jj} - середньодобове схилення Сонця розрахункової декади, радіани.

Схилення Сонця визначається за кожен день і усереднюється за розрахункову декаду:

$$\delta = [0,473 (t_0+i) - 0,196 \cdot 10^{-2} (t_0+i)^2 - 0,407 \cdot 10^{-5} (t_0+i)^3 - \quad (4.6)$$

0,616]·0,01745,

де t_0 - число днів від 20 березня до дати сходів;

i - номер для розрахункового періоду.

Коефіцієнт корисної дії використання посівом ФАР розраховувався нами за модифікованою формулою Х. Г. Тоомінг [34] за значеннями максимальної врожайності біомаси культури і суми ФАР за період вегетації в роки, коли була отримана максимальна величина кількість врожаю:

$$\eta = \frac{q \cdot m_{\max}}{10^4 \cdot \Sigma Q_{\text{фар}}^{\max}}, \quad (4.7)$$

де η - потенційний ККД ФАР, відн.од.;

$\Sigma Q_{\text{фар}}^{\max}$ - сума ФАР за період вегетації культури у році, коли був отриманий максимальний урожай, кДж/см²;

m_{\max} - абсолютна суха біомаса рослин, ц/га:

$$m_{\max} = 0,86 \cdot I_{\max}(1+k), \quad (4.8)$$

де I_{\max} - максимальний урожай, ц/га;

k - коефіцієнт, що характеризує частку господарсько-цінної частини врожаю в загальній біомасі.

В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища.

Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу скористаємося формулою виду:

$$\alpha_{\phi}^j = \exp \cdot \left[-a_{\phi} \cdot \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (4.9)$$

в якій величину a_{ϕ} знаходимо за виразом:

$$a_{\phi} = \frac{-100(1n)a_{\phi}^0}{(\sum t_1)^2}, \quad (4.10)$$

де a_{ϕ} - онтогенетична крива фотосинтезу, відн.од.;

a_{ϕ}^0 - початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн.од.;

$\sum t_1$ - сума ефективних температур від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

TS_2 - сума ефективних температур наростаючим підсумком від сходів, °С.

У роботах [11, 27], виконано кількісний опис динаміки стеблостою озимої пшениці. В основу розрахунків покладено рівняння логістичної кривої, яке показує збільшення кількості стебел у часі з урахуванням їх максимально можливої кількості та впливу факторів зовнішнього середовища. У роботі В.С. Антоненко швидкість утворення бічних пагонів кушіння визначається рівнем мінерального живлення і забезпеченістю необхідною кількістю сонячної радіації та тепла. В роботі [10] вказується, що кушіння відбувається тільки при запасах вологи вище критичного рівня.

Опишемо динаміку стеблостою ярого ячменю в період від фази 3-го листа до воскової стиглості. При цьому динаміка загальної кількості стебел буде визначатися початковою кількістю стебел, максимально можливим збільшенням кількості стебел при кушіння і природною редукцією їх у період після колосіння:

$$C_{\text{ТПВ}}^{j+1} = C_{\text{ТПВ}}^j + \frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta P C_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t}, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{ТПВ}}$ - кількість стебел на рівні ПУ, стебл./м²;

$\frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}}{\Delta t}$ - приріст стебел на рівні ПУ, стебл./м² дек.;

$\frac{\Delta PC_{\text{тПВ}}}{\Delta t}$ - інтенсивність природної редукції стебел, стебл./м²·дек.

Швидкість кушіння визначається як добуток максимально можливої швидкості кушіння і відносній швидкості збільшення кількості стебел:

$$\frac{\Delta C_{\text{тПВ}}}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{\text{тПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t} \cdot \beta_{\text{ст}}^j, \quad (4.12)$$

де $\Delta C_{\text{тПВ}}^{\text{max}}$ - максимально можливе прирощення кількості стебел, яке визначається потенційними можливостями культури, стебл./м²·дек;

$\beta_{\text{ст}}^j$ - відносна швидкість кушіння (відн.од.), описувана нами як перша похідна логістичної кривої:

$$\beta_{\text{ст}}^j = \frac{2,3 \cdot \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{ст}1}} \right) \cdot 10^{\left(2 - \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{ст}1}} \right) \right)}}{1 + 10^{\left(2 - \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{ст}1}} \right) \cdot TS_2 \right)^2}}, \quad (4.13)$$

де $\sum t_{\text{ст}1}$ - критична сума температури повітря для процесу кушіння.

Природна редукція стебел визначається як добуток максимально можливої редукції стебел і відносної швидкості редукції:

$$\frac{\Delta PC_{\text{тПВ}}^j}{\Delta t} = \beta_{\text{ред}}^j \cdot \frac{\Delta PC_{\text{тПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t}, \quad (4.14)$$

де $\beta_{\text{ред}}^j$ - відносна швидкість редукції стеблостою, відн.од.;

$\frac{\Delta PC_{\text{тПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t}$ - максимально можлива редукція стебел, стебл./м²·дек.

4.5 Блок розрахунку метеорологічний можливої врожайності та формування стебел

Величина метеорологічний можливої врожайності буде визначатися як величина МВУ на початок розрахунків та приріст за кожен наступну декаду вегетації культури [41]:

$$MMB^{j+1} = MMB^j + \frac{\Delta MMB^j}{\Delta t}, \quad (4.15)$$

де $\frac{\Delta MMB^j}{\Delta t}$ - приріст метеорологічний можливої врожайності, г/м².дек.

Приріст метеорологічний можливої врожайності являє собою приріст потенційної врожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму:

$$\frac{\Delta MMB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2^j, \quad (4.16)$$

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

Ця функція визначається з урахуванням впливу різного поєднання температури повітря та умов зволоження на продукційний процес:

$$FTW_2^j = \begin{cases} FTW_1^j \left[1 + \left(1 - \psi_{\Phi}^j \right) \left(1 - FW^j \right) \right] & \text{при } t_{\epsilon}^j < t_{opt1} \\ FTW_1^j & \text{при } t_{opt1} \leq t_{\epsilon}^j \leq t_{opt2} \\ FTW_1^j \left[1 - \left(1 - \psi_{\Phi}^j \right) \left(1 - FW^j \right) \right] & \text{при } t_{\epsilon}^j > t_{opt2} \end{cases}, \quad (4.17)$$

де FTW_1 - узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості, відн.од.;

FW -узагальнена функція впливу вологозабезпеченості на фотосинтез, отн.ед.;

Ψ_ϕ - температурна крива фотосинтезу, відн.од.;

t_θ - середня за декаду температура повітря, $^{\circ}C$;

t_{opt1} - нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, $^{\circ}C$;

t_{opt2} - верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, $^{\circ}C$.

Узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості на фотосинтез знаходиться як:

$$FTW^j_1 = (\Psi_\phi^j FW^j)^{0,5}. \quad (4.18)$$

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез проводиться за формулою:

$$FW^j = (\gamma_\phi^j e_\phi^j)^{0,5}, \quad (4.19)$$

де e_ϕ - відносна вологозабезпеченість, відн.од.;

γ_ϕ - функція впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу, відн.од.

Відносна вологозабезпеченість знаходиться як відношення сумарного випаровування до випаровуваності:

$$e_\phi^j = E^j / E_0^j, \quad (4.20)$$

де E - сумарне випаровування, мм; E_0 - випаровуваність, мм.

Сумарне випаровування визначається за способом Харченко С. І.:

$$E^j = \frac{2W^j + O_s^j + P_{нор}^j}{1 + \frac{W_{HB}}{E_0^j}}, \dots\dots\dots(4.21)$$

де $P_{нор}$ - норма вегетаційних поливів, мм;

W_{HB} - найменша вологоємність в метровому шарі ґрунту, мм;

O_s - сума опадів за декаду, мм;

W - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм.

Для розрахунку випаровуваності використаний спосіб Алпатьєва А.М.:

$$E_0^j = 0.65 \cdot ДВВ^j \cdot dv^j \cdot 0.75, \dots\dots\dots(4.22)$$

де $ДВВ$ - середній за декаду дефіцит вологості повітря, гПа.

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація в нижні шари ґрунту:

$$F_{inf}^j = W^j + O_s^j + P_{нор}^j - E^j - W_{HB}, \dots\dots\dots (4.23)$$

де F_{inf}^j - інфільтрація в нижні шари ґрунту за декаду, мм.

Розрахунок запасів продуктивної вологи проводиться за рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + O_s^j + P_{нор}^j - E^j - F_{inf}^j. \dots\dots\dots (4.24)$$

На формування стеблостою значний вплив робить вологотемпературний режим. Прирощення стеблостою на рівні МВУ

представлятиме собою прирощення стеблостою на рівні ПУ з урахуванням впливу обмежують кушіння факторів термічного режиму і вологозабезпеченості:

$$\frac{\Delta C_{\text{ТММВ}}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t} \cdot (FT_{\text{СТ}}^j \cdot FW_{\text{СТ}}^j)^{0,5}, \quad (4.25)$$

де $\Delta C_{\text{ТММВ}}$ - швидкість збільшення кількості стебел з урахуванням впливу температури повітря і умов вологозабезпеченості, стебл./м² дек.;

$FT_{\text{СТ}}$ - функція впливу температури повітря на процес кушіння, відн.од.;

$FW_{\text{СТ}}$ - функція впливу вологозабезпеченості на процес кушіння, відн.од.;

Динаміка стеблостою на рівні ММВ описується рівнянням:

$$C_{\text{ТММВ}}^{j+1} = C_{\text{ТММВ}}^j + \frac{\Delta C_{\text{ТММВ}}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta PC_{\text{ТММВ}}^j}{\Delta t}, \quad (4.26)$$

де $C_{\text{ТММВ}}$ - кількість стебел на одиницю площі на рівні МВУ, стебл./м² дек.;

$\frac{\Delta PC_{\text{ТММВ}}}{\Delta t}$ - швидкість деградації стебел за рахунок впливу

несприятливих погодних умов, стебл./м² дек., яка знаходиться за виразом:

$$\frac{\Delta PC_{\text{ТММВ}}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PC_{\text{ТПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t} \cdot (FT_{\text{ред}}^j \cdot FW_{\text{ред}}^j)^{0,5}, \quad (4.27)$$

де $\Delta PC_{\text{ТПВ}}^{\text{max}}$ - максимально можлива редукція стебел, стебл./м² дек.;

$FT_{\text{ред}}, FW_{\text{ред}}$ - функції впливу відповідно температури повітря і вологості ґрунту на редукцію стеблостою, відн.од.

Формування дійсно можливої врожайності обмежується рівнем природної родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta_{DMB}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta_{MMB}^j}{\Delta t} \cdot B_{ПЛ}, \quad (4.28)$$

де $\frac{\Delta_{DMB}^j}{\Delta t}$ - приріст дійсно можливої врожайності, г/м² дек.;

$B_{ПЛ}$ - бал ґрунтового бонітету, відн.од.

Приріст стебел на рівні ДМВ розглядається як приріст стебел на рівні ММВ з урахуванням впливу бала ґрунтової родючості.

$$\frac{\Delta_{СтДМВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta_{СтММВ}^j}{\Delta t} \cdot (B_{ПЛ})^{0,5}, \quad (4.29)$$

де $\Delta_{СтДМВ}$ - приріст стебел на рівні ДМВ, стебл./м² дек.

Редукція стебел посилюється за рахунок рівня родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta_{РСтДМВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta_{РСтММВ}^j}{\Delta t} \cdot (1/B_{ПЛ})^{0,5}, \quad (4.30)$$

де $\frac{\Delta_{РСтДМВ}}{\Delta t}$ - інтенсивність природної редукції стебел, стебл./м² дек.

На рівні ДВУ формування стеблостою може бути описано рівнянням:

$$C_{СтДМВ}^{j+1} = C_{СтДМВ}^j + \frac{\Delta_{СтДМВ}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta_{РСтДМВ}^j}{\Delta t}, \quad (4.31)$$

де $C_{СтДМВ}$ - кількість стебел на рівні ДМВ, стебл./м² дек.

Отримання рівня господарської врожайності обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства та ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив:

$$\frac{\Delta YB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (4.32)$$

де $\frac{\Delta YB^j}{\Delta t}$ - приріст врожайності у виробництві, г/м² дек.;

$k_{земл}$ - коефіцієнт, який характеризує рівень культури землеробства та господарської діяльності, відн.од.;

FW_{ef} - функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив залежно від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн.од.

Ця функція знаходиться як добуток функції впливу вологості ґрунту на ефективність внесення добрив і функції забезпеченості посівів органічними і мінеральними добривами.

В умовах УВ приріст кількості стебел обмежуватиметься рівнем культури землеробства та ефективністю внесених добрив:

$$\frac{\Delta C_{тУВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{тДМВ}^j}{\Delta t} \cdot (k_{земл} \cdot FW_{ef}^j)^{0,5}, \quad (4.33)$$

де $\frac{\Delta C_{тУВ}^j}{\Delta t}$ - приріст кількості стебел на рівні УВ, стебл./м² дек.

Деградація стебел залежить від рівня культури землеробства і посилюється при низькій ефективності внесення добрив:

$$\frac{\Delta PC_{тУВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PC_{тДМВ}^j}{\Delta t} \cdot [1/(k_{земл} \cdot FW_{ef}^j)]^{0,5}, \quad (4.34)$$

де $\Delta PC_{тУВ}$ - швидкість деградації стебел за рахунок впливу несприятливих погодних умов, стебл./м² дек.

Таким чином, динаміка стеблостою на рівні УВ опишеться рівнянням

$$C_{\text{ТУВ}}^{j+1} = C_{\text{ТУВ}}^j + \Delta C_{\text{ТУВ}}^j - \Delta P C_{\text{ТУВ}}^j, \quad (4.35)$$

де $C_{\text{ТУВ}}$ - кількість стебел на рівні УВ, стебл./м² дек.

Кущистість на рівні ПВ, ММВ, ДМВ, УВ розраховується як відношення числа стебел до їх числа на початок розрахунку.

Важливим показником продуктивності посівів сільськогосподарських культур є коефіцієнт господарської ефективності врожаю $K_{\text{хоз}}$, що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини врожаю (зерно, бульби, качани, плоди тощо) до маси загальної сухої фітомаси. Коефіцієнт господарської ефективності залежить від сорту сільськогосподарських культур та агрометеорологічних умов.

З урахуванням цього показника обчислюються різні агроекологічні категорії врожаю зерна при його стандартної вологості:

$$PВ_{\text{зерна}} = ПВ \cdot K_{\text{хоз}} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (4.36)$$

$$ММВ_{\text{зерна}} = ММВ \cdot K_{\text{хоз}} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (4.37)$$

$$ДМВ_{\text{зерна}} = ДМВ \cdot K_{\text{хоз}} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (4.38)$$

$$УВ_{\text{зерна}} = УП \cdot K_{\text{хоз}} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (4.39)$$

де $PВ_{\text{зерна}}$, $ММВ_{\text{зерна}}$, $ДМВ_{\text{зерна}}$, $УВ_{\text{зерна}}$ - агроекологічні категорії врожаю зерна, ц/га.

Як вже вказувалося $K_{\text{хоз}}$, залежить від виду сорти сільськогосподарських культур і від агрометеорологічних умов.

Наприклад, озима пшениця в умовах Полтавської області варіюється від 13 до 53%. З причин, що знижують $K_{\text{хоз}}$, насамперед слід відзначити посуху і вилягання рослин. При високій загальній продуктивності фотосинтезу і

високому прирості загальної сухої фітомаси зниження $K_{хоз}$ обумовлене погіршенням умов ФАР всередині посіву при інтенсивному вегетативному рості рослин, високорослі рослин і недостатньою забезпеченістю рослин поживними речовинами при високій вологості ґрунту [34].

Мінеральні елементи при дрібному і диференційованому застосуванні підвищують $K_{хоз}$ і якість врожаю. Спільне внесення азоту і фосфору, посилене фосфорне живлення, а також бор і марганець сприяють підвищенню $K_{хоз}$, тоді як посилене азотне живлення і мідь знижують $K_{хоз}$ окремих культур. Аналіз отриманих унікальних даних дослідів з озимим житом і пшеницею на Полтавській дослідній станції протягом 71 року дозволяє зробити деякі досить загальні висновки, які стосуються і інших сільськогосподарських культур:

1. У ході селекції урожай як обший сухий фітомаси, так і зерна поступово підвищується, при цьому відзначається тенденція зростання $K_{хоз}$;

2. Показник $K_{хоз}$ знижується при дуже низькому і при досить високому накопиченні фітомаси, однак, при деякому середньому значенні фітомаси він досягає найбільшої величини.

Таким чином, високий рівень накопичення загальної фітомаси є, з одного боку, базою для створення високого врожаю зерна, з іншого - часто веде до зниження коефіцієнта господарської ефективності посівів $K_{хоз}$. Отже, рівень господарсько-цінної частини врожаю не завжди пропорційний значенню ККД, розрахованим за загальної сухої фітомаси. Тому поряд з ККД посіву, розрахованим за загальною сухою фітомаси, іноді можна розглядати окремо ККД господарсько-цінної частини врожаю за вегетаційний період [27]:

$$\eta_{хоз} = \frac{qm_{хоз}}{\sum Q_{фap}}, \quad (4.40)$$

де m_{xoz} - суха фітомаса господарсько-цінної частини врожаю, г/см²;

q - калорійність врожаю, кДж/г;

$\Sigma Q_{фар}$ - сума ФАР за вегетаційний період, кДж/см².

Таким чином, η_{xoz} - це частка ФАР, запасені протягом вегетаційного періоду в фітомасі господарсько-цінних органів рослин. ККД, розрахований за обший сухий фітомасі, і η_{xoz} пов'язані співвідношенням:

$$\eta_{xoz} = \eta K_{xoz} \cdot (4.41)$$

Отже, щоб забезпечити високі значення ККД господарсько-цінної частини врожаю, отримання нових сортів і всі агротехнічні прийоми повинні бути спрямовані на забезпечення високого показника η_{xoz} при високому значенні ККД загальної фітомаси посіву.

Формули (4.1 - 4.41) дозволяють визначити різні агроєкологічні категорії врожайності ярого ячменю в умовах України.

4.6 Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроєкологічних категорій врожайності (ПУ, МВУ, ДВУ, УП), а також їх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природних і антропогенних ресурсах сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів.

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку культури характеризує співвідношення ММВ і ПВ:

$$K_M = \text{ММВ} / \text{ПВ}, \quad (4.42)$$

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

2. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМВ і ММВ:

$$K_{\pi} = \text{ДМВ} / \text{ММВ}, \quad (4.43)$$

де K_{π} - коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн.од.

3. Співвідношення УВ та МВУ встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховане за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів:

$$K_{ap} = \text{УВ} / \text{ММВ}, \quad (4.44)$$

де K_{ap} - коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн.од.

4. При реальних ґрунтових умовах співвідношення УП та ДВУ можна розглядати як показник досконалої агротехнології:

$$K_{\text{еф.земл}} = \text{УВ} / \text{ДМВ}, \quad (4.45)$$

де $K_{\text{еф.земл}}$ - коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов, характеризує рівень культури землеробства з точки зору ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов, відн.од.

5. Величина УВ віднесена до ПВ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу:

$$K_{\text{агр пот}} = \text{УВ} / \text{ПВ}, \quad (4.46)$$

де $K_{\text{агр пот}}$ - коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу, відн.од.

Підвищення рівня УВ і доведення його до ДМВ вимагає ретельного дотримання всіх способів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговим завданням програмування врожаїв, спрямованої на усунення лімітує дії різноманітних господарських факторів. Наближення ДМВ до ММВ потребують робіт з підвищення родючості ґрунту. Різниця між ММВ і ПВ компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів, які краще пристосовані до особливостей конкретного клімату. Підвищення рівня ПУ забезпечується, головним чином, шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень врожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

4.7 Ідентифікація параметрів моделі агрокліматичної моделі продуктивності ярого ячменю та перевірка її адекватності

Ідентифікація параметрів моделі та функцій впливу факторів середовища на продуктивність рослин проводилася на основі матеріалів власних експериментальних досліджень, даних багаторічних агрометеорологічних спостережень мережі гідрометеорологічних станцій України, а так само на основі літературних джерел.

На основі наших експериментальних характеристик динаміки біомаси ярого ячменю і врожайності зерна була розрахована величина ККД посівів, вона виявилася рівною 3%.

Величина $K_{хоз}$, що показує частку зерна в загальній масі врожаю, знаходиться нами залежно від розмірів загальної біомаси рослин $M_{общ}$, з урахуванням впливу температури повітря періоду вегетації на рівень цієї величини:

$$K_{xoz} = \left(0,695 - 1.497 \cdot 10^{-4} \cdot M_{общ}\right) \cdot t_{K_{xoz}} \quad , \quad (4.47)$$

$$t_{K_{xoz}} = -4.648 + 0.536 \cdot t_2 - 0.13(t_2)^2, \quad (4.48)$$

де $t_{K_{xoz}}$ - функція впливу температури повітря на рівень K_{xoz} , відн.од.;

t_2 - середня за період вегетації температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес визначається за допомогою наступної процедури. Температурна крива фотосинтезу знаходиться за формулою:

$$\Psi_{\phi}^j = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0.077 \cdot x_1^j), & \text{при } (t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } t_{opt1}^j \leq (t^j - t_0) \leq t_{opt2}^j \\ 1,13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_2^j), & \text{при } (t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases} \quad , (4.49)$$

де Ψ_{ϕ} - температурна крива фотосинтезу, відн.од.

t - середня за декаду температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 - середня за декаду температура повітря, при якій починається фотосинтез, $^{\circ}\text{C}$;

t_{opt1} - нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, $^{\circ}\text{C}$;

t_{opt2} - верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, $^{\circ}\text{C}$.

$$x_1^j = (t^j - t_0) / (t_{opt1}^j - t_0) \quad , (4.50)$$

$$x_2^j = (t^j - t_{opt2}^j) / (t_{max} - t_{opt2}^j) \quad , (4.51)$$

де t_{max} - середня за декаду температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, $^{\circ}\text{C}$;

Значення нижньої і верхньої меж температурного оптимуму для фотосинтезу знайдемо за формулами:

для Полісся

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 7,07 + 20,33 \cdot x_3^j - 11,52 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 11,09 + 19,57 \cdot x_3^j - 10,69 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (4.52)$$

для Лісостепу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,71 + 21,37 \cdot x_3^j - 12,24 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,54 + 21,86 \cdot x_3^j - 11,84 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (4.53)$$

для Північної степу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,92 + 19,63 \cdot x_3^j - 8,41 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,46 + 21,12 \cdot x_3^j - 10,19 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (4.54)$$

для Південної степу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,36 + 23,3 \cdot x_3^j - 11,77 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,39 + 21,29 \cdot x_3^j - 10,33 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (4.55)$$

для Закарпаття

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,88 + 16,53 \cdot x_3^j - 6,07 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,50 + 17,35 \cdot x_3^j - 7,58 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (4.56)$$

$$x_3^j = \frac{TS_2}{\sum t_{req}} \quad , (4.57)$$

де $\sum t_{req}$ - сума температур, необхідна для дозрівання рослин, $^{\circ}\text{C}$.

Функція впливу температури повітря на фотосинтез Ψ змінюється від 0 до 1.

Як початкову температуру повітря при якій починається фотосинтез (t_0) приймалася середня за декаду температура, рівна 3°C , а в якості температури повітря, при якій припиняється фотосинтез (t_{\max}), бралася середня за декаду температура 27°C .

Формула (4.49) була використана як типова для опису впливу температури повітря на процес кушіння:

$$FT_{CT} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_4^j), & \text{при } t^j < t_{opt1}^{CT} \\ 1, & \text{при } t_{opt1}^{CT} \leq t^j \leq t_{opt2}^{CT} \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_5^j), & \text{при } t^j > t_{opt2}^{CT} \end{cases} \quad , (4.58)$$

$$x_4^j = (t^j - t_0^{CT}) / (t_{opt1}^{CT} - t_0^{CT}), \quad (4.59)$$

$$x_5^j = (t^j - t_{opt2}^{CT}) / (t_{\max}^{CT} - t_{opt2}^{CT}), \quad (4.60)$$

В якості температури початку кушіння t_0^{CT} приймалася температура, рівна 3°C .

Як нижня межа оптимальної температури повітря (t_{opt1}^{CT}) для утворення стеблостою приймалася температура, рівна $13,0^{\circ}\text{C}$, як верхня межа

температурного оптимуму (t_{opt2}^{CT}) приймалася температура повітря, що дорівнює 15°C .

Функція впливу температури повітря на редукцію стебел записувалася у вигляді:

$$FT_{ред} = \begin{cases} 1 + [13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_6^j)], & \text{при } t^j < t_{opt1}^{ред} \\ 2, & \text{при } t_{opt1}^{ред} < t^j < t_{opt2}^{ред} \\ 2 + [1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_7^j)], & \text{при } t^j > t_{opt2}^{ред} \end{cases}, \quad (4.61)$$

$$x_6^j = (t^j - t_0^{ред}) / (t_{opt1}^{ред} - t_0^{ред}), \quad (4.62)$$

$$x_7^j = (t^j - t_{opt2}^{ред}) / (t_{max}^{ред} - t_{opt2}^{ред}), \quad (4.63)$$

В якості початкової ($t_0^{ред}$) і максимальної ($t_{max}^{ред}$) температури редукції стебел приймалася температура повітря відповідно $3,0$ і $27,0^{\circ}\text{C}$. Як перше ($t_{opt1}^{ред}$) так і друге ($t_{opt2}^{ред}$) граничне оптимальне значення приймалася відповідно $20,0$ і $22,00^{\circ}\text{C}$

Функція впливу вологості гранту на фотосинтез знаходиться за виразом:

$$\gamma_{\Phi}^j = \begin{cases} (4,2 \cdot \exp(-0,703x_8) - 5,48 \cdot \exp(-1,668x_8))^2 & \text{при } W^j < W_{opt1} \\ 1 & \text{при } W^j \geq W_{opt1}, \end{cases} \quad (4.64)$$

$$x_8 = W^j / W_{opt1}, \quad (4.65)$$

де W - запаси води в ґрунті, мм;

W_{opt1} , W_{opt2} - нижня і верхня межі оптимальних значень запасів води в ґрунті, мм.

Рівень зволоження визначає інтенсивність процесу кушіння. Аналогічно В.С. Антоненко опишемо функцію впливу вологості ґрунту на процес кушіння рівнянням:

$$f(W) = \begin{cases} 0,196 + 1,746x_9^j - 0,951(x_9^j)^2 & \text{при } W^j < W_{\text{opt1}}^{\text{ст}} \\ 1 & \text{при } W_{\text{opt1}}^{\text{ст}} \leq W^j \leq W_{\text{opt2}}^{\text{ст}} \\ -0,421 + 3,315x_{10}^j - 2,276(x_{10}^j)^2 + 0,388(x_{10}^j)^3 & \text{при } W^j > W_{\text{opt2}}^{\text{ст}} \end{cases}, (4.66)$$

$$x_9 = \frac{W^j}{W_{\text{opt1}}^{\text{ст}}}, \quad x_{10} = \frac{W^j}{W_{\text{opt2}}^{\text{ст}}}, (4.67)$$

де $W_{\text{opt1}}^{\text{ст}}, W_{\text{opt2}}^{\text{ст}}$ - нижня і верхня межа оптимального зволоження для кушіння рослин ярого ячменю, мм.

Редукція стебел у другій половині вегетації визначається запасами вологи в метровому шарі ґрунту.

Функція впливу вологості ґрунту на редукцію записується у вигляді:

$$FW_{\text{ред}}^j = \begin{cases} 2 - [(0,196 + 1,746x_{11}^j) - 0,951(x_{11}^j)^2] & \text{при } W^j < W_{\text{crit1}}^{\text{ред}} \\ 1 & \text{при } W_{\text{crit1}}^{\text{ред}} < W^j \end{cases}, (4.68)$$

$$x_{11} = \frac{W^j}{W_{\text{crit1}}^{\text{ред}}}, (4.69)$$

де W - запаси в метровому шарі ґрунту, мм;

$W_{\text{crit}}^{\text{ред}}$ - запаси вологи в метровому шарі ґрунту, при яких починається інтенсивна редукція стебел, мм.

На основі аналізу матеріалів спостережень за агрометеорологічними умовами формування стеблостою встановлено, що $W_{crit}^{ped} = 40$ мм.

Відносна швидкість редукції стебел β_{ped} описується нами рівнянням виду:

$$\beta_{ped} = \frac{[2,03 \cdot (2 / (0,8 \cdot \Sigma t_{ped} - \Sigma t_{ped1}))] \cdot 10^{2 - [2 / (0,8 \cdot \Sigma t_{ped} - \Sigma t_{ped1})]}}{1 + 10^{2 - [2 / (0,8 \cdot \Sigma t_{ped} - \Sigma t_{ped1})] \cdot (TS_2 - \Sigma t_{ped1})}} \quad (4.70)$$

де β_{ped} - відносна швидкість редукції стеблостою, відн.од.;

Σt_{ped} - сума температур, що характеризує час найбільш інтенсивної природної редукції стебел, $^{\circ}\text{C}$;

Σt_{ped1} - сума температур, при нагромадженні якої починається природна редукція бічних пагонів, $^{\circ}\text{C}$.

Значення функцій оптимального азотного, фосфорного і калійного живлення розрахуємо за методом Образцової А. С. з деякими модифікаціями:

- для азотних добрив:

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}} \quad (4.71)$$

$$FM_N^j = \left\{ (F_N)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j \quad (4.72),$$

- для фосфорних добрив:

$$F_p = \frac{P_m}{P_{opt}} \quad (4.73)$$

$$FM_p^j = \left\{ (F_p)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_p)] \right\} \cdot k_{ef}^j \quad (4.74)$$

- для калійних добрив:

$$F_K = \frac{K_m}{K_{opt}}, \quad (4.75)$$

$$FM_K^j = \left\{ (F_K)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_K)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (4.76)$$

де N_m, P_m, K_m - що вноситься доза відповідно азотних, фосфорних і калійних добрив, кг (д.р.) / га;

$N_{opt}, P_{opt}, K_{opt}$ - оптимальна доза азотних, фосфорних і калійних добрив, необхідна для отримання максимального врожаю, кг (д.р.)/га;

FM_N, FM_P, FM_K - функція впливу забезпеченості азотом, фосфором і калієм, відн.од.;

k_{ef}^j - коефіцієнт ефективності добрив залежно від вологості ґрунту, відн.од.

Функції,, змінюються від 0 до 1.

Далі враховується вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1, \text{при } W^j / W_{opt1}^j \geq 0.85 \\ 0.8, \text{при } 0.70 < W^j / W_{opt1}^j < 0.85 \\ 0.6, \text{при } W^j / W_{opt1}^j \leq 0.70 \end{cases} \quad (4.77)$$

Визначається співвідношення норми внесених органічних добрив до їх оптимальної величиною і розраховуються функція впливу внесення органічних добрив з урахуванням року внесення добрив:

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg_{opt}}} \quad , (4.78)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = \left\{ (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{O_{rg}})] \right\} \cdot k_{ef}^j \cdot k_{O_{rg}}^g \quad , (4.79)$$

де $FW_{O_{rg}}$ - функція впливу внесення органічних добрив на врожай, відн.од.;

O_{rg} - внесена норма органічних добрив, т/га;

O_{rg} - оптимальна для ярого ячменю норма внесення органічних добрив, т/га;

$k_{O_{rg}}^g$ - коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн.од.

Функція змінюється від 0 до 1.

Узагальнену функцію впливу ефективності внесення мінеральних і органічних добрив розрахуємо за принципом Лібіха:

$$FW_{ef}^j = \min \left\{ FW_{O_{rg}}^j, FN_N^j, FW_P^j, FW_K^j \right\} \quad , (4.80)$$

де FW_{ef} - функція впливу ефективності внесення мінеральних і органічних добрив, відн.од.

Функція FW_{ef} змінюється від 0 до 1.

Перевірка адекватності запропонованої моделі пов'язана з деякими труднощами, які полягають в тому, що не всі агроекологічні величини врожайності, розраховані за моделлю, можуть бути співставлені з фактичними даними.

Це пояснюється тією обставиною, що частина цих показників являє собою потенційні характеристики, отримання яких можливе тільки при повній оптимальності всіх агроекологічних та біологічних факторів, що визначають рівень врожайності. Разом з тим, ці величини є орієнтирами для підвищення продуктивності сільського господарства.

Серед чотирьох агроекологічних категорій врожайності (потенційна врожайність (ПВ), метеорологічно можлива врожайність (ММВ), дійсно-можлива врожайність (ДМВ), виробнича врожайність (УВ) реальним є зіставлення рівнів ДМВ з врожайністю, яка отримана в умовах високої агротехніки - на дослідних ділянках сільськогосподарських установ або держсортоділянках. Вони були отримані в умовах властивій цій території ґрунтової родючості. Тут дотримується агротехніка вирощування культури, вноситься оптимальна доза мінеральних і органічних добрив, допускаються мінімальні втрати урожаю при його збиранні. Таким чином, врожайність на рівні ДМВ цілком може бути співставлена з рівнем врожайності дослідних ділянок

Перевірка адекватності запропонованої моделі показала, що середня відносна помилка розрахунку врожаю на рівні ДВУ становить 14 – 19 %. Дає підставу розглядати модель як працездатну і використовувати її для вирішення прикладних задач, пов'язаних з оцінкою агрокліматичних ресурсів вирощування ярого ячменю в Україні.

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

Основою сільського господарства України є зернове господарство. Постійно збільшується потреба в зерні, що 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, які обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Ярі зернові культури за величиною посівних площ на території Західного Лісостепу посідають одне з перших місць. Це - ярий ячмінь, овес, жито, кукурудза, гречка, просо та інші. Найбільш поширені посіви ранніх ярих культур у районах з родючими чорноземними ґрунтами. Але недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних щорічних коливань урожайності [30].

Науковці 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 [3-11].

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. Дворянні 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.

Нами ставилось завдання дослідити як впливає зміна клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність ярого ячменю на території Західного Лісостепу. 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 [19, 27-28, 33, 35].

Зупинимося 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 $149 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$. У наступній декаді ця сума збільшується до $169 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$ і, поступово зростаючи, досягає максимуму в дев'яту декаду, складаючи величину $245 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$. Після цього до кінця періоду вегетації ярого ячменю йде плавне зниження величин сум ФАР і перед настанням повної стиглості ці величини досягають значень $234 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$.

Приріст ПВ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 2.1, становить $112 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$. У наступній декаді приріст зростає до рівня $133 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$. Період третій лист - кушіння відзначений плавним ходом кривої динаміки

приростів ПВ. Після кущіння спостерігається підвищення Δ ПВ від декади до декади і максимального значення ($383 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$) досягає в період колосіння - молочна стиглість. Після настання фази молочної стиглості рівень приростів ПУ починає знижуватися і до кінця вегетації становить $35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$.

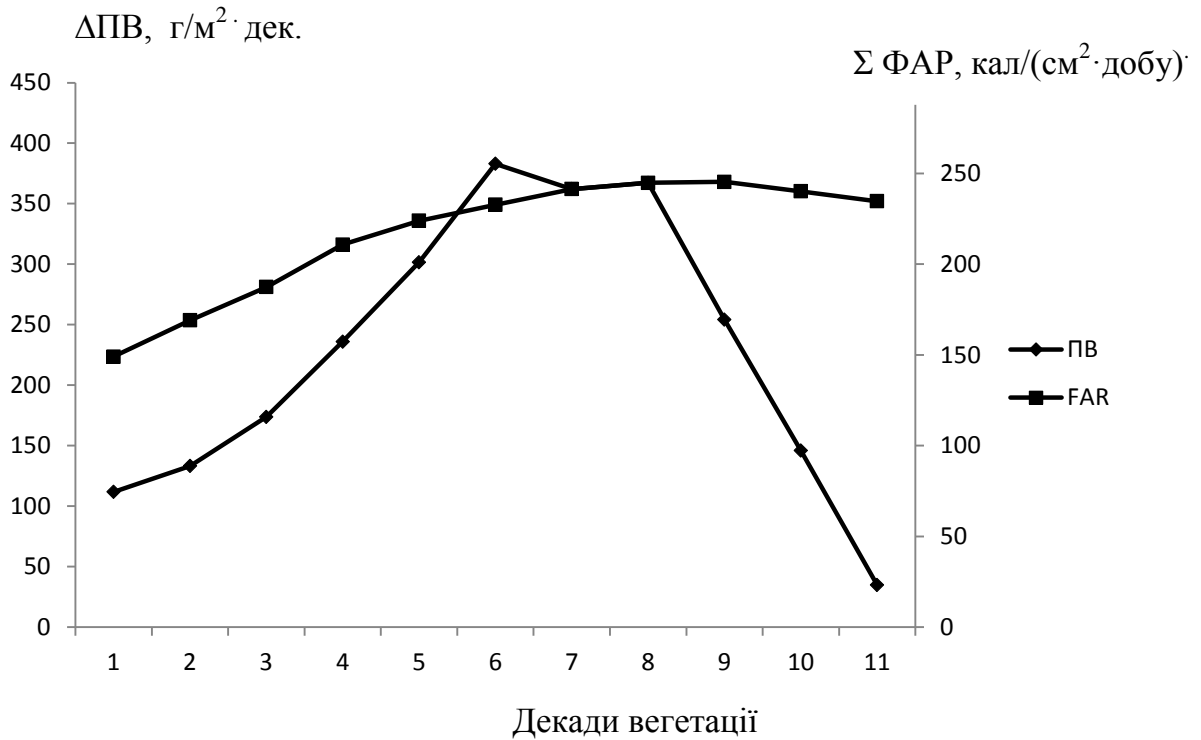


Рисунок 5.1 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР (Σ ФАР) ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 1990 – 2010 рр.

Розглянемо динаміку показників температурного режиму протягом вегетації.

Якщо температура повітря буде близькою до оптимальної TOP_1 , то буде досягтися максимальна продуктивність посівів. Природно, що значення t_s змінюється протягом вегетації. Будемо розглядати щодакдно динаміку нижньої (TOP_1) і верхньої (TOP_2) межі оптимальних значень температури

повітря для ярого ячменю та хід середньодекадної 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 6,9 °С, плавно піднімаючись досягає максимуму (17,1°С) наприкінці вегетаційного циклу.

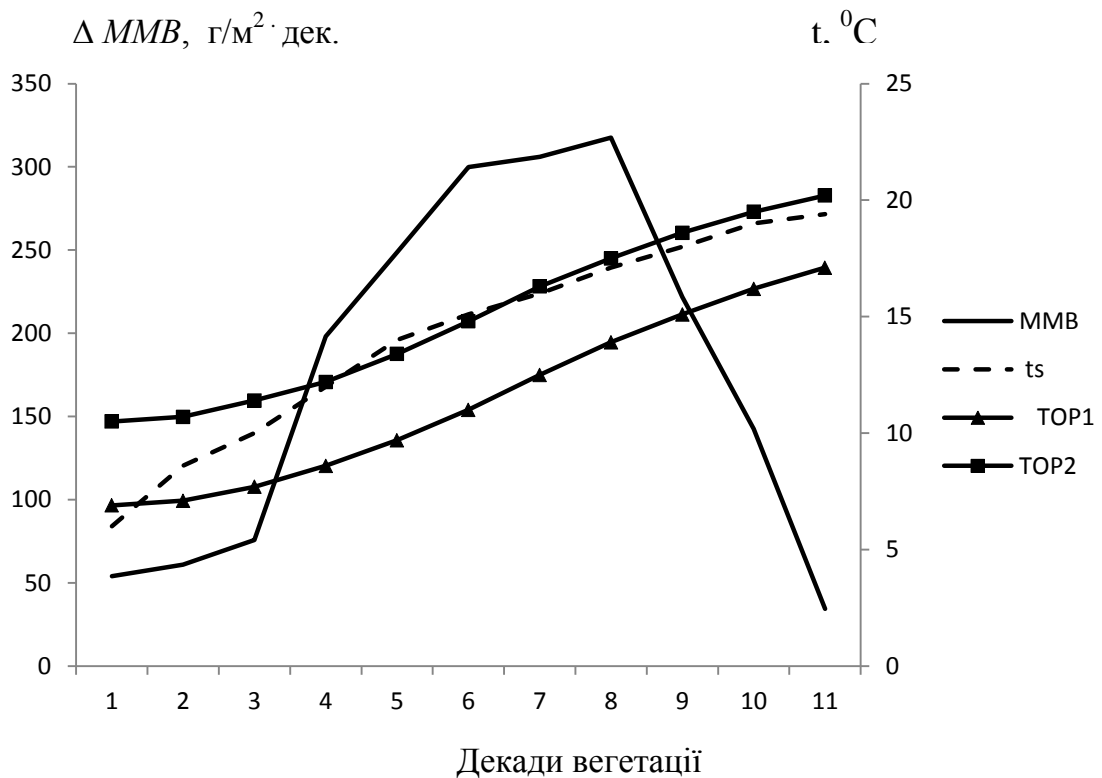


Рисунок 5.2 – Декадний хід приростів (Δ ММВ) та термічного режиму ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 1990 – 2010 рр.

Верхня межа оптимальних температур TOP2 починається з позначки 10,5°С, досягає максимуму в той же період, що і у TOP1 і становить 20,2 °С.

Крива ходу середньодекадної температури повітря починається з позначки 6,0 °С, плавно піднімаючись, проходить у четвертій декаді через TOP2, виходячи з інтервалу температурного оптимуму, і лише на шостій декаді вегетації вона знову перетинає TOP2. Надалі температура повітря плавно досягаючи максимуму (19,4 °С) 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 $54 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становить $318 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. Потім прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації склали $35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$.

Хід динаміки приростів дійсно-можливої урожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.3. Величини приростів починаються з позначки $30 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$, поступово зростаючи в четвертій декаді до $109 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. У

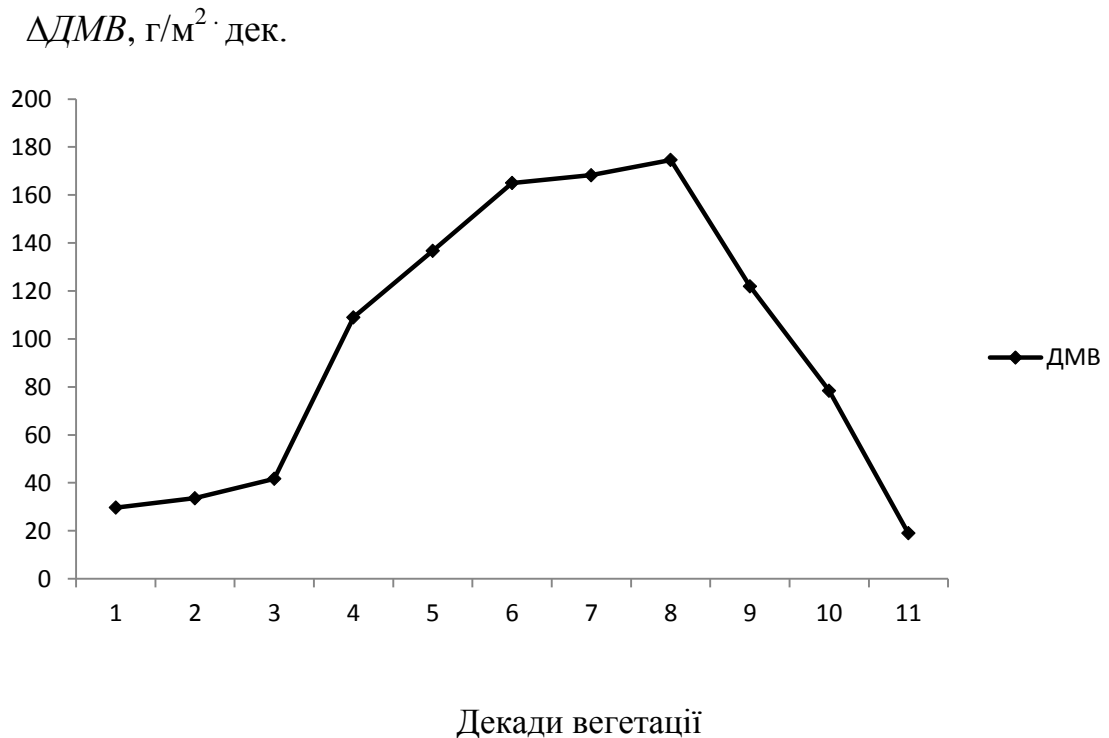


Рисунок 5.3 — Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Західному Ліссестепу за період 1990 – 2010 рр.

наступних декадах величина $\Delta \text{ДМВ}$ продовжує зростати, досягаючи максимуму в восьмій декаді вегетації, і становить $175 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. До кінця

вегетації рівень приростів ДМВ знижується. В кінці вегетаційного періоду прирости ДМВ склали 19 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 першу декаду вегетації становить 16 мм (рис. 5.4), потім у міру зростання вегетативної маси і температури повітря сумарне випаровування коливається до кінця вегетаційного періоду. Максимум сумарного випаровування спостерігається в кінці вегетації і становить 45 мм.

Випаровуваність (E_0) на початку періоду вегетації становить 25 мм, далі поступово збільшується до шостої декади, де спостерігається максимум і становить 50 мм. З сьомої декади випаровуваність зменшується і в кінці вегетаційного періоду вона складатиме 46 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 0,63 відн.од. Поступово знижуючись до третьої декади набуває мінімального значення яке складало 0,52 відн.од. В послідуєчих декадах йде зростання вологозабезпеченості посівів і досягає найбільш високих значень за весь період і становить 0,98 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 побачити, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою. Таким чином, збільшення

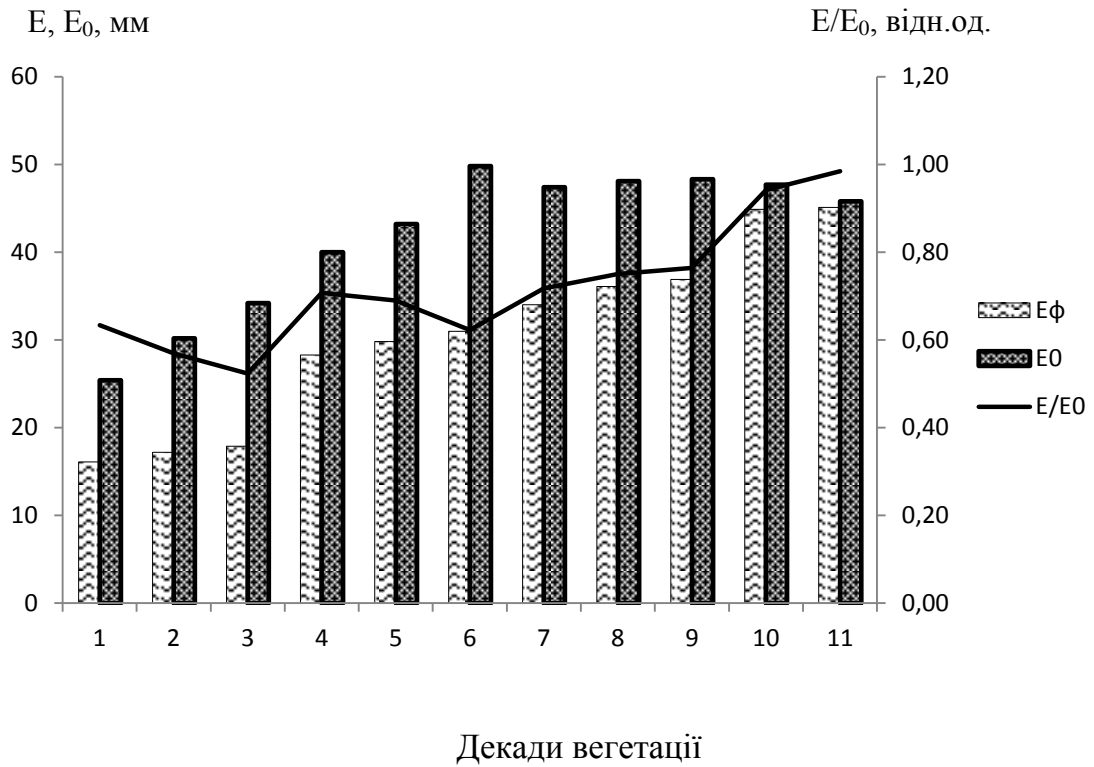


Рисунок 5.4 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Західному Ліссестепу за період 1990 – 2010 рр.

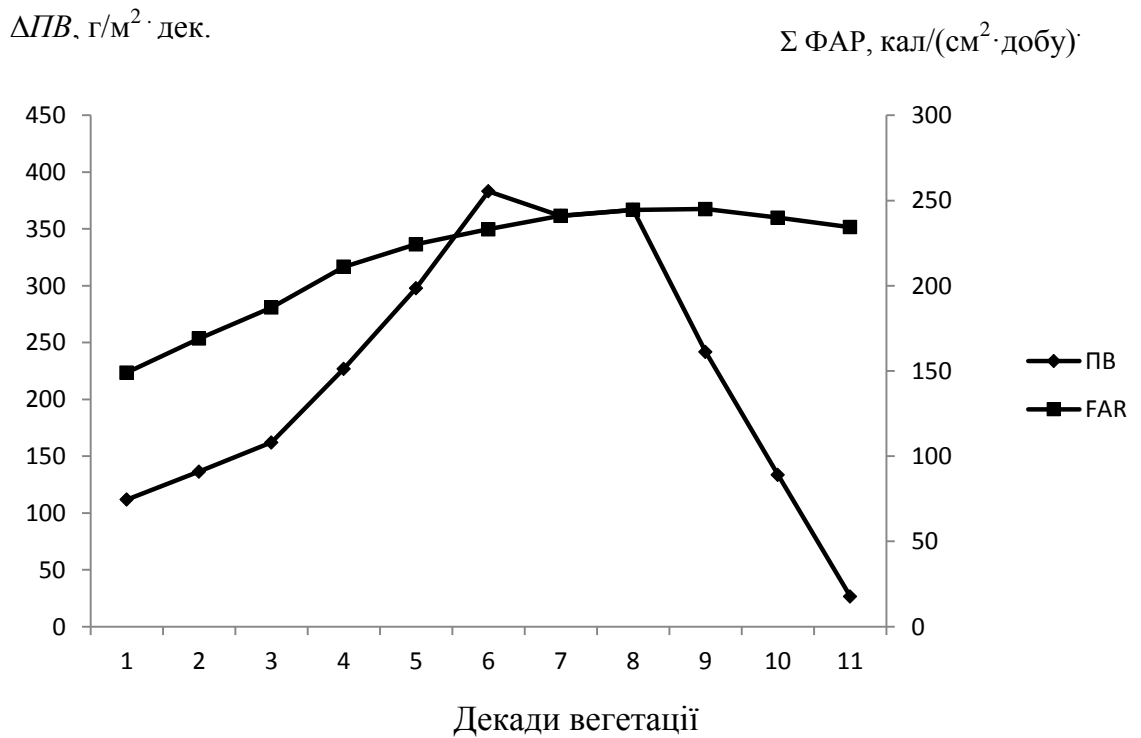


Рисунок 5.5 – Динаміка декадних приростів PB і сум ΦAP ($\Sigma \Phi AP$) ярого ячменю в Західному Ліссестепу за період 2011 – 2030 рр.

приростів ПВ порівняно з базовим варіантом, відбуватиметься лише за рахунок збільшення концентрації CO₂ в атмосфері з 380 до 470 ppm.

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 112 г/м². дек., досягає найбільшого значення 383 г/м². дек. у шостій декаді вегетації, потім починає поступово знижуватися. У сьомій та десятій декадах прирости ПВ коливатимуться від 361 до 134 г/м². дек. І на кінець декади прирости ПВ становитимуть 27 г/м². 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 °С. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (t_s) починається з 6,5 °С, що спостерігається нижче нижньої межі температурного оптимуму (TOP1). В наступні дві декади середньодекадна сценарна температура повітря підвищується до температурного оптимуму і складатиме 10,4 °С. Далі сценарна середньодекадна температура повітря зростає до 12,5 °С 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 17,5 °С. А далі до кінця вегетаційного періоду середньодекадна температура повітря досягне максимуму (19,8 °С) і буде знаходитися нижче верхньої межі температурного оптимуму.

У початковий період вегетації сценарний приріст МВУ становитимуть 68 г/м². дек. У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становитиме 329 г/м².дек. Потім сценарні прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації складатимуть 27 г/м².дек. (рис. 5.6).

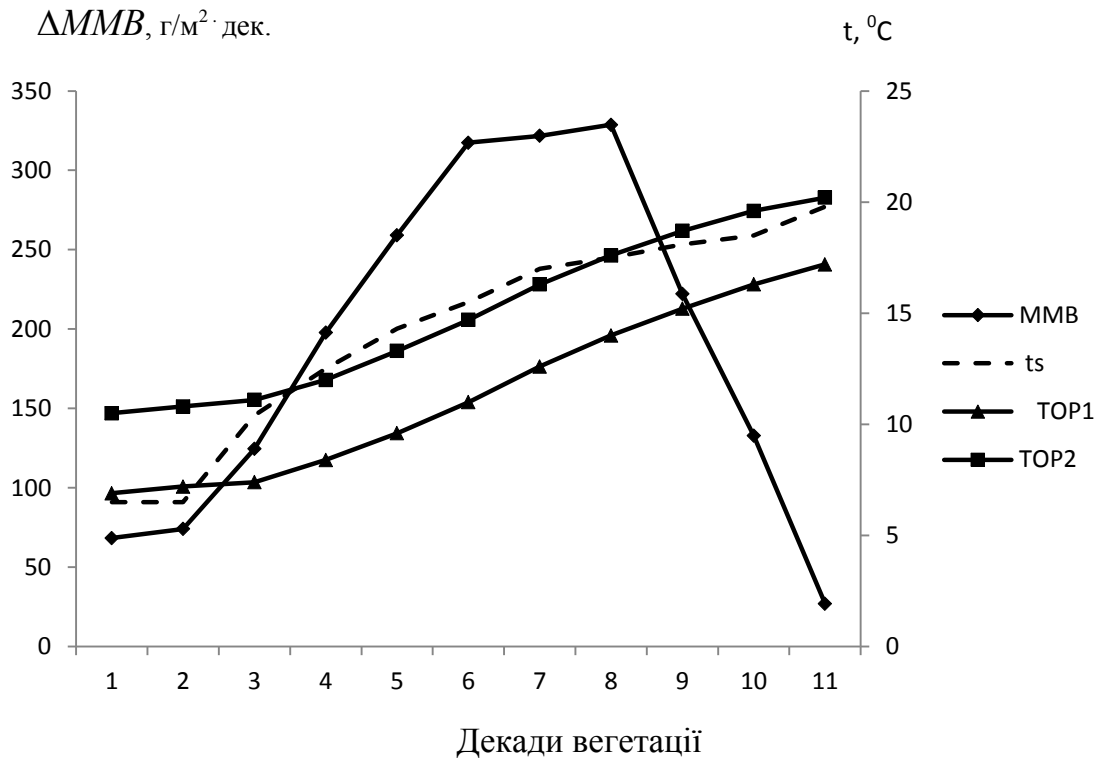


Рисунок 5.6 – Декадний хід приростів (ΔMMB) та термічного режиму ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2011 – 2030 рр.

Хід динаміки сценарних приростів дійсно-можливої врожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.7. Величини приростів починаються з позначки $38 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$, поступово зростаючи в наступній декаді до $41 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. У наступних декадах величина $\Delta ДМВ$ продовжує інтенсивно зростати, досягаючи максимуму в восьмій декаді вегетації, і становитимуть $181 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. До кінця вегетації рівень сценарних приростів ДМВ різко знижується. В кінці вегетаційного періоду сценарні прирости ДМВ складатимуть $15 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$.

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 3-11 декад вегетації і коливається від 18 до 48 мм.

$\Delta ДМВ$, г/м²·дек.

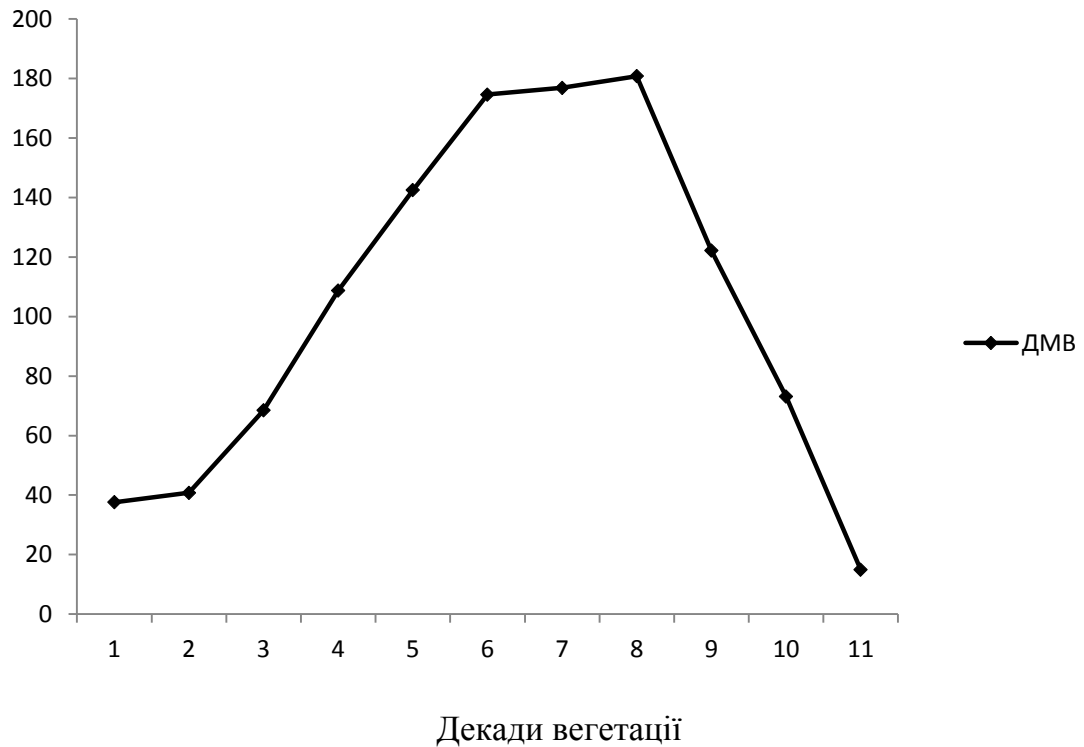


Рисунок 5.7 – Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2011 – 2030 рр.

Випаровуваність (E_0) на початку періоду вегетації становить 25 мм, далі поступово збільшується до шостої декади, де спостерігається максимум і становить 50 мм. З сьомої декади випаровуваність зменшується і в кінці вегетаційного періоду вона складатиме 46 мм (рис. 5.8).

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 в другій та третій декадах набуває мінімального сценарного значення яке складало 0,59 відн.од. В послідуючих декадах йде

зростання сценарної вологозабезпеченості посівів і становить 1,04 відн. од. до кінця вегетації.

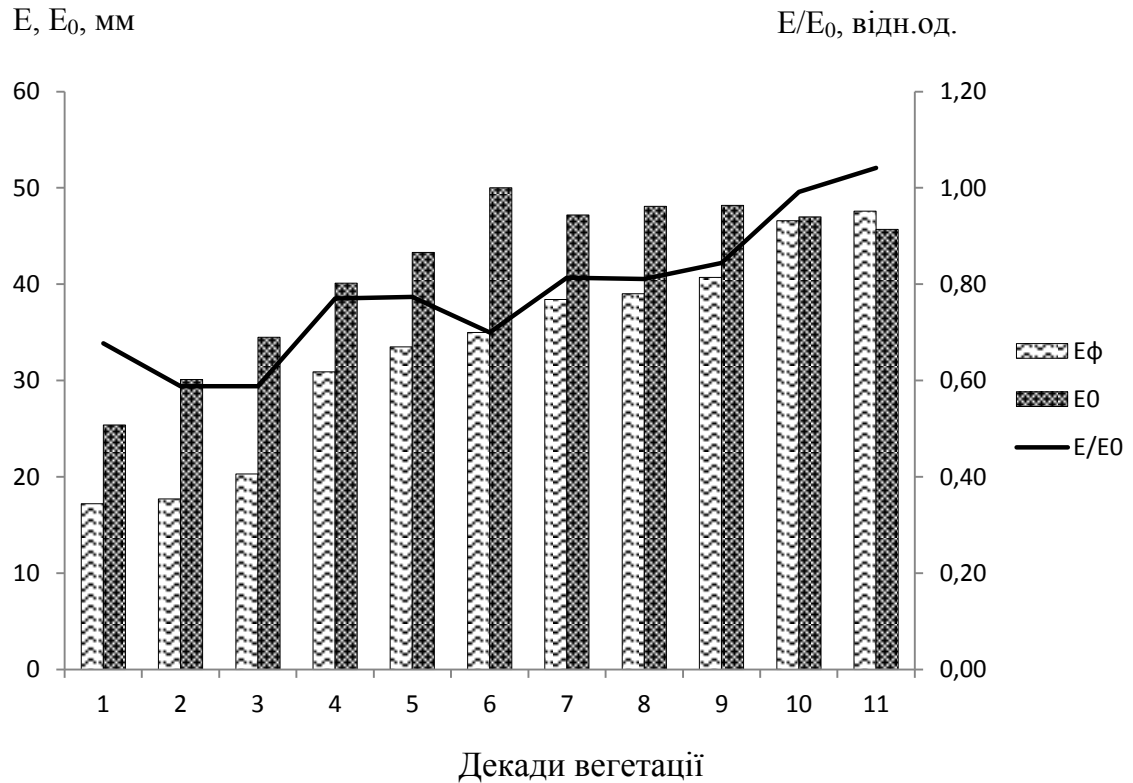


Рисунок 5.8 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2011 – 2030 рр.

У початковий період вегетації сценарна сума ФАР становить $149 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$, 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 $240 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{добу})$.

Сценарний приріст ПВ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 5.9, становить $112 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$. У наступній декаді приріст зростає до рівня $142 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$. З третьої по п'яту декади йде інтенсивний ріст сценарного приросту ПВ і коливається від 190 до $323 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$. В шостій декаді спостерігається максимальний сценарний приріст ПВ ($367 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$). До

кінця вегетаційного періоду спостерігається зниження сценарного приросту ПВ і становить $74 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$.

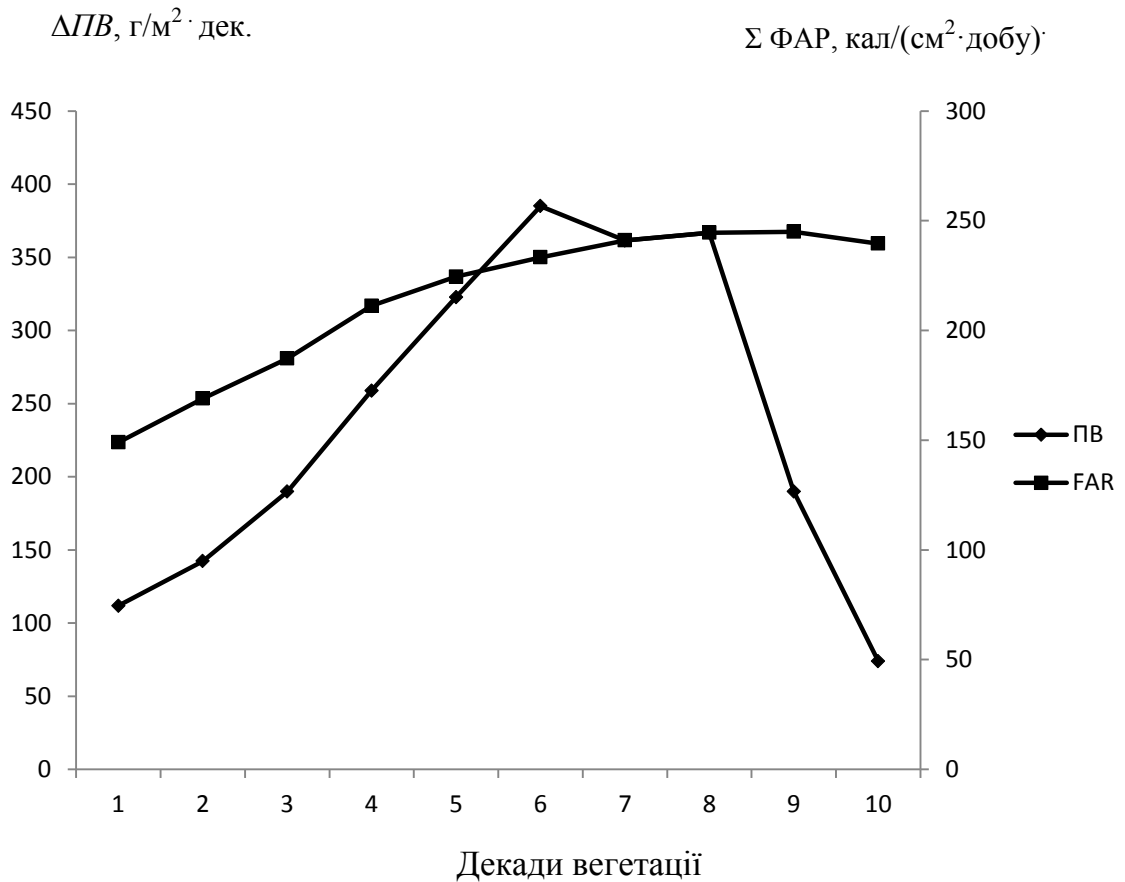


Рисунок 5.9 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР ($\Sigma \text{ФАР}$) ярого ячменю в Західному Лісостепу України за період 2031 – 2050 рр.

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

Як вже відзначалося, оптимальний діапазон температур для ярого ячменю коливається у межах $6,9 - 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (t_s) починається з $7,4 \text{ }^\circ\text{C}$, що спостерігається вище нижньої межі температурного оптимуму (ТОР1). В наступні чотирі декади середньодекадна сценарна температура повітря підвищується до температурного оптимуму і складатиме $13,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

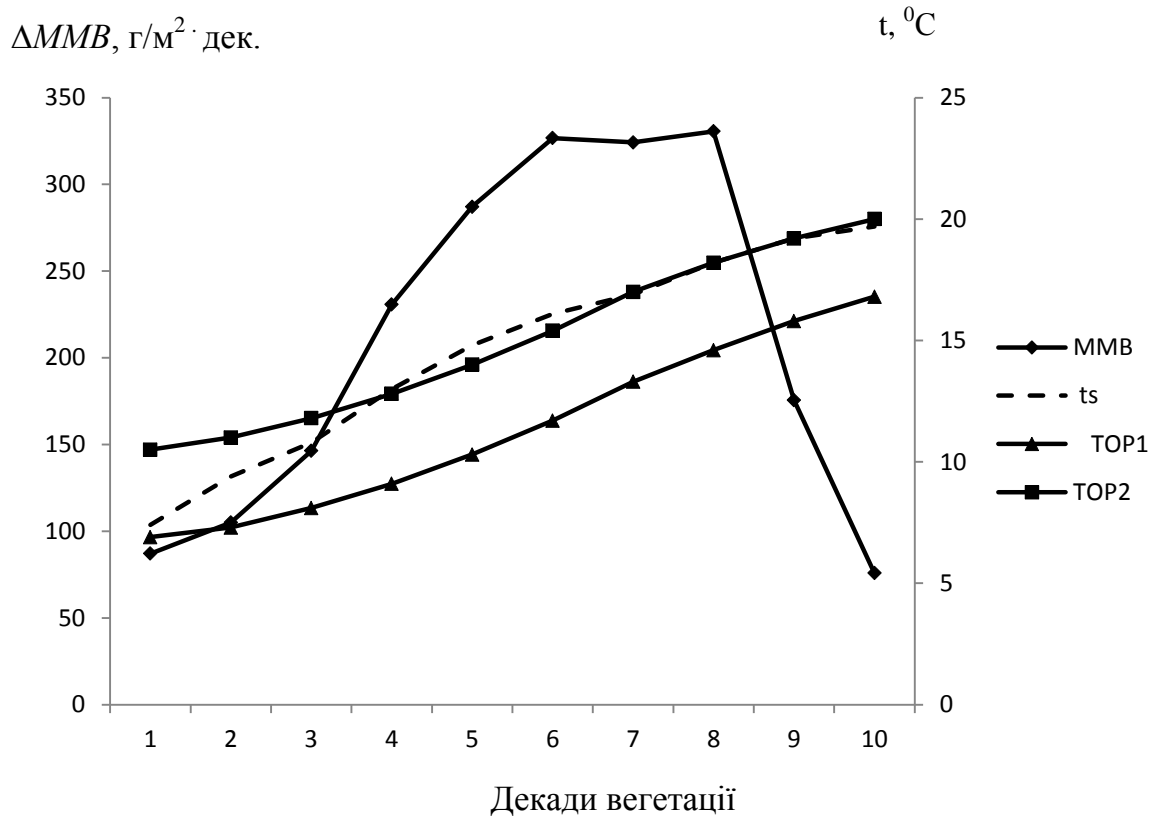


Рисунок 5.10 – Декадний хід приростів (ΔMMB) та термічного режиму ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2011 – 2030 рр.

Далі сценарна середньодекадна температура повітря зростає з 14,8 °C в п'яту декаду до 16,9 °C в сьому декаду вегетаційного періоду, що перевищує верхню межу температурного оптимуму (TOP2). З восьмої декади і до кінця вегетаційного періоду середньодекадна температура повітря досягне максимуму (19,7 °C) і буде знаходитися на рівні верхньої межі температурного оптимуму.

У початковий період вегетації сценарний приріст МВУ становитимуть 87 г/м². дек. У наступні періоди спостерігається її плавне зростання. Максимум досягається майже наприкінці періоду, він становитиме 330 г/м². дек. Потім сценарні прирости МВУ різко знижуються і в кінці вегетації складатимуть 76 г/м².дек. (рис. 5.10).

Хід динаміки сценарних приростів дійсно-можливої врожайності (ДМВ) представлений на рис. 5.11. Величини приростів починаються з позначки $48 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

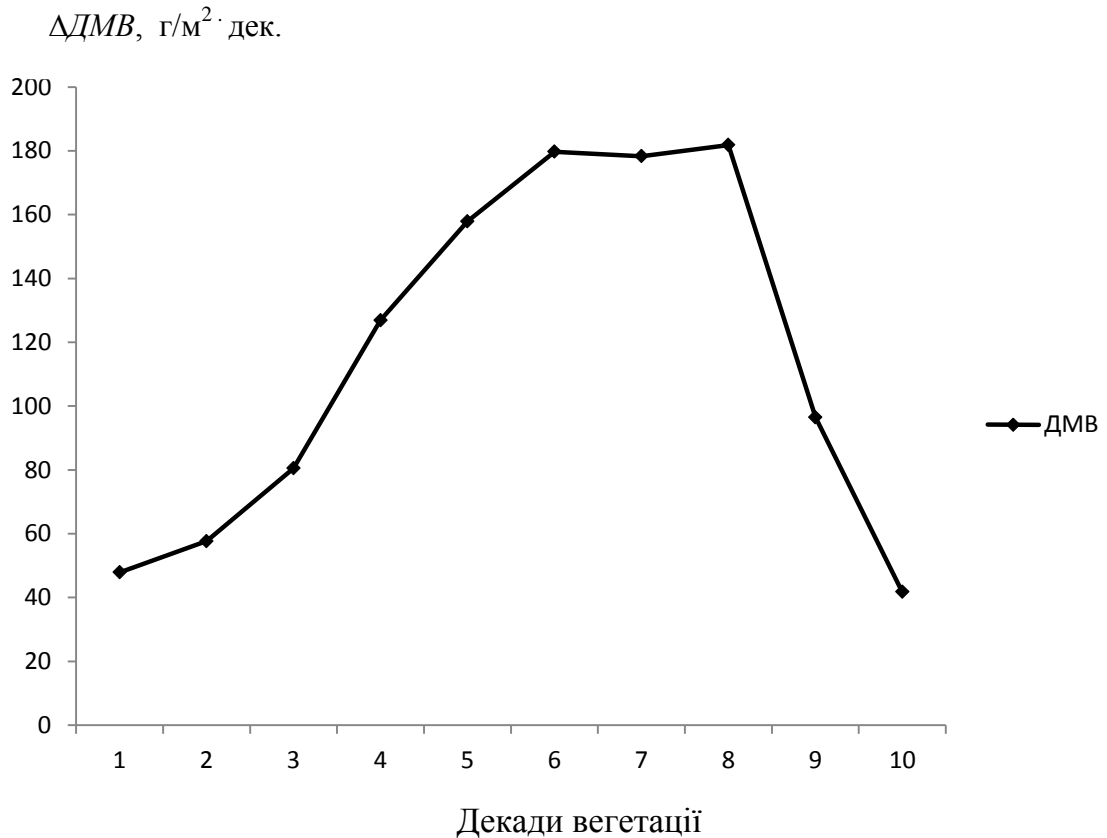


Рисунок 5.11 – Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2031 – 2050 рр.

У наступних декадах величина $\Delta\text{ДМВ}$ починають інтенсивно зростати, досягаючи максимуму в восьмій декаді вегетації, і становитимуть $182 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$ До кінця вегетації рівень сценарних приростів ДМВ різко знижується. В кінці вегетаційного періоду сценарні прирости ДМВ складатимуть $42 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Хід показників зволоження розвитку ярого ячменю за умов зміни клімату представлено на рис. 5.12. Сумарне випаровування (E_{Φ}) посіву на початку вегетації складає 18 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси протягом наступних

декад вегетації і коливається від 18 до 42 мм. В десяту декаду вегетації сценарне сумарне випаровування досягає максимуму і складатиме 50 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 0,69 відн.од.

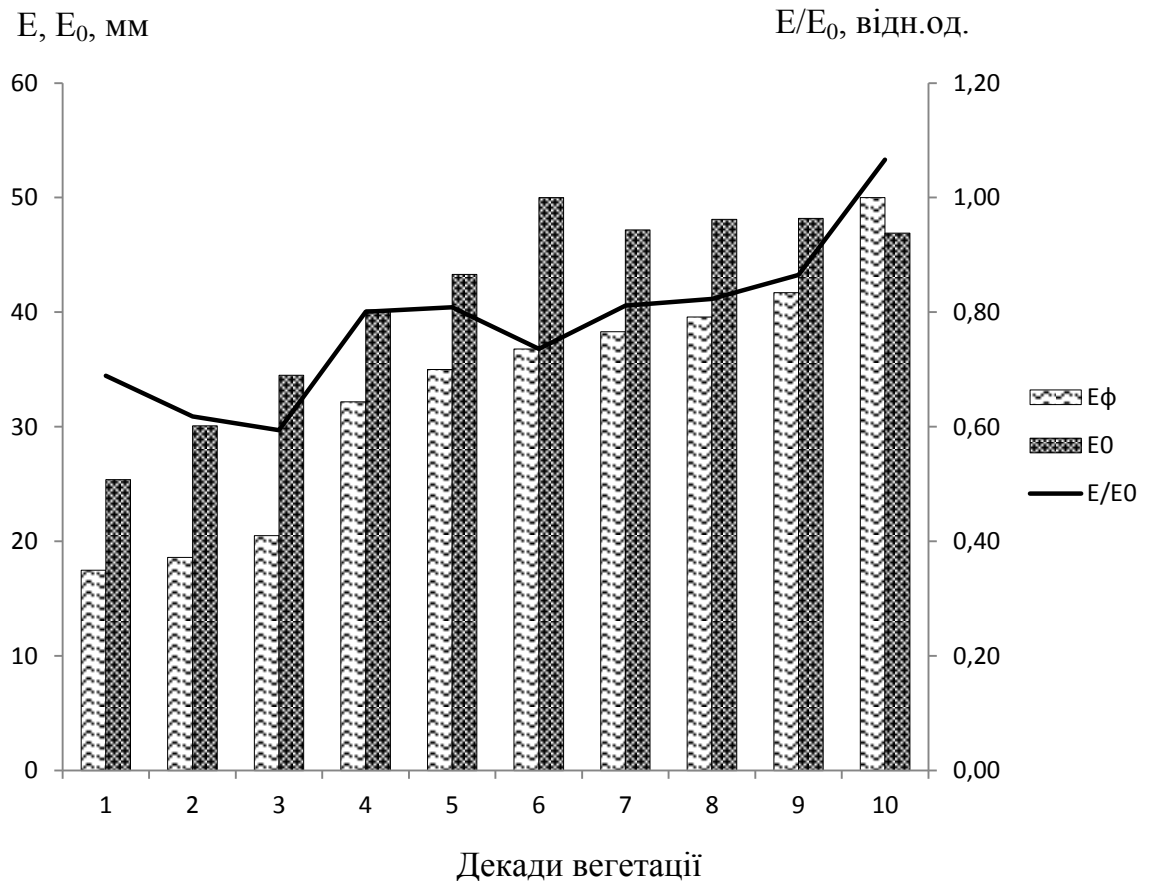


Рисунок 5.12 – Декадний хід водного режиму ярого ячменю в Західному Лісостепу за період 2031 – 2050 рр.

Поступово знижуючись до третьої декади набуває мінімального сценарного значення яке складало 0,59 відн.од. В послідуючих декадах йде зростання сценарної вологозабезпеченості посівів і становить 0,81 відн. од. в п'яту декаду вегетації. В слідкуючій декаді спостерігається спад до

0,74 відн. од. З сьомої декади йде зростання, досягаючи максимальної величини в кінці вегетації (1,07 відн. од.).

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. Никифорової 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 0,783 відн.од., за сценарні періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. – 0,847 та 0,870 відн.од. відповідно.

Співвідношення УВ і ММУ дає можливість оцінити ефективність використання агрокліматичних ресурсів (C_0). В обидва кліматичні періоди не

зміниться оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів ярого ячменю і складатиме 0,550 відн.од.

Таблиця 5.1 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності ярого ячменю у Західному Лісостепу

№	Загальні показники за період вегетації	Кліматичні періоди		
		1990-2010	2011-2030	2031-2050
1	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од. (СВУ)	0,783	0,847	0,870
2	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.(С ₀)	0,550	0,550	0,550
3	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од. (С _d)	0,315	0,322	0,329
4	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од.(С _a)	0,403	0,381	0,378
5	ПУ, г/м ²	2504	2448	2402
6	ММУ, г/м ²	1960	2074	2089
7	ДМУ, г/м ²	1078	1141	1149
8	ПУ зерна, ц/га	49,2	52,0	52,4

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>0,329 відн. од. у другому сценарному періоді. У першому сценарному періоді рівень С_d знижується до 0,322 відн.од. Рівень реалізації агроекологічного потенціалу в базовий період становить 0,315.

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 найменший рівень C_a складатиме 0,378 відн.од. Збільшується рівень C_a (0,381 відн.од.) у першому сценарному періоді. В базовий період C_a становила 0,403 відн.од.

Значення приростів потенційного врожаю ярого ячменю за період 1990-2010 рр. становить 2504 г/м^2 , за період 2011-2030 рр. – 2448 г/м^2 та за період 2031-2050 рр. становить 2402 г/м^2 (табл. 5.1).

Розподіл приростів ММВ по території відрізняється від розподілу ПУ, як видно з табл. 5.1, і найбільше значення його (2089 г/м^2) спостерігається в другому сценарному періоді, зменшуючись до 2074 г/м^2 у першому сценарному періоді. Найменше значення приросту ММВ спостерігається в базовий період і становитиме 1960 г/м^2 .

Переходячи до опису приростів ДМВ ярого ячменю в Західному Лісостепу можна відзначити, що найбільше значення ДМВ спостерігається в другому сценарному періоді. Значення ДВУ тут складатиме 1149 г/м^2 .

Спостерігається нижче значення приросту ДМВ у першому сценарному періоді і становитиме 1141 г/м^2 , що більше на 63 г/м^2 від базового періоду.

Описуючи розподіл виробничих врожаїв в Західному Лісостепу можна відзначити, що врожаї характеризується меншим розмаїттям. Значення виробничих врожаїв по території коливаються від 49,2 до 52,4 ц/га. Найбільш високий виробничий врожай спостерігається в другий сценарний період і складатиме 52,4 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 2031-2050 рр.

ВИСНОВКИ

На основі обробки матеріалу спостережень по Західному Лісостепу можна зробити такі висновки:

1. Вивчено агрокліматичні ресурси Західного Лісостепу. Розглянуто основні показники ресурсів тепла і вологи.

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

3. Досліджена технологія вирощування ярого ячменю;

4. Для ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу 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. Охарактеризована подекадна динаміка показників приростів агроекологічних категорій урожайності під впливом теплового, радіаційного та водного режимів для Західного Лісостепу.

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

6. Виконана оцінка агроекологічних категорій урожайності всієї сухої маси та урожаю зерна ярого ячменю. Так, по території Західного Лісостепу ПУ сухої маси ярого ячменю коливається від 2402 – 2504 г/м²; метеорологічно можливий урожай від 1960 – 2089 г/м²; дійсно можливий урожай від 1078 – 1149 г / м².. Урожай зерна ярого ячменю в виробництві коливається від 49,2 – 52,4 ц/га

7. Виконана комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів для ярого ячменю дана. Так, в Західному Лісостепу оцінка рівня використання

агрокліматичних ресурсів становить 0,550 відн.од., рівень господарського використання метеорологічних та ґрунтових умов знаходиться в межах від 0,378 до 0,403 відн.од., ступінь сприятливості кліматичних умов складає від 0,783 до 0,870 відн.од., рівень реалізації агроекологічних ресурсів коливається від 0,315 до 0,329 відн.од.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко Т.І., Кульбіда М.І., Прокопенко А.Л. Агрокліматичний довідник по території України. Кам'янець-Подільський: Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
2. Агроклиматический атлас Украинской ССР /под ред. С.А.Сапожниковой. Киев: Урожай, 1964. 36 с.
3. Бахтеев Ф.Х. Ячмень. М. Л., Сельхозиздат, 1955.
4. Борисоник З.Б. Яровой ячмень. М.: Колос, 1974. С. 255.
5. Коданев И.М., д-р с.-х. наук. Ячмень. М., Издательство «Колос», 1964.
6. Шиголев А.А. Метод составления фенологических прогнозов. //Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. Л.: Гидрометеиздат, 1957.
7. Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 138 с.
8. Пасечнюк А.Д. Погода и полежание зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 212 с.
9. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Ярий ячмінь. Рослинництво: підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. С. 183-210.
10. Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов // Метеорология и гидрология. 1971. №5. С. 84 –91.
11. Антоненко В.С. Динамическое моделирование роста, развития и формирования продуктивности озимой пшеницы. К.: «АртЭк», 2002. 63 с.
12. 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.

- 13.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.
- 14.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.
- 15.Дмитренко В.П. Современное направление исследований и методологические аспекты проблемы урожайности (модели типа погода – урожай) //Труды УкрНИГМИ, 1978. Вып. 164. С. 33 – 48.
- 16.Ковтун И.И., Гойса Н.И., Митрофанов Б.А. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288 с.
- 17.Цубербиллер Е.А. Суховой, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними. М.: Колос: 1966. 110 с
- 18.Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 226 с.
- 19.Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирование урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. Одесса: 2001. Вып. 43. С. 128 – 135.
- 20.Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 152 с.
- 21.Гольцберг И.А. Агроклиматическое районирование территории административных областей // Труды ГГО. 1969. Вып. 248. С. 4–11.
- 22.Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 247 с.
- 23.Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.

- 24.Каринг П.Х., Варчева С.Е., Тооминг Х.Г. Влияние местных климатообразующих факторов и плодородия почвы на урожайность ячменя в Эстонской ССР // Труды ВНИИСХМ, 1987. Вып. 19. С. 41 – 51.
- 25.Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
- 26.Витченко А. Н., Полевой А. Н. Методика агроэкологической оценки сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии. //В сб.: Вестник Белорусского университета. Сер. 2. химия, биология, география, 1986, № 2. С. 56– 59.
- 27.Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319 с.
- 28.Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
- 29.Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистеми. К. КНТ. 2007. 344 с.
- 30.Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса. «ТЕС», 2012. 612с.
- 31.agro-business.com.ua/.../811-shkidnyky-zernovykh-kolosov...
- 32.rostok-agro.com/component/k2/item/26-yarij-yachmin
- 33.Польовий А.М, Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Оцінка впливу змін агрокліматичних ресурсів України на формування урожайності ярого ячменю. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2014. №17. С 88-96.
- 34.Вериго С.А, Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 288 с.
- 35.Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія /за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса. Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.