

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Природоохоронний факультет
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: **Агроекологічні умови формування врожаю
ярого ячменю в Кіровоградській області**

Виконала студентка 1 курсу групи ПЕ-50
спеціальності 101 «Екологія», спеціалізації
«Прикладна екологія»

Левіна Катерина Олександрівна

Керівник к.геогр.н., доцент

Барсукова Олена Анатоліївна

Рецензент к.геогр.н., доц.

Романчук Марина Євгенівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Природоохоронний

Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів

Рівень вищої освіти спеціаліст

Спеціальність 101 «Екологія», спеціалізація «Прикладна екологія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів**

Польовий А.М.

“ 13 ” березня 2017 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТЦІ

Левіній Катерині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Агроекологічні умови формування врожаю ярого
ячменю в Кіровоградській області

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» грудня 2016 року №372-«С»

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали паралельних спостережень за
врожаєм, фазами розвитку ярого ячменю та метеорологічними факторами

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити) 1. Біологічні особливості ярого ячменю та його
вимоги до умов вирощування;

2. Сучасні методи розрахунку продуктивності культур за допомогою
математичних моделей;

3. Методи проведення чисельного експерименту;

4. Умови формування ярого ячменю в Кіровоградській області при
середньобагаторічних, вологих та засушливих умовах.

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

1. Динаміка метеорологічних елементів та приростів сухої маси ярого
ячменю.

2. Динаміка приростів густоти стеблистою.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Ознайомлення з літературними джерелами з досліджуваних питань. Складання плану досліджень. Підготовка першого розділу з фізико-географічними особливостями території дослідження	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р.	88,0	Добре
2	Ознайомлення з біологічними особливостями ярого ячменю та їх вимогами до навколишнього середовища. Підготовка банку даних.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	88,0	Добре
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	88,0	Добре
3	Вивчення базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів. Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90,0	відмінно
4	Оцінка агроекологічних рівнів урожайності ярого ячменю, отриманих за моделлю. Аналіз розрахунків, складання тексту	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90,0	відмінно
5	Оформлення тексту 5 розділу	07.05.2017 р.- 28.05.2017 р.	92,0	відмінно
6	Оформлення висновку, здача роботи керівнику на перевірку. Виправлення помилок, дооформлення роботи.	29.05.2017 р.- 01.06.2017 р.	90,0	відмінно
7	Підготовка презентації та доповіді до захисту		90,0	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		89,6	

Студент _____ Левіна К.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	5
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС І АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ	7
1.1. Загальні фізико-географічні відомості по Кіровоградській області	7
1.2. Агрокліматичні ресурси Кіровоградської області.....	10
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ	15
2.1 Ботаніко-морфологічна характеристика культури.....	15
2.2. Вимоги ярого ячменю до світла.....	17
2.3. Вимоги ярого ячменю до тепла.....	18
2.4. Вимоги ярого ячменю до вологи.....	19
2.5. Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і живлення.....	20
2.6. Характеристика вирощуваних сортів ярого ячменю.....	23
3 СТРУКТУРА АГРОКЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	28
3.1. Сучасний стан моделювання формування врожаю зернових культур	28
3.2. Концепція моделювання впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю	32
3.3. Блок вхідної інформації моделі	36
3.4. Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою	37
3.5. Блок розрахунку метеорологічно можливої врожайності та формування стебел	42
3.6. Блок узагальнених оціночних характеристик	51
3.7. Ідентифікація параметрів моделі агрокліматичної моделі продуктивності ярого ячменю та перевірка її адекватності	53

4. АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ	63
4.1. Порівняльна характеристика середніх багаторічних, вологих і сухих умов і їх вплив на формування врожаю ярого ячменю в Кіровоградській області.....	64
5. ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ТЕРИТОРІЇ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	77
5. 1. Ґрунтові і агрометеорологічні умови вирощування ярого ячменю	78
5.2. Агроекологічні категорії врожайності	85
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	91

ВСТУП

Ячмінь, втім, як і жито, і пшениця - це древня зернова культура. Цей злак використовують як страхову культуру для пересівання озимини. Завдяки своїй скороспелості 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 малопридатне, 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.

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 кушиться, 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.

У цьому дипломному проекті були проведені чисельні експерименти за оцінкою впливу агрометеорологічних умов на формування врожайності ярого ячменю в Кіровоградській області.

Моделювалися посушливі, вологі і середньобагаторічні умови. Посушливі умови моделювалися: - опади і запаси продуктивної вологи - низькі, а температура висока. Вологі умови моделювалися: - опади і запаси продуктивної вологи - високі, а температура низька.

Дана порівняльна характеристика впливу посушливих і вологих умов на формування врожайності зятого ячменю порівняно з середньобагаторічними умовами.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС І АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Загальні фізико-географічні відомості по Кіровоградській області

Кіровоградська область розташована на правобережжі Дніпра, в південній частині Придніпровської піднесеності, в лісостеповій і степовій зонах.

Площа її 24,9 тис. км².

Поверхня області представляє хвилясту рівнину, сильно розгалужену річковими долинами і численними ярами і балками.

Річок і водойм в області багато. Річки належать до систем Дніпра і Південного Буга.

Досліджувана територія характеризується порівняно одноманітним ґрунтовим складом. Переважну частину області займають чорноземи. Схили долин і вододіли покриті в південно-східній частині області звичайними середньогумусними чорноземами, у північно-західній частині – потужними чорноземами. Серед останніх спостерігаються численні плями ясно-сірих, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтів і малогумусних вилужених чорноземів. У заплавах рік місцями зустрічаються алювіальні ґрунти [1].

Як лісостепова (північно-західна), так і степова (південно-східна) частини області в основному розорані й представляють культурний ландшафт. У долинах рік і на вододілах у північно-західній частині розташовані невеликі діброви. У районі Знаменки зберігся великий масив лісу, так званий Чорний ліс (близько 10 тис. га). У ньому крім дуба, ростуть граб, ясен і інші широколистяні породи. На території області зернові, технічні, кормові культури й багаторічні трави.

Зернові (озима пшениця, ячмінь і ін.) становлять 68% усіх посівів. Основними технічними культурами є: соняшник, цукровий буряк, соя, льонкудряш, озимий рапс. Значне місце займають овочівництво, баштанництво й посіви картоплі. На частку багаторічних трав (люцерна, еспарцет і ін.) доводиться понад 4% посівів області [18].

Таблиця 1.1 - Середня багаторічна температура повітря, °C

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
Аджамка												
-6,4	-5,9	-0,7	6,9	14,5	17,4	20,1	19,2	14,1	7,9	1,0	-4,1	7,0
Сагайдак												
-5,4	-4,8	0,7	8,0	15,8	19,2	21,4	20,4	15,2	8,9	2,0	-3,3	8,2

Як видно з приведених даних, середньомісячні і річна температури повітря на півдні приблизно на 1° вище, ніж на півночі області. У окремі роки ця різниця буває значнішою.

Кількість випадних опадів впродовж року розподіляється таким чином.

Таблиця 1.2 - Середня багаторічна кількість опадів

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
Аджамка												
16	14	19	36	45	58	61	52	39	32	29	30	431
Сагайдак												
22	20	23	31	42	59	57	44	26	29	31	34	418

Більша кількість опадів випадає в теплий період року (квітень - жовтень).

Сніговий покрив утворюється що зими, але тримається нетривалий час.

Графічне зображення розподілу метеорологічних елементів в році на ст. Кіровоград наведено на рис. 1.1

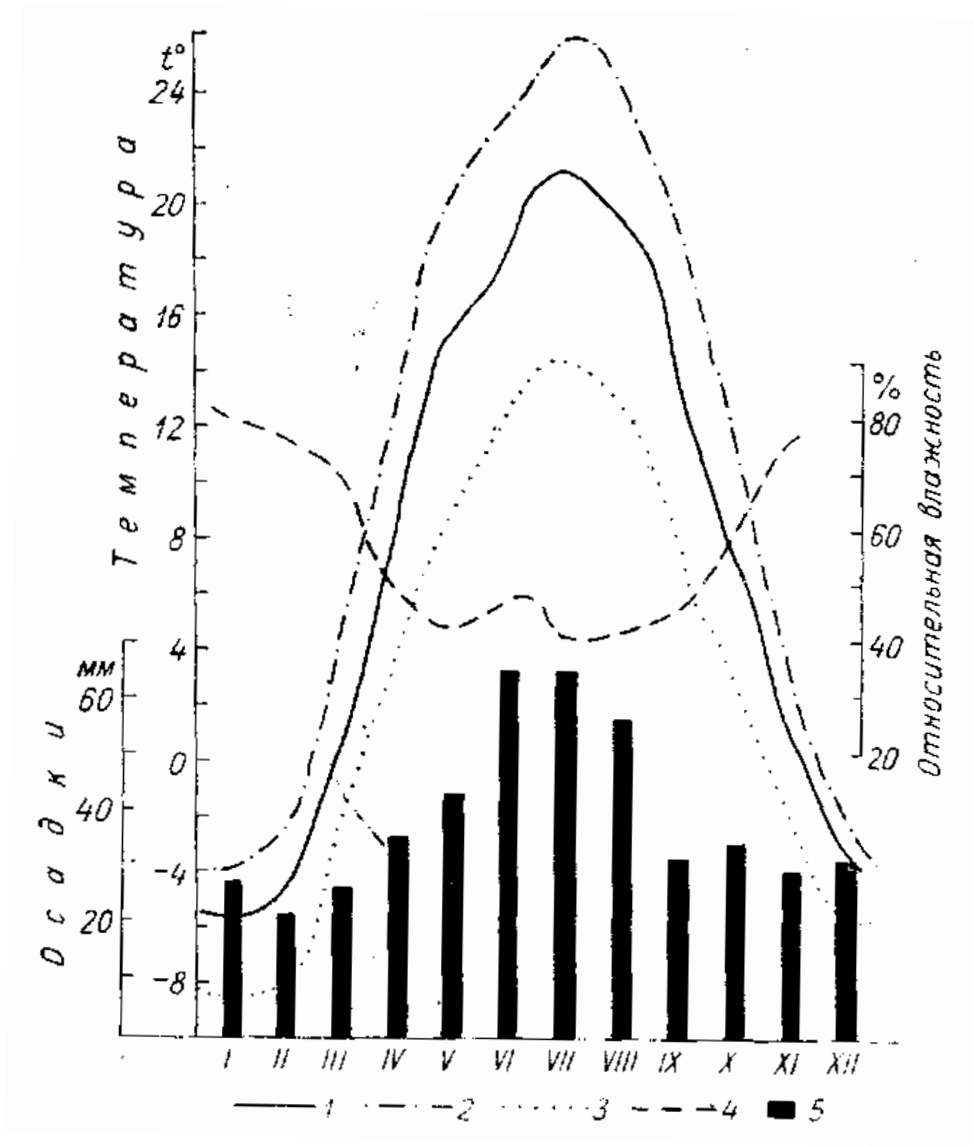


Рисунок 1.1 - Річний хід метеорологічних елементів на ст. Кіровоград.

1 - середня добова температура повітря, 2 - середня температура повітря за 13 годин, 3 - середній мінімум температури повітря, 4 - відносна вологість повітря, 5 - опади.

1.2 Агрокліматичні ресурси Кіровоградської області

Клімат області континентальний, помірно-теплий. Для більш чіткої уяви про кліматичні ресурси Кіровоградської області її територія умовно ділиться на два агрокліматичних району (рис. 1.2).

В основу районування покладені термічні ресурси (сума середніх добових температур) періоду з температурою вище 10°C. У якості характеристики ступені зволоження території для агрокліматичного районування був узятий гідротермічний коефіцієнт зволоження Г.Т. Селянінова за цей же період.

Виходячи із цього, на території області було виділено два агрокліматичних району. Перший – недостатньо вологий, що займає західну й північну частини області; другий – помірковано посушливий, що займає південну й східну частини. По термічних умовах перший з них можна назвати теплим, а другий – дуже теплим.

I. Недостатньо вологий, теплий район. Він включає Аджамський, Олександрійський, Олександровський, Гайворонський, Голованевський, Добровеличківський, Знаменський, Кіровоградський, Маловісковський, Зеландско-Архангельський, Новомиргородський і Уляновський адміністративні райони.

Його кліматичні ресурси характеризуються наступними показниками: Величина ГТК становить 1.0, кількість опадів за вегетаційний період 250 – 290 мм, річна кількість опадів 430 – 480 мм, сума температур за період активної вегетації становить 2800 – 2900°C. тривалість цього періоду 165 – 170 днів.

Останній весняний заморозок припинявся в третій декаді квітня, а перші осінні починаються в першій декаді жовтня. Тривалість безморозного періоду становить 160 – 170 днів. Середня з максимальних висот сніжного покриву 12 – 16 см.

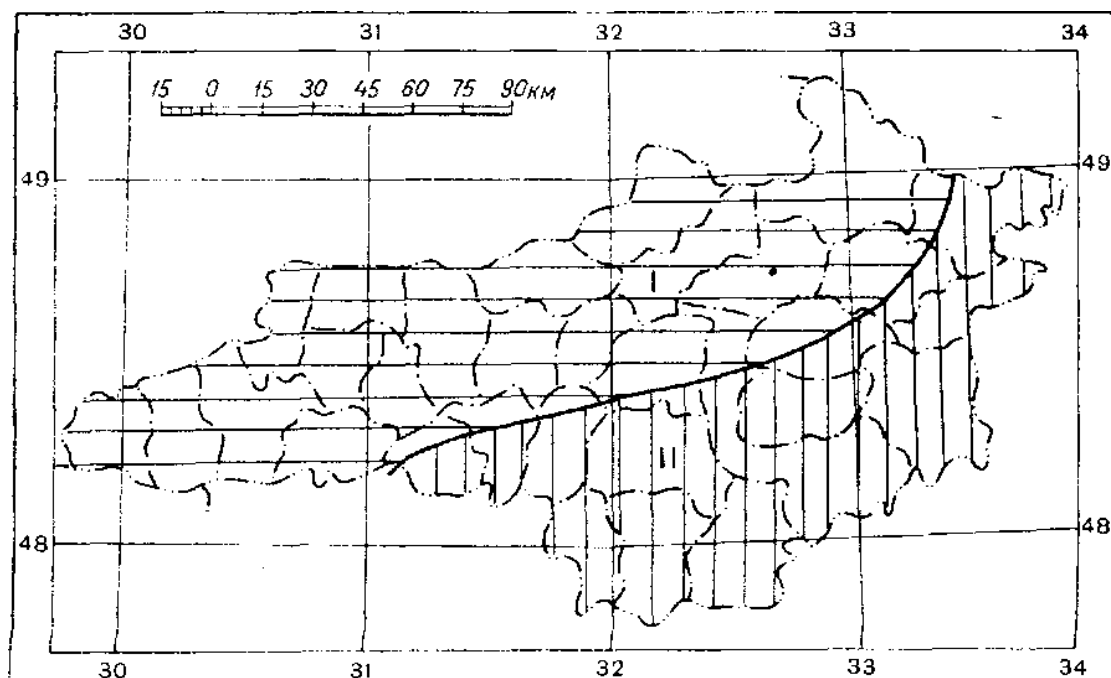


Рисунок 1.2 - Районування території по теплозабезпеченості і мірі зволоження вегетаційного періоду. Район I - теплий, недостатньо вологий; район II - дуже теплий, помірно посушливий.

П. Помірковано – посушливий, дуже теплий район. Включає Бобринецький, Долинський, Новгородковський, Зеландско-Український, Петровський адміністративні райони.

Це менш зволожений район, чому перший. ГТК 0.8 – 0.9. Сума опадів за вегетаційний період 240 – 280 мм, а за рік 430 – 450 мм. Суми температур за період вище 10°C – 2900 – 3000 °C. Тривалість періоду активної вегетації 165-170 днів, а безморозного 175 – 185 днів. Останній весняний заморозок припинявся 24 – 26 квітня, а перші осінні починаються 5 – 12 жовтня. Середня з максимальних декадних висот сніжного покриву 10 – 14 см.

Коротка агрокліматична характеристика сезонів року

Перехід від одного сезону до іншого, як правило, відбувається поступово, і вказати які-небудь дати початку і кінця сезону можна тільки

умовно. Початком і кінцем сезонів вважають дати переходу середньодобової температури через певні межі.

Весна. Початком весняного сезону прийнято вважати дату переходу температури повітря через нуль. Цей перехід на території області в середньому багаторічному відзначається в першій половині березня. Весна триває в середньому близько двох місяців. Під впливом інтенсивного підйому температури (що є характерною рисою весни) сезонні явища розвиваються швидко. Ґрунт швидко відтає й прогрівається, у квітні середньомісячна температура на глибині 25 см досягає значення 8 °С, підсилюється випар, збільшується вологовміст повітря. Але відносна вологість повітря у зв'язку зі швидким підйомом температури падає до 52 – 56 % в 13 годин у квітні й до 45 – 50 % у цей же строк у травні.

У першій декаді квітня відзначається перехід середньодобової температури повітря через 5 °С, проводиться посів ранніх ярових зернових культур.

Перехід середньої добової температури повітря через 10 °С відбувається в третій декаді квітня. Починаючи із цього періоду створюються сприятливі температурні умови для посіву пізніх культур і інтенсивного зростання більшості рослин. Середні денні температури повітря у квітні досягають 11 – 12 °С, а максимальна може досягати значень 28 – 29 °С. Поряд із цим у квітні часто бувають нічний заморозок.

Літо. За початок літнього періоду прийнята дата переходу середньої добової температури повітря через 15 °С, що збігається приблизно із припиненням нічного заморозку.

На території Кіровоградської області літо настає в другій половині травня й триває до середини вересня. У літній період спостерігається переважно тепла, малохмарна погода. Середня денна температура повітря в травні досягає значень 19 – 20 °С, у червні – 22 – 24, у липні – 25 – 26, у серпні – 24 – 26 °С.

Максимальна температура повітря окремі роки в липні – серпні досягає 36 – 38 °С.

Опади випадають переважно зливого характеру. Максимум їх припадає на червень-липень. Днів з опадами в травні – червні буває в середньому по 10 – 15, а липні - серпні – 7 – 9. Однак улітку нерідко бувають тривалі періоди без дощів.

Осінь. Осінньому сезону, початком якого прийнято вважати дату переходу температури повітря через 10 °С, передує теплий передосінній період тривалістю 20 – 25 днів. Середня добова температура повітря в цей період вище 10 °С, але нижче 15 °С. Початок осені повсюдно на території області припадає на першу декаду жовтня.

Осінній сезон характеризується збільшенням числа похмурих днів, а також нічним заморозком. Крім цього відбувається загальне зниження температури повітря, і на початку листопада здійснюється перехід середньої добової температури повітря через 5 °С. З переходом температури через 5 °С закінчується вегетаційний період. На загальному фоні зниження температури й погіршення погоди для осені характерні повернення теплої, ясної погоди.

За закінчення осіни прийнято вважати дату переходу середньої добової температури повітря через 0 °С, що відбувається в середньому багаторічному в другій половині листопада.

Зима. Початок зими визначається переходом середньої добової температури через – 5 °С до більш низької. А кінець її – переходом середньої добової температури через цю межу до більш високої. Тривалість зими на території області коливається від 34 до 65 днів, становлячи в середньому 45 днів.

Як правило зимовий режим погоди встановлюється не відразу. Між кінцем осені й початком зими, а також між кінцем зими й початком весни спостерігається передзимові й передвесняний періоди із середньодобовою температурою нижче 0 °С, але вище -5 °С. Тривалість кожного з них

коливається в межах від 20 до 45 днів. Всі ці періоди характеризуються нестійкою погодою із частою зміною морозних днів на відлизі й кількаразовою появою й сходом сніжного покриву.

Зима на території області малосніжна, середні з найбільших декадних висот сніжного покриву 9 – 16 см, м'яка із частими відлигами. В окремі роки під час відлиги температура повітря підвищується до 9 – 13 °С. Бувають дуже холодні зими, коли мінімальна температура повітря знижується до -32 – 36 °С. Середня місячна температура повітря самого холодного періоду (січень – лютий) становить -5 -6 °С [18].

2. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ

2.1 Ботаніко-морфологічна характеристика культури

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

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

Коренева система ячменю не має головного кореня. Вона мочкувата, складається з безлічі дрібних ниткоподібних коренів. При проростанні зерна на початку з'являється первинні або зародкові корені (від чотирьох до семи і більше). Вони відіграють важливу роль в постачанні рослин вологою, поживними речовинами і формуванні урожаю. У посушливі роки вони проникають в глибокі шари ґрунту і залишаються живими до кінця вегетації рослин. В період куціння з підземних стеблових вузлів утворюються вторинні (вузлові) корені. За оптимальних умов зволоження і живлення рослин вторинні корені розвиненіші, ніж первинні. Зародкові і вузлові корені покриті кореневими волосками, за допомогою яких рослина бере з ґрунту вологу і поживні речовини. При вирощуванні ячменю необхідно слід враховувати, що коренева система його має меншу

засвоювану здатність, чим коренева система інших зернових культур (пшениці, вівса, іржі).

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

Лист складається з піхви і листової пластинки. Довжина і ширина листя сильно варіюють. Листя другого ярусу (згори) має довжину від 12-15 до 25 см, ширину від 8 до 22 мм. Велика облиствленість ячменю - позитивна якість при обробітку його на зелений корм. Листя утворюється із стеблових вузлів, вони який щільно облягає стебло. Крім того, по краях і на місці вигину листової піхви знаходяться роговидні широкі вушка 2-3мм, що охоплюють стебло. Це відмітна ознака ячменю від пшениці і вівса.

Суцвіття ячменю - колос, який складається з колінчастого стержня і одноквіткових колосків, розташованих на виїмках стержня. Колосовий стержень ячменю порівняно міцний, не розпадається на окремі колоски при дозріванні. Збоку стержень нагадує ступінчасту зигзагоподібну лінію. Він складений як би з окремих члеників, кожен завдовжки 2-5мм. На кожному виступі стержня розташовані три одноквіткові колоски. Залежно від числа плодоносних колосків ячмінь ділять на багаторядний, дворядний і проміжний. Колір колосу при повному визріванні рослини у різних форм і різновидів буває: солом'яно-жовтий, чорний, рідко помаранчевий, темно-сірий і фіолетовий. Ячмінь запилюється переважно власним пилом, внаслідок чого не відбувається розкриття квітки. При тому, що швидкому,

що виколошується спостерігається розкриття колосків в середній частині колосу.

Плід ячменю - зернівка, довжина 7-10 мм, ширина і товщина 2-3 мм. Зернівка може бути гола і плівчаста. У плівчастого ячменю колірні луска зростається із зернівкою, і при обмолоті зерно залишається в квіткових лусочках. У голозерних форм ячменю квіткові плівки не зростаються із зернівкою, і при обмолоті зерно легко звільняється від квіткових лусок. У багатьох форм ячменю зовнішня квіткова лусочка переходить в довгий остюк (гладку або зазублену), а іноді в трилопатевої придаток вильчатої форми. При подовжньому розрізі зернівки розрізняють покривні тканини, алеїроновий шар, ендосперм і зародок.

Зерно має різні форми: ромбовидну, подовжену, еліптичну. У дворядних ячменів зерно за формою однорідніше, у багаторядних різне, що зерно середніх рядів більше і вирівняне. Зерно ячменю буває солом'яно-жовтого, сіро-зеленого, зеленого, чорного, помаранчевого і фіолетового забарвлення. Ознака великості зерна є спадковою і повержена впливу зовнішнього середовища. Сучасні сорти ячменю мають дуже велике зерно масою більше 40 р.

2.2. Вимоги ярого ячменю до світла

Яровий ячмінь належить до рослин довгого дня. При укороченому світловому дні його колосіння сильно затягується. Стадію яровизації ярові ячмені проходять при температурі 2-5 °С впродовж 5-10 днів. Для проходження рослинами світлової стадії велике значення має не лише тривалість, але і інтенсивність освітлення. Ячмінь - найбільш скоростигла культура (в порівнянні з пшеницею і вівсом). Вегетаційний період різних його сортів коливається в межах від 80 до 115 днів. Засвоювана здатність

кореневої системи у ячменю вища, ніж у пшениці, але нижче чим у вівса. Яровий ячмінь кущиться значно сильніше, ніж овес і ярова пшениця [4].

Ячмінь - типовий самозапилювач. Цвітіння його починається ще під час знаходження колосу в піхві листа, а у деяких його форм цвітіння закінчується в піхві листа. Зовнішні умови роблять сильний вплив на характер цвітіння. У сухі, жаркі дні цвітіння настає раніше і закінчується до того, що повного, що виколошується. У помірно вологі прохолодні дні цвітіння ячменю настає пізніше і закінчується після повного виходу колосів з піхви листа. Підвищена вологість і висока температура сприяють відкритому цвітінню багатьох форм ячменю. При гарній погоді ячмінь цвіте дружно, починаючи з середньої частини колосу, одночасно вгору і вниз [10].

2.3. Вимоги ярого ячменю до тепла

Ячмінь відрізняється невеликою. Про це свідчить широке поширення посівів цієї культури в усіх країнах світу. У Україні ячмінь обробляється в усіх зонах, від півночі до півдня.

Кожна фаза зростання і розвитку ячменю проходить при певній температурі. Найбільш сприятливі для ячменю температури, що поступово підвищуються, без різких коливань. Зерно ячменю може проростати при 1-3°C, але для появи дружних сходів потрібна більш висока температура (15-20°C). Сходи ячменю без особливого збитку переносять заморозки до -6°C, а після хорошого загартування морози до -10-12°C. Проте тривале похолодання і зволоження викликають затримку зростання і пригніблення рослин. Небезпечні заморозки під час цвітіння і дозрівання зерна. Зав'язь і пильовики ушкоджуються при температурі 1-2°C.

Кушцінню і коренеутворенню сприяє невисока температура. Ячмінь сильно страждає від швидкого настання високої температури у фазі виходу

в трубку, коли формується продуктивність колосу. В період виходу в трубку - колосіння найбільш сприятлива середньодобова температура 20-22° С, у фазу дозрівання зерна - 23-24°С. При температурі нижче 13-14° С наливши і дозрівання зерна затримуються. Сума активних температур, необхідних для повного циклу розвитку ячменю, складає близько 2000°С.

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

2.4. Вимоги ярого ячменю до вологи

Ячмінь - посухостійка культура, економніше витрачає вологу, ніж пшениця, жито і овес. Витрата води на утворення одиниці сухої речовини у ячменю складає 350-450. Відрізняючись коротким вегетаційним періодом, ячмінь багато вологи витрачає в перші фази зростання: кушіння і, особливо, виходу в трубку – колосіння. Так, у фазі кушіння – виходу в трубку ґрунтова посуха понизила врожайність ячменю на 21,7 – 40,3 %, тоді як у фазі виходу в трубку – колосіння – на 70,6 – 81,3 %.

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

Нестача вологи в період утворення репродуктивних органів згубно діє на пилок ячменю. Стерильність частини пилку обумовлює збільшення числа безплідних колосків. Під час колосіння і наливання зерна важливе значення має не лише кількість опадів які випали, але і число дощових днів. Сильні зливи викликають вилягання посівів, що знижує урожай і якість пивоварного ячменю. У посушливу погоду стебла у рослин у фазу молочної стиглості швидко підсихають, зерно утворюється дрібне і щупле.

На добре окультурених і високородючих ґрунтах витрата води на утворення одиниці сухої речовини менша, ніж на ґрунтах малородючих. Більш економно ячмінь витрачає вологу при внесенні добрив.

2.5. Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і живлення.

Короткий вегетаційний період і слабка засвоююча здатність кореневої системи обумовлює високу вимогливість ячменю до родючості ґрунту. Найбільш високі урожай ячменю отримують на родючих ґрунтах з глибоким орним горизонтом. У Центрально-чорноземній зоні кращі ґрунти для ячменю - чорноземи. З дерново-підзолистих ґрантів сприятливіші слабо опідзолені суглинні середньої зв'язаності. Супіщані і піщані ґрунти без внесення добрив для обробітку ячменю малопридатні.

Погано росте ячмінь на кислих ґрунтах. Підвищена кислотність пригноблює життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, тому такі ґрунти необхідно заздалегідь вапнувати.

Ґрунти, що відводяться під ячмінь, мають бути однорідним за змістом поживних речовин, вологоємкості і водопроникності. Для отримання високих урожаїв важливо забезпечити рослини на початку вегетації достатньою кількістю легкодоступних поживних елементів. Для отримання високих урожаїв важливо забезпечити рослини на початку вегетації достатньою кількістю легкодоступних поживних речовин, що

можливо при розміщенні його по добре удобрених просапних попередниках. Ними є кукурудза, цукровий буряк, картопля.

Він відрізняється дуже швидким ходом вступу поживних речовин, особливо в початковий період зростання і розвитку. Через 3 тижні після появи сходів рослини містять майже половину фосфору, що поглинається, і $2/3$ калії, хоча органічної маси накопичується до цього часу менше $1/3$. Деякі але за умови забезпечення хорошим харчовим режимом впродовж усього періоду вегетації.

При правильному застосуванні добрив значно підвищується урожай ячменю, зростає стійкість рослин до посухи, хвороб, шкідників, покращується якість зерна. Він вимагає великої кількості легкодоступних поживних речовин в ґрунті в перший період свого зростання і розвитку. До кінця кушіння рослини ячменю поглинають близько половини азоту і фосфору і 75% калію від загального споживання (И.И. Беляков, 1985).

Винесення елементів живлення з урахуванням основної і побічної продукції ячменю на 1 тону урожаю складає N - 26-29 кг, P - 11-12 кг, K - 24-26 кг. Ячмінь потребує азоту найбільше в період від початку кушіння до кінця колосіння, оскільки в цей період формується асимілюючий апарат рослин, йде розвиток втеч кушіння і формування колосу. Недолік азоту в цей період призводить не лише до зниження урожаю, але і до порушення утворення генеративних органів.

Фосфор потрібний ячменю впродовж усього періоду розвитку рослин, оскільки цей елемент входить до складу багатьох органічних і мінеральних сполук. Оптимальна забезпеченість молодих рослин фосфором сприяє хорошему розвитку кореневої системи і заставляє великого колосу. Недолік цього елементу затримує зростання і розвиток рослини. Фосфор підвищує стійкість ячменю до хвороб і посухи.

Калій відіграє важливу роль у фізіологічних і біохімічних процесах. У рослинах він міститься головним чином в рухливій формі і сприяє пересуванню продуктів асиміляції з листя і інших органів. Калій регулює

водний і азотний обмін, підвищує стійкість до вилягання, хвороб, прискорює дозрівання. Найбільшу кількість калію ячмінь споживає в перший період зростання. Недолік його Внесення в ґрунт калію підвищує ефективність і зміст крохмалю. Фосфорні і калійні добрива підвищують пивоварні якості ячменю.

Кількість фосфорних і калійних добрив, що вносяться, варіює від 30-45 до 90-120 кг/га (наприклад, N - 30-45, P - 40-60, K- 60-90) залежно від змісту цих елементів в ґрунті. Ефективне припосівне внесення фосфору в дозі 10-15 кг д. р./га в рядки у вигляді суперфосфату, амофоса, діаммоній-фосфата та ін.

Ячмінь добре відгукується на післядію добрив, внесених під попередню культуру. Відомо, що з підвищенням рівня азотного живлення погіршуються пивоварні якості ячменю. Проте при нестачі азотного живлення не можна отримати високі урожаї. Тому необхідно прагнути до правильного балансу елементів живлення.

Оптимальний режим харчування рослин створюється при співвідношенні NPK в ґрунті 1: 2: 3. Залежно від типу і родючості ґрунту дози добрив конкретизують, домагаючись оптимального співвідношення елементів живлення для пивоварного ячменю.

Внесення мінеральних добрив здійснюють вітчизняним розкиданням РУМ, яке забезпечує найбільш рівномірний розподіл туков по поверхні або локальне внесення безпосередньо в ґрунт.

Дієвість мінеральних добрив залежить від часу їх внесення. Фосфорні і калійні добрива вносять восени під зяб, в глибші шари ґрунти, які зберігають досить вологи упродовж усього періоду вегетації. Одну половину азотних добрив (великі дози) можна вносити восени, використовуючи для осіннього внесення аміачні форми азоту, які не вимиваються з ґрунту, а другу навесні. На схилах щоб уникнути вимивання поживних речовин мінеральні добрива вносять навесні.

У КФХ "Іванова" не вносять мінеральні добрива. У зв'язку з цим в цілях вдосконалення інтенсифікації виробництва зерна ячменю в умовах господарства з добрив можна запропонувати амофос під основну обробку в дозі N10P52 кг/га д.р., або по 1 ц у фізичній масі. Це комплексне добриво, технологічне для внесення. Також під основну обробку рекомендується вносити хлористий калій з розрахунку 60 кг/га д.р.

Навесні під передпосівну культивацію плануємо вносити аміачну селітру в дозі 34 кг/га д.р.

2.6. Характеристика вирощуваних сортів ярого ячменю.

Сорт інтенсивного типу. За даними заявника рекомендується висівати при 100-ій господарській придатності 4,5 - 5,0 млн/га насіння.

Термін посіву ранній - перші дні початку польових робіт.

На державних сортовипробних станціях отримали середній урожай 44, 9 ц/га, що на 6, 6% більше стандартів.

Сорт пивоварного призначення. Зміст білку 10, 2%, екстрактних речовин 82%, пльончність - 8-9% і крохмалю 62%.

Стійкий до поразки борошнистою росою, жовтою ржею, смугастим гельмінтоспориозом. Рекомендований для вирощування в зонах Степу і Полісся.

Яровий ячмінь сорт Соборний.

Ячмінь Соборний - заявник Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла. Різновид нутанс. Сухостійкість середня. Сорт середньостійкий проти літаючої і твердої самиці. Рекомендований для вирощування в зоні Лісостепу. Форма куща прямостояча. Колос дворядний, слабо звужений до верхівки, завдовжки 6-9 см, солом'яно-жовтий, середній щільності (на 4 см колосового стержня 11-13 члеників), слабо нахилиється. Остистий, ости зазублені, гнучкі, перевищують довжину колосу в 1, 5 разу. Стебло середньої висоти - 88 см, ясно-жовтий. Листя зелене Перехід квіткової

луски в ост поступовий. Щетина біля основи зернівки длинноволосистая. Зернівка велика, еліптичної форми. Маса 1000 зерен - 48 р. Середньостиглий, вегетаційний період 87-93 дні.

Стійкий до вилягання. Сухостійкості висока.

Яровий ячмінь Еней. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут - Національний центр насіннєзнавства і сортовивчення НААН України.

Занесений в Реєстр сортів рослин України з 2008 року для вирощування в Степу, Лісостепу і Поліссі.

Різновид - нутанс. Тип розвитку - яровий. Рослини заввишки 70-80 см Середньостиглий, дозріває за 76-86 днів. Маса 1000 зерен 50-51 р. Сорт високоінтенсивного типу, має підвищену посухостійкість. Висока кущуватість, вирівненість стеблостою. Слабо вражається гельмінтоспорозом. Стійкий до вилягання.

Яровий ячмінь Вакула. Різновид - палідум.

Кущ прямостоячий, листя не опушене, проміжне, зелене. Колос шестирядний, середньої довжини (7-9 см), середньої щільності (на 4 см Колосового стержня 10-11 члеників), неламкий, слабо опущений, прямокутної форми з переходом в ромбічну, солом'яно-жовтий.

Ості довгі - 14-18 см, злегка розлогі, тонкі, еластичні, слабо зазублені, 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 щетина зерна коротка, довго волосяна.

Висота рослин 65-75 см зернівка. Високий урожай завжди гарантований якщо з весни склалися умови для нормального розвитку вузлової кореневої системи і в ґрунті є досить поживних речовин.

Сорт придатний для вирощування в умовах посухи і підвищеної кислотності ґрунтів.

За даними заявника рекомендується висівати при 100-процентній господарській придатності 4,5-5 млн./га насіння.

Сорт має групову стійкість до сажкових хвороб, борошнистої роси гельмінтоспориоза.

На державних сортовипробних станціях отримали середній урожай 48,4 ц/га, що на 8,8 відсотків більше стандартів. Потенційна можливість сорту 105 ц/га.

Рекомендований для вирощування по зонах Степу, Лісостепу і Полісся.

Ячмінь яровий шестирядний сорт Геліос УА. Сорт ярового шестирядного ячменю універсального призначення Геліос УА внесений в Державний реєстр селекційних досягнень РФ з 2010 року, оригінатор - ЗАТ "Селену" (Україна).

Патентовласник: Одеський селекційно-генетичний інститут (Україна). Біологічні особливості: середньостиглий сорт, вегетаційний період 75-90 днів. Висота рослини 70-80 см Колос шестирядний, довгий, 8-10 см, нещільний, неламкий, солом'яно-жовтий. Ості довгі, 16-18 см, паралельні, тонкі, еластичні. При обмолоті легко відділяються.

Зерно велике, подовжено-овальної форми, жовте, вирівняне. Маса 1000 зерен 47,8-49,9 грам, зміст білку 7,9-10%%.

Сорт універсального призначення, що дозволяє віднести його зі зниженими нормами висіву насіння.

Сорт ячменю Геліос УА має високу енергію проростання, тонкопленчатістю. Ячмінь Геліос має знижену фотоперіодичну чутливість, формує високий урожай при різних термінах приходу весни і в різних кліматичних зонах.

За роки державного сортовипробування в Росії (2008-2009) максимальна врожайність склала 7-9 тонн з гектара, середня врожайність - 4,8-6,5 тонни з гектара.

Сорт має групову стійкість до головневим захворюванням, борошнистій росі, смугастому гельмінтоспориозу, карликовій іржі (8-9 балів), стійкістю до вилягання (7-8 балів).

ГЛАДИС (GLADYS) Limagrain - середньопізній - тип пивоварний - висока якість солоду - стійкий до борошнистої роси - стабільно висока врожайність в усіх регіонах обробітку - великі зерна з великою масою 1000 насіння - рослини середньорослі Агрономічні характеристики: Толерантність до іржі: 7,5 Толерантність до ринхоспориозу: 6,3 Толерантність до сітчастої плямистості: 6 Стійкість до вилягання: 6

ДжейБи Флэйва (JB Flavour) Saatzucht Breun Яровий ячмінь (*Hordeum vulgare* L. sensu lato). Тип Короткостебловий сорт ярового пивоварного ячменю з високим потенціалом врожайності. Агрономічні достоїнства - Раннє колосіння; - Хороша стійкість у поєднанні з тим, що низьким, що никнуло стебла і колосу; - Дуже хороша стійкість до захворювань, особливо до карликової іржі і борошнистої роси.

КАНГУ (KANGOO) Limagrain - середньостиглий - тип: пивоварний - висока якість солоду - вибір пивних компаній Soufflet і Heineken - високий і стабільний урожай - стійкий до борошнистої роси - зерно велике Агрономічні характеристики: Толерантність до іржі: 7 Толерантність до ринхоспориозу: 7 Толерантність до сітчастої плямистості: 7 Стійкість до вилягання: 7 Стійкість до ламкості стебла.

Квенч (Quench) Syngenta Маркетинг - Сорт №1 пивоварного ячменю в Європі. - 16 тис. га насінноводческих площ в країнах Європи в 2012 р. - Допущений до виробництва в РФ і Україні з 2012 р.

КОНСЕРТО (CONCERTO) Limagrain - середньоранній - тип: пивоварний - висока якість солоду - зерно великий, низький зміст білку - дуже хороша врожайність - середньоросла рослина - стійка до борошнистої роси - стійкий до вилягання Агрономічні характеристики: Толерантність до іржі: 6-7 Толерантність до ринхоспориозу: 6 Толерантність до сітчастої плямистості: 7 Стійкість до ламкості стебла: 6 балу.

Консита (Conchita) KWS Яровий ячмінь (*Hordeumvulgare* L. *sensulato*)
 Оригинатор : KWS LOCHOW GMBH Родовід: Viskosa x LP 629.1.95
 Включений в Держреєстр по 5 регіону Тип Високоврожайний пивоварний
 ячмінь. Якості - дуже висока екстрактивність солоду; - висока маса тисячі
 насіння: 46-55 г; - висока натура зерна; - дуже висока міра кінцевого
 зброджування; - низький вміст сирого протеїну.

Марни (Marnie) Saatzucht Breun Яровий ячмінь (*Hordeum vulgare* L.
sensu lato) Родовід: 4908d58 x (Prisma x 4714a2) Включений в Держреєстр
 по Центрально-чорноземному (5) регіону. Тип Високоврожайний тип
 пивоварного ячменю з високою мірою стійкості. Якості - Маса 1000 зерен
 43-52 г; - Середня врожайність в регіоні - 34,3 ц/га, на рівні середнього
 стандарту; - Максимальна врожайність 87,1.

Ронни (Ronny) Saatzucht Breun, яровий пивоварний ячмінь
 включений в державний реєстр в 2013 році. Агротехніка Дуже висока
 врожайність Дуже висока кущуватість Ранній розвиток і раннє низькій
 нормі висіву і умовах посухи.

Саншайн (Sunshine) Saatzucht Breun. Яровий ячмінь (*Hordeum vulgare*
 L. *sensu lato*). Тип Пивоварний ячмінь відмінної якості з високою
 врожайністю. Якості - дуже висока екстрактивність солоду; - високі
 показники диастатичної сили; - дуже висока міра кінцевого зброджування;
 - висока рихлість Агрономічні достоїнства - високий потенціал
 врожайності - раннє дозрівання, приблизно на 3 дні раніше, ніж у
 Скарлетт.

3 СТРУКТУРА АГРОКЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

3.1. 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 длінноперіодні 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.

В Україні значні розробки по створенню методів оцінки агрометеорологічних умов і прогнозуванню врожайності сільськогосподарських культур виконані в рамках створеного В.П. Дмитренко [9] направлення на основі запропонованої ним моделі врожайності сільськогосподарських культур. У роботах В.С. Антоненко [11], В.С. Антоненко і Н. І. Гойса [10] 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 [12], Аллена [14] та ін. У цій моделі листя також розділені на класи по освітленості, фотосинтез листа враховується формулою Шартьє [13]. Вперше врахована залежність устйного опору від радіації. Детально враховані турбулентність, режим CO_2 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 періоні динамічні моделі були представлені в роботах. У цих моделях вперше введений водний потенціал листа ψ_L як фактор, що регулює устйний 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 [34]. 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 [20]. Розраховується потенційна денна продуктивність всієї рослини на одиницю площі поверхні ґрунту в залежності від загальної потенційної продуктивності (у стандартних умовах) з урахуванням опорів листової 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 ярого ячменю [21, 22] (СНД) для розрахунку приросту біомаси використано балансове рівняння; розподіл асимілянтів проведено згідно Россу. У другій із зазначених моделей зроблена спроба врахувати в моделі азотне живлення. 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).

У запропонованій А. І. Столяровим математичної моделі процесу формування врожаю озимої пшениці фотосинтетична, продуктивність цієї культури розглядається як функція ΦA , вологості ґрунту, температури повітря, концентрації CO_2 , вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію. Блок розподілу асимілянтів в моделі не представлений. Урожай зерна визначається емпірично по загальній біомасі.

За різницею між фотосинтезом і диханням визначається суха біомаса в моделі фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці [24] в (СНД). Розподіл асимілянтів проведено на підставі ростових функцій Росса.

У США розроблено дві моделі для озимої пшениці [25, 26]. У першій, призначеної для аридної зони, швидкість накопичення сухої біомаси розглядається прямо пропорційною вже наявній 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).

Моделі формування врожаю озимої пшениці, озимого жита, ярої пшениці, ярого ячменю і вівса розроблені А.Н. Польовим і викладені в роботах [29].

Кукурудза. У роботі Галямін та ін. запропонована динамічна модель продукційного процесу кукурудзи для задач оптимізації водного режиму. Для розрахунку біомаси кукурудзи, вирощуваної на силос, запропонована система рівнянь, що описують динаміку біомаси надземних органів, площі листової поверхні і вологозапасів активної зони ґрунту. Відомий фотосинтез розрахований залежно від ФАР.

У моделі зростання кукурудзи (США) описані: фотосинтез як функція ФАР, температури, концентрації CO_2 і площі листа; дихання як функція швидкості фотосинтезу, температури та біомаси (окремо для листа, стебел і коренів); евапотранспірації з урахуванням аеродинамічного опору і опору покриву. Через евапотранспірації враховується вплив вологості ґрунту на фотосинтез. Розподіл асимілянтів - емпіричний. Проведено чисельні експерименти при різних рівнях двох параметрів - інтенсивності світла і приросту площі листа.

В. Сплінтер (США) розробив модель кукурудзи для конкретної місцевості (шт. Небраска). Накопичення сухої біомаси розраховується протягом усього періоду росту, причому, суха біомаса, накопичена після цвітіння (оцінюється на основі суми температур), вважається біомасою зерна. У основі моделі - балансове рівняння.

У моделі кукурудзи SIMACO, розробленої в Італії, зроблена спроба розподілу резервів вуглеводів, утворюються при фотосинтезі, між органами рослини залежно від швидкості їх зростання.

В основу моделі покладено 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 [27], полягання посівів по А.Д. Пасечнюк [8], «стікання» зерна за І.В. Свісюку [28].

У роботі А.Н. Польового і Н.І. Кульбіді [29] запропоновано моделювання формування врожаю озимої пшениці в період весняно-літньої вегетації в Україні.

3.2. 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. Воейков 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 [30, 31, 32, 33].

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 [34]. 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.

Концепція максимальної продуктивності була успішно використана при вирішенні завдань приватного агрокліматичного районування в

роботах Х.Г. Тоомінг [34, 35], Ю. В. Сеппа, П.Х. Карінг [36], А.П. Федосєєва [38], А.Н. Вітченко, А. М. Польового [39], В. А. Жукова, А.М. Польового, А.Н. Вітченко, С. А. Данієлова та ін.

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.Н. Польового [41] 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. 3.1):

- блок вхідної інформації;
- блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою;

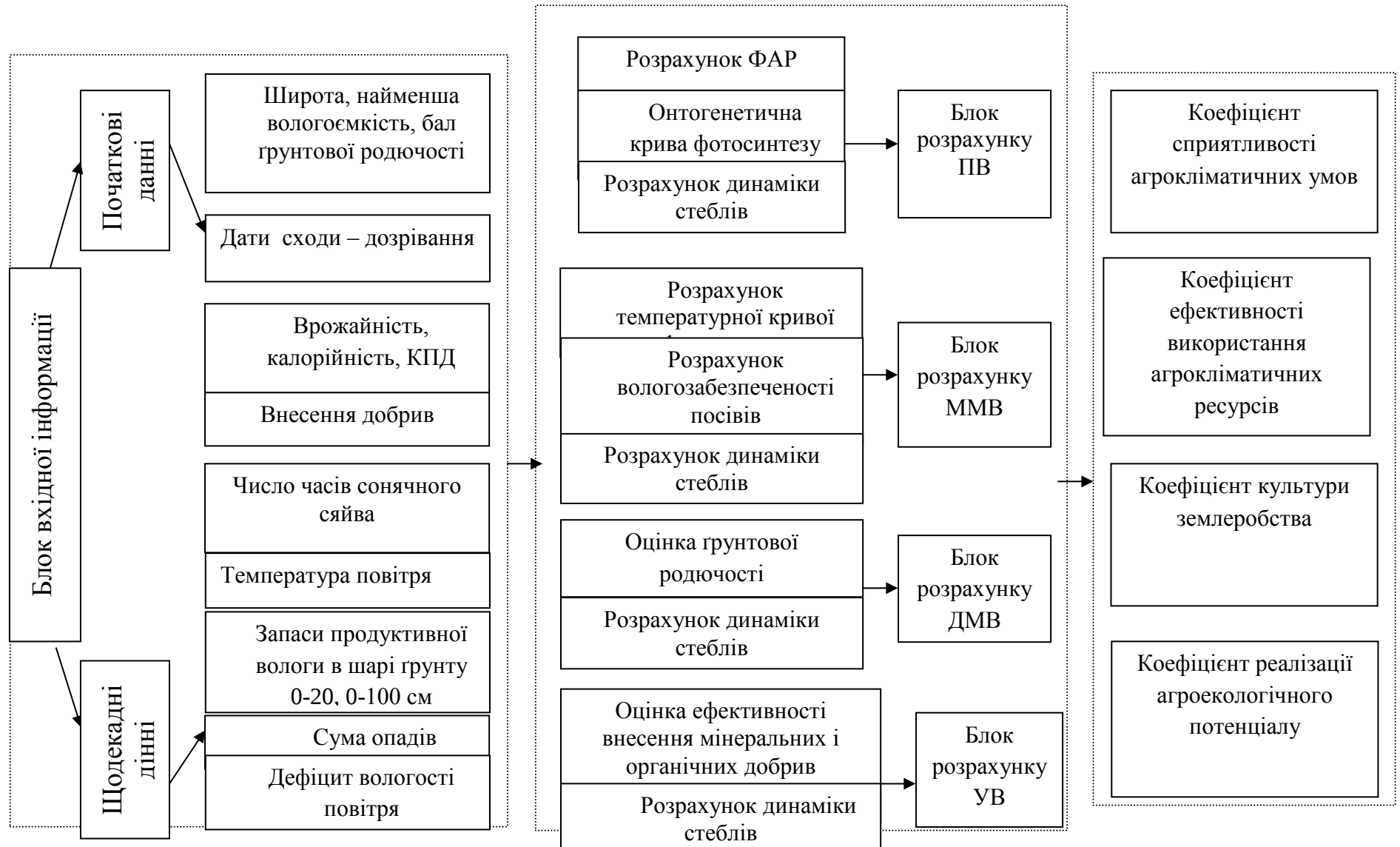


Рисунок 3.1 – Блок – схема агрокліматичної моделі формування врожаю ярого ячменю.

- 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.

3.3. Блок вхідної інформації моделі

Для виконання розрахунків за моделлю задається інформація двох видів:

- інформація, що характеризує початкові дані про пункт, за яким виконується розрахунок;
- щодакна 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 саява, сумі опадів за декаду, середнім за декаду дефіциті вологості повітря.

3.4. Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою

В основі моделі лежить оцінка рівня потенційної врожайності:

$$ПВ^{j+1} = ПВ^j + \frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t}, \quad (3.1)$$

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:

$$\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi ap}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (3.2)$$

де α_{ϕ} - онтогенетична крива фотосинтезу;

η - ККД посівів, відн.од.;

$Q_{\phi ap}$ - 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:

$$Q_{far}^j = 0,52 \cdot Q^j, \quad (3.3)$$

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:

$$Q^i = 12,66 (SS)^{1.31} + 315 (A^j + B^j)^{2.1} \cdot 0,00419, \quad (3.4)$$

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

$$A^j = \sin (0,01745 \cdot \varphi) \cdot \sin \delta^{jj}, \quad (3.5)$$

$$B^j = \cos (0,01745 \cdot \varphi) \cdot \cos \delta^{jj},$$

де φ - географічна широта, градуси;

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

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

$$\delta = [0,473 (t_0 + i) - 0,196 \cdot 10^{-2} (t_0 + i)^2 - 0,407 \cdot 10^{-5} (t_0 + i)^3 - 0,616] \cdot 0,01745, \quad (3.6)$$

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:

$$\eta = \frac{q \cdot m_{\max}}{10^4 \cdot \Sigma Q_{\text{фар}}^{\max}}, \quad (3.7)$$

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:

$$m_{\max} = 0,86 \cdot I_{\max}(1+k), \quad (3.8)$$

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:

$$\alpha_{\phi}^j = \exp \cdot \left[-a_{\phi} \cdot \left(\frac{TS_2 - \sum t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (3.9)$$

в якій величину a_{ϕ} знаходимо за виразом:

$$a_{\phi} = \frac{-100(1n)a_{\phi}^0}{(\sum t_1)^2}, \quad (3.10)$$

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, °C;

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

У роботах [11, 40], 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:

$$C_{\text{ТПВ}}^{j+1} = C_{\text{ТПВ}}^j + \frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta P C_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t}, \quad (3.11)$$

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.;

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

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

$$\frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{\text{ТПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t} \cdot \beta_{\text{СТ}}^j, \quad (3.12)$$

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:

$$\beta_{\text{СТ}}^j = \frac{2,3 \cdot \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{СТ}1}} \right) \cdot 10^{\left(2 - \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{СТ}1}} \right) \right)}}{1 + 10^{\left(2 - \left(\frac{2}{0,5 \cdot \sum t_{\text{СТ}1}} \right) \cdot TS_2 \right)^2}}, \quad (3.13)$$

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:

$$\frac{\Delta PC_{\text{ТПВ}}^j}{\Delta t} = \beta_{\text{ред}}^j \cdot \frac{\Delta PC_{\text{ТПВ}}^{\text{max}}}{\Delta t}, \quad (3.14)$$

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

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

3.5. Блок розрахунку метеорологічно 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]:

$$MMB^{j+1} = MMB^j + \frac{\Delta MMB^j}{\Delta t}, \quad (3.15)$$

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:

$$\frac{\Delta MMB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2^j, \quad (3.16)$$

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:

$$FTW 2^j = \begin{cases} FTW^j_1 \left[1 + \left(1 - \psi^j_{\Phi} \right) \left(1 - FW^j \right) \right] & \text{при } t^j_{\epsilon} < t_{opt1} \\ FTW^j_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t^j_{\epsilon} \leq t_{opt2} \\ FTW^j_1 \left[1 - \left(1 - \psi^j_{\Phi} \right) \left(1 - FW^j \right) \right] & \text{при } t^j_{\epsilon} > t_{opt2} \end{cases}, \quad (3.17)$$

де $FTW1$ - 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_{ϵ} - середня за декаду температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

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

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

$$FTW^j_1 = (\psi^j_{\phi} FW^j)^{0,5} \quad (3.18)$$

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез проводиться за формулою:

$$FW^j = (\gamma^j_{\phi} e^j_{\phi})^{0,5}, \quad (3.19)$$

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:

$$e_{\phi}^j = E^j / E_0^j, \quad (3.20)$$

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

Сумарне випаровування визначається за способом Харченко С. І.:

$$E^j = \frac{2W^j + O_s^j + P_{нор}^j}{1 + \frac{W_{HB}}{E_0^j}}, \dots\dots\dots(3.21)$$

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 води в метровому шарі ґрунту, мм.

Для розрахунку випаровуваності використаний спосіб Алпатьяєва А.М.:

$$E_0^j = 0.65 \cdot ДВВ^j \cdot d\nu^j \cdot 0.75, \quad \dots\dots\dots(3.22)$$

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

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація в нижні шари ґрунту:

$$F_{inf}^j = W^j + O_s^j + P_{нор}^j - E^j - W_{HB}, \dots\dots\dots(3.23)$$

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

Розрахунок запасів продуктивної вологи проводиться за рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + O_s^j + P_{nop}^j - E^j - F_{inf}^j \quad . \quad (3.24)$$

На формування стеблостою значний вплив робить волого-температурний режим. Прирощення стеблостою на рівні МВУ представлятиме собою прирощення стеблостою на рівні ПУ з урахуванням впливу обмежують кушіння факторів термічного режиму і вологозабезпеченості:

$$\frac{\Delta C_{тММВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{тПВ}^j}{\Delta t} \cdot (F_{тст}^j \cdot F_{Wст}^j)^{0,5} \quad , \quad (3.25)$$

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

$F_{тст}$ - функція впливу температури повітря на процес кушіння, відн.од.;

$F_{Wст}$ - функція впливу вологозабезпеченості на процес кушіння, відн.од.;

Динаміка стеблостою на рівні ММВ описується рівнянням:

$$C_{тММВ}^{j+1} = C_{тММВ}^j + \frac{\Delta C_{тММВ}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta P C_{тММВ}^j}{\Delta t} \quad , \quad (3.26)$$

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

$\frac{\Delta PC_{тММВ}}{\Delta t}$ - швидкість деградації стебел за рахунок впливу несприятливих погодних умов, стебл./м² дек., яка знаходиться за виразом:

$$\frac{\Delta PC_{тММВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PC_{тПВ_{\max}}}{\Delta t} \cdot (FT_{\text{ред}}^j \cdot FW_{\text{ред}}^j)^{0,5}, \quad (3.27)$$

де $\Delta PC_{тПВ_{\max}}$ - 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:

$$\frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММВ^j}{\Delta t} \cdot B_{ПЛ}, \quad (3.28)$$

де $\frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t}$ - 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.

$$\frac{\Delta C_{тДМВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{тММВ}^j}{\Delta t} \cdot B_{ПЛ}^{0,5}, \quad (3.29)$$

де $\Delta C_{тДМВ}$ - приріст стебел на рівні ДМВ, стебл./м² дек.

Редукція стебел посилюється за рахунок рівня родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta PC_{\text{ТДМВ}}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PC_{\text{ТММВ}}^j}{\Delta t} \cdot \left(\frac{1}{B_{\text{ПЛ}}} \right)^{0,5}, \quad (3.30)$$

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

На рівні ДВУ формування стеблостою може бути описано рівнянням:

$$C_{\text{ТДМВ}}^{j+1} = C_{\text{ТДМВ}}^j + \frac{\Delta C_{\text{ТДМВ}}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta PC_{\text{ТДМВ}}^j}{\Delta t}, \quad (3.31)$$

де $C_{\text{ТДМВ}}$ - 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:

$$\frac{\Delta UB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t} \cdot k_{\text{земл}} \cdot FW_{\text{ef}}^j, \quad (3.32)$$

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

$k_{\text{земл}}$ - 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:

$$\frac{\Delta C_{ТУВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{ТДМВ}^j}{\Delta t} \cdot (k_{земл} \cdot FW_{ef}^j)^{0,5}, \quad (3.33)$$

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:

$$\frac{\Delta PC_{ТУВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PC_{ТДМВ}^j}{\Delta t} \cdot [1/(k_{земл} \cdot FW_{ef}^j)]^{0,5}, \quad (3.34)$$

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

$$C_{ТУВ}^{j+1} = C_{ТУВ}^j + \Delta C_{ТУВ}^j - \Delta PC_{ТУВ}^j, \quad (3.35)$$

де $C_{ТУВ}$ - 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 $K_{хоз}$, 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:

$$ПВ_{зерна} = ПВ \cdot K_{хоз} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (3.36)$$

$$ММВ_{зерна} = ММВ \cdot K_{хоз} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (3.37)$$

$$ДМВ_{зерна} = ДМВ \cdot K_{хоз} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (3.38)$$

$$УВ_{зерна} = УП \cdot K_{хоз} \cdot 1.14 \cdot 0.1, \quad (3.39)$$

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

Як вже вказувалося $K_{хоз}$, 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 $K_{хоз}$, 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 фітомасою, іноді можна розглядати окремо ККД господарсько-цінної частини врожаю за вегетаційний період [35]:

$$\eta_{хоз} = \frac{qm_{хоз}}{\sum Q_{фар}}, \quad (3.40)$$

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

q - калорійність врожаю, кДж/г;

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

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

$$\eta_{хоз} = \eta K_{хоз}. \quad (3.41)$$

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

Формули (3.1 - 3.41) дозволяють визначити різні агроекологічні категорії врожайності ярого ячменю в умовах України.

3.6. Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроекологічних 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:

$$K_m = \text{ММВ} / \text{ПВ}, \quad (3.42)$$

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

2. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМВ і ММВ:

$$K_{\pi} = \text{ДМВ} / \text{ММВ}, \quad (3.43)$$

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:

$$K_{ар} = УВ / ММВ, \quad (3.44)$$

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

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

$$K_{эф.земл} = УВ / ДМВ, \quad (3.45)$$

де $K_{эф.земл}$ - 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:

$$K_{агр\ пот} = УВ / ПВ, \quad (3.46)$$

де $K_{агр\ пот}$ - 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.

3.7. 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_{xoz} , 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:

$$K_{xoz} = 0,695 - 1.497 \cdot 10^{-4} \cdot M_{общ} \cdot t_{K_{xoz}}, \quad (3.47)$$

$$t_{K_{xoz}} = -4.648 + 0.536 \cdot t_2 - 0.13(t_2)^2, \quad (3.48)$$

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:

$$\Psi_{\phi}^j = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j), & \text{при } (t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, & \text{при } t_{opt1} \leq (t^j - t_0) \leq t_{opt2}^j \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j), & \text{при } (t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases}, (3.49)$$

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

t - середня за декаду температури 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, $^{\circ}\text{C}$.

$$x_1^j = (t^j - t_0) / (t_{opt1}^j - t_0) \quad , (3.50)$$

$$x_2^j = (t^j - t_{opt2}^j) / (t_{\max} - t_{opt2}^j) \quad , (3.51)$$

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

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 7,07 + 20,33 \cdot x_3^j - 11,52 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 11,09 + 19,57 \cdot x_3^j - 10,69 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, (3.52)$$

для Лісостепу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,71 + 21,37 \cdot x_3^j - 12,24 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,54 + 21,86 \cdot x_3^j - 11,84 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, \quad (3.53)$$

для Північної степу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,92 + 19,63 \cdot x_3^j - 8,41 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,46 + 21,12 \cdot x_3^j - 10,19 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, \quad (3.54)$$

для Південної степу

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,36 + 23,3 \cdot x_3^j - 11,77 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,39 + 21,29 \cdot x_3^j - 10,33 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, \quad (3.55)$$

для Закарпаття

$$\begin{cases} t_{opt1}^j = 6,88 + 16,53 \cdot x_3^j - 6,07 \cdot (x_3^j)^2 \\ t_{opt2}^j = 10,50 + 17,35 \cdot x_3^j - 7,58 \cdot (x_3^j)^2 \end{cases}, \quad (3.56)$$

$$x_3^j = \frac{TS_2}{\sum t_{req}}, \quad (3.57)$$

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:

$$FT_{\text{CT}} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_4^j), & \text{при } t^j < t_{\text{opt1}}^{\text{CT}} \\ 1, & \text{при } t_{\text{opt1}}^{\text{CT}} \leq t^j \leq t_{\text{opt2}}^{\text{CT}} \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_5^j), & \text{при } t^j > t_{\text{opt2}}^{\text{CT}} \end{cases}, \quad (3.58)$$

$$x_4^j = (t^j - t_0^{\text{CT}}) / (t_{\text{opt1}}^{\text{CT}} - t_0^{\text{CT}}), \quad (3.59)$$

$$x_5^j = (t^j - t_{\text{opt2}}^{\text{CT}}) / (t_{\max}^{\text{CT}} - t_{\text{opt2}}^{\text{CT}}), \quad (3.60)$$

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

Як нижня межа оптимальної температури повітря ($t_{\text{opt1}}^{\text{CT}}$) для утворення стеблостою приймалася температура, рівна $13,0^{\circ}\text{C}$, як верхня межа температурного оптимуму ($t_{\text{opt2}}^{\text{CT}}$) приймалася температура повітря, що дорівнює 15°C .

Функція впливу температури повітря на редукцію стебел записувалася у вигляді:

$$FT_{\text{ред}} = \begin{cases} 1 + [13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_6^j)], & \text{при } t^j < t_{\text{opt1}}^{\text{ред}} \\ 2, & \text{при } t_{\text{opt1}}^{\text{ред}} < t^j < t_{\text{opt2}}^{\text{ред}} \\ 2 + [1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_7^j)], & \text{при } t^j > t_{\text{opt2}}^{\text{ред}} \end{cases}, \quad (3.61)$$

$$x_6^j = (t^j - t_0^{\text{ред}}) / (t_{\text{opt1}}^{\text{ред}} - t_0^{\text{ред}}), \quad (3.62)$$

$$x_7^j = (t^j - t_{\text{opt2}}^{\text{ред}}) / (t_{\text{max}}^{\text{ред}} - t_{\text{opt2}}^{\text{ред}}), \quad (3.63)$$

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

Функція впливу вологості ґранту на фотосинтез знаходиться за виразом:

$$\gamma_{\Phi}^j = \begin{cases} (4,2 \cdot \exp(-0,703x_8) - 5,48 \cdot \exp(-1,668x_8))^2 & \text{при } W^j < W_{\text{opt1}} \\ 1 & \text{при } W^j \geq W_{\text{opt1}}, \end{cases} \quad (3.64)$$

$$x_8 = W^j / W_{\text{opt1}}, \quad (3.65)$$

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 куціння. Аналогічно В.С. Антоненко опишемо функцію впливу вологості ґранту на процес куціння рівнянням:

$$f(W) = \begin{cases} 0,196 + 1,746x_9^j - 0,951(x_9^j)^2 & \text{при } W^j < W_{\text{opt1}}^{\text{ст}} \\ 1 & \text{при } W_{\text{opt1}}^{\text{ст}} \leq W^j \leq W_{\text{opt2}}^{\text{ст}} \\ -0,421 + 3,315x_{10}^j - 2,276(x_{10}^j)^2 + 0,388(x_{10}^j)^3 & \text{при } W^j > W_{\text{opt2}}^{\text{ст}} \end{cases}, (3.66)$$

$$x_9 = \frac{W^j}{W_{\text{opt1}}^{\text{ст}}}, \quad x_{10} = \frac{W^j}{W_{\text{opt2}}^{\text{ст}}}, \quad (3.67)$$

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:

$$FW_{\text{ред}}^j = \begin{cases} 2 - [(0,196 + 1,746x_{11}^j) - 0,951(x_{11}^j)^2] & \text{при } W^j < W_{\text{crit1}}^{\text{ред}} \\ 1 & \text{при } W_{\text{crit1}}^{\text{ред}} < W^j \end{cases}, \quad (3.68)$$

$$x_{11} = \frac{W^j}{W_{\text{crit1}}^{\text{ред}}}, \quad (3.69)$$

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 $W_{\text{crit}}^{\text{ред}} = 40$ мм.

Відносна швидкість редукції стебел $\beta_{\text{ред}}$ описується нами рівнянням виду:

$$\beta_{ред} = \frac{[2,03 \cdot (2/(0,8 \cdot \Sigma t_{ред} - \Sigma t_{ред1}))] \cdot 10^{2-[2/(0,8 \cdot \Sigma t_{ред} - \Sigma t_{ред1})]}}{1 + 10^{2-[2/(0,8 \cdot \Sigma t_{ред} - \Sigma t_{ред1})] \cdot (TS_2 - \Sigma t_{ред1})^2}}, \quad (3.70)$$

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

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

$\Sigma t_{ред1}$ - 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:

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (3.71)$$

$$FM_N^j = (F_N)^{1.35} \cdot \exp \left[1 \cdot (1 - F_N) \right] \cdot k_{ef}^j, \quad (3.72),$$

- для фосфорних добрив:

$$F_p = \frac{P_m}{P_{opt}}, \quad (3.73)$$

$$FM_p^j = (F_p)^{1.35} \cdot \exp \left[1 \cdot (1 - F_p) \right] \cdot k_{ef}^j, \quad (3.74)$$

- для калійних добрив:

$$F_K = \frac{K_m}{K_{opt}}, \quad (3.75)$$

$$FM_K^j = (F_K)^{1.35} \cdot \exp \{1 \cdot (1 - F_K)\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.76)$$

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:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1, \text{при } W^j / W_{opt1}^j \geq 0.85 \\ 0.8, \text{при } 0.70 < W^j / W_{opt1}^j < 0.85 \\ 0.6, \text{при } W^j / W_{opt1}^j \leq 0.70 \end{cases} \quad (3.77)$$

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

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg_{opt}}} \quad , (3.78)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp \left[1 \cdot (1 - F_{O_{rg}}) \cdot k_{ef}^j \cdot k_{O_{rg}}^g \right] \quad , (3.79)$$

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:

$$FW_{ef}^j = \min \{ FW_{O_{rg}}^j, FN_N^j, FW_P^j, FW_K^j \} \quad , (3.80)$$

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 агроєкологічні 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 агроєкологічних та біологічних факторів, що

визначають рівень врожайності. Разом з тим, ці величини є орієнтирами для підвищення продуктивності сільського господарства.

Серед чотирьох агроєкологічних 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.

4 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Необхідною умовою розвитку адаптивного рослинництва з метою отримання стабільних врожаїв високої якості є правильна оцінка та раціональне використання всіх природних ресурсів території, серед яких провідна роль належить клімату. Вирішення цієї актуальної проблеми нерозривно пов'язане з розробкою ефективних методів детальної оцінки агрокліматичних ресурсів на обмежених територіях в межах адміністративної області або району з використанням агрокліматичних показників.

Продуктивність сільськогосподарських культур визначається ступенем відповідності кліматичних умов біологічним особливостям цих культур і агротехніки їх обробітку. Найвища продуктивність досягається за умов максимально більш повного використання рослиною кліматичних ресурсів. Цей ефект може бути досягнутий за рахунок зміни структури посівних площ, сортів досліджуваної культури, які мають деякі біологічні відмінності у вимогах до факторів зовнішнього середовища. І, змінюючи їх структуру, можна домогтися кращої відповідності кліматичних умов їх біологічним вимогам.

В даному дипломному проекті були проведені чисельні експерименти з оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування врожайності ярого ячменю в Кіровоградській області.

Моделювалися посушливі, вологі і середньобагаторічні умови. Посушливі умови моделювалися: - опади і запаси продуктивної вологи низькі, а температура висока. Вологі умови моделювалися: - опади і запаси продуктивної вологи високі, а температура низька.

Подано порівняльну характеристику впливу посушливих і вологих умов на формування врожайності ярого ячменю в порівнянні з середньобагаторічними умовами.

Зупинимося більш детально на оцінці агрометеорологічних умов вирощування ярого ячменю в цій області.

4.1. Порівняльна характеристика середніх багаторічних, вологих і сухих умов і їх вплив на формування врожаю ярого ячменю в Кіровоградській області.

В цьому розділі дипломного проекту проведено порівняльну характеристику середніх багаторічних умов з посушливими і вологими, і їх вплив на формування врожайності ярого ячменю в Кіровоградській області.

Волого-температурний режим є фактором, коригувальним врожайність.

На рис. 4.1. представлена динаміка середньої температури повітря при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

Як показано на рис. 4.1. середня температура повітря при вологих умовах в першою декаду становить 8,6 °С. З цього моменту до кінця вегетації ярого ячменю середня температура підвищується і становить 18,1°С. Середня температура повторює хід і при середніх багаторічних і посушливих умовах. За посушливих умов середня температура повітря в першу декаду становить 12,6°С, а при середніх багаторічних 10,6°С. Потім плавно підвищується і до кінця періоду воскова стиглість - повна стиглість ярого ячменю при посушливих і середніх багаторічних умовах становить 22,1°С і 20,1°С відповідно.

Порівняльна характеристика суми опадів при середніх багаторічних умов з посушливими і вологими умовами представлена на рис. 4.2.

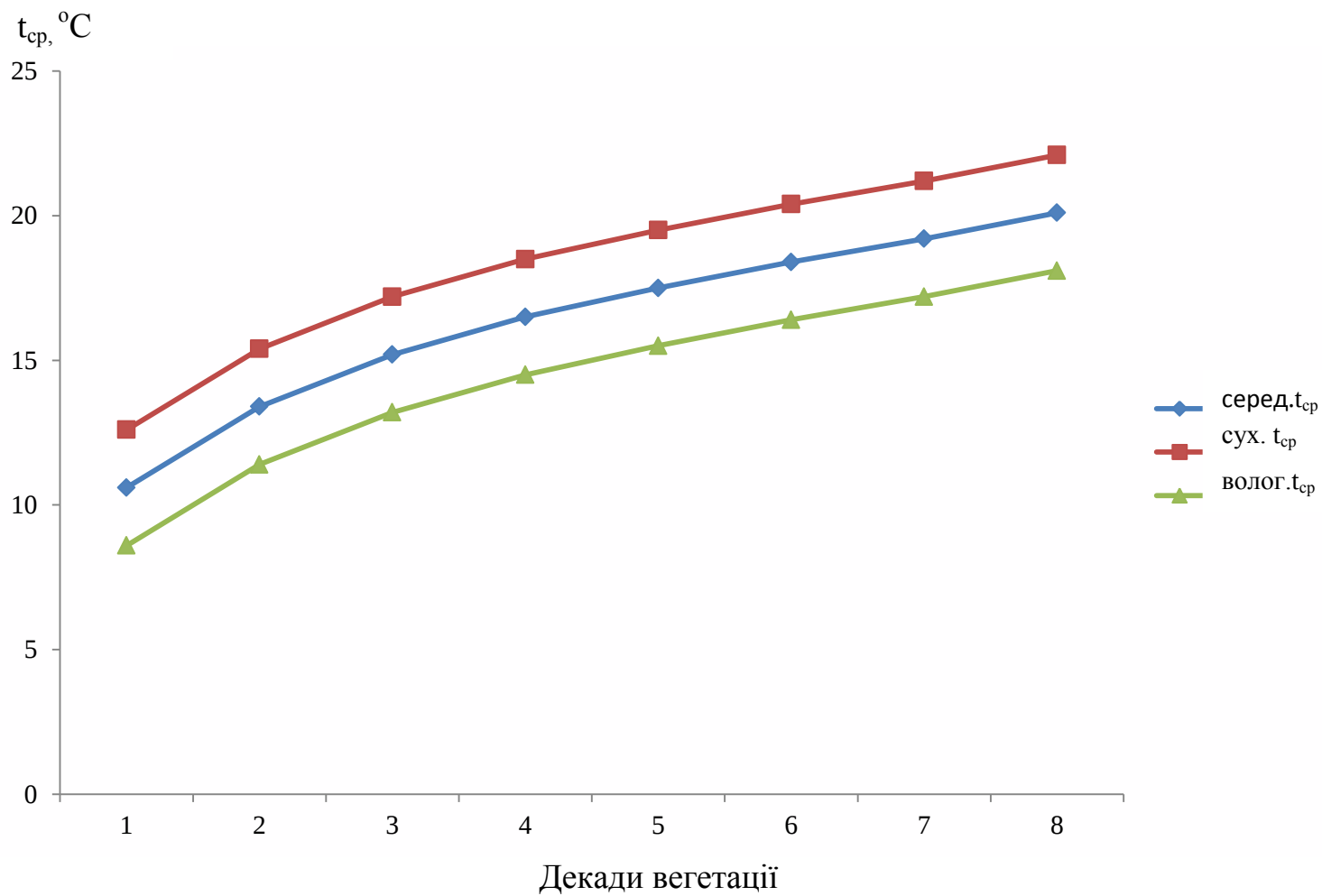


Рисунок 4.1 - Динаміка середньої температури повітря при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

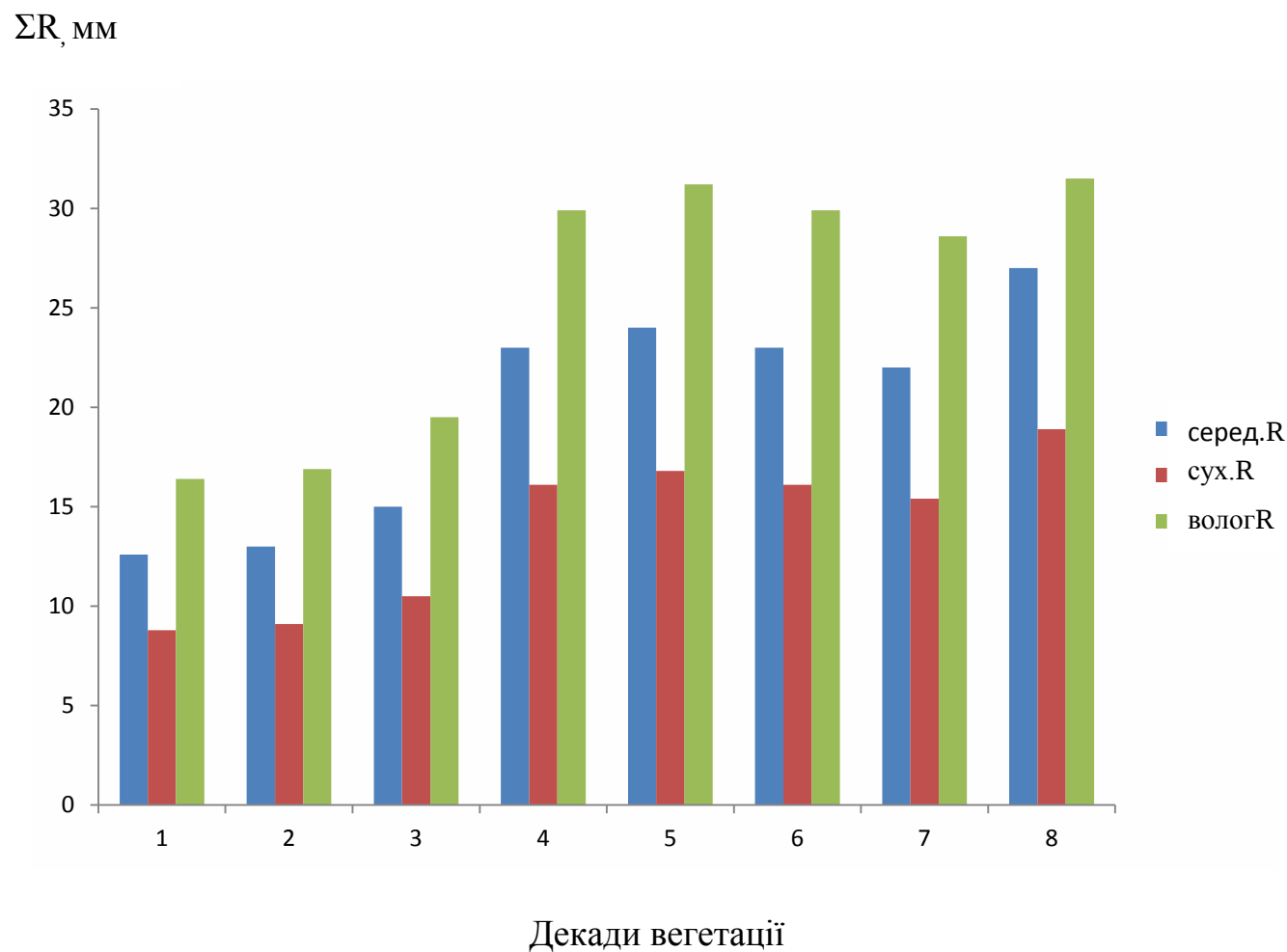


Рисунок 4.2 - Динаміка суми опадів ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

Як видно з малюнка, що при вологих умовах максимальна сума опадів значно вище, ніж при середніх багаторічних умовах.

Максимальне значення при вологих умовах доводиться на четверту - шосту і восьму декади і становить 29 - 35 мм. За посушливих умов максимум спостерігається в фазу колосіння - воскова стиглість і становить 16 - 19 мм. А максимум середніх багаторічних умов вище і коливається від 24 до 27 мм в кінці вегетації.

На рис. 4.3. представлена динаміка сумарного випаровування при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

Сумарне випаровування посівів ярого ячменю має добре виражену динаміку.

Як показано в рис. 4.3, на початку вегетації сумарне випаровування при вологих умовах за декаду становить 21 мм, в наступній декаді його рівень підвищується до 23 мм і продовжує підвищуватися до 28 мм. У наступній декаді, в період вихід в трубку - колосіння його рівень знижується до 24 мм. Дві останні декади цього періоду сумарне випаровування підвищується і становить 26 мм. Міжфазний період молочна - воскова стиглість відзначений підвищенням рівня сумарного випаровування за декаду до 29 мм, що є максимумом для усього вегетаційного періоду. Середньобагаторічні і посушливі агрометеорологічні умови повторюють хід кривої при вологих умовах. З першої по четверту декади при середніх багаторічних і посушливих умовах сумарне випаровування підвищується до 21 мм і 15 мм відповідно. Максимум сумарного випаровування спостерігається в період повної стиглості ярого ячменю і становить при середніх багаторічних умовах 22 мм, а при посушливих умовах 16 мм.

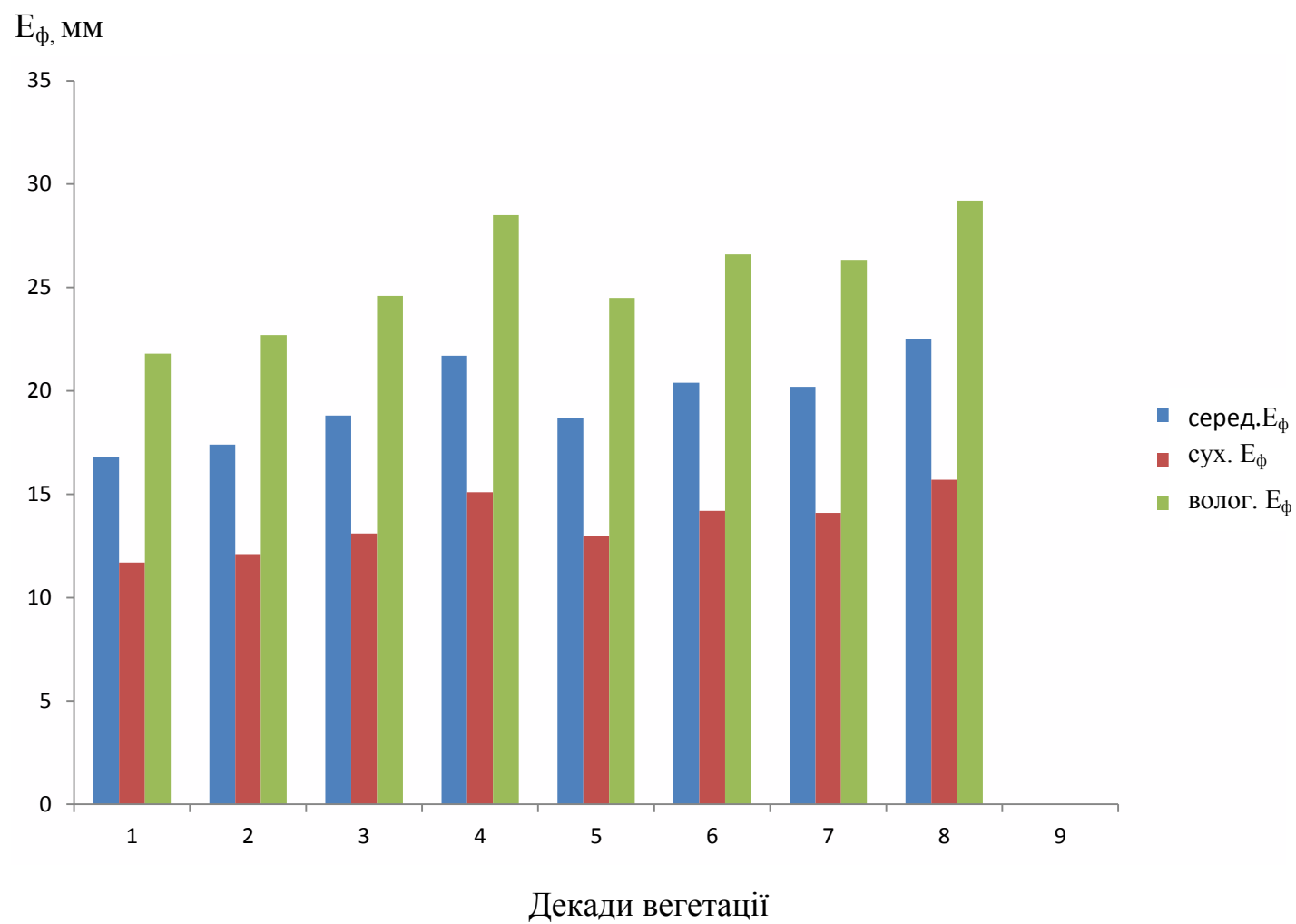


Рисунок 4.3 - Динаміка сумарного випаровування ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

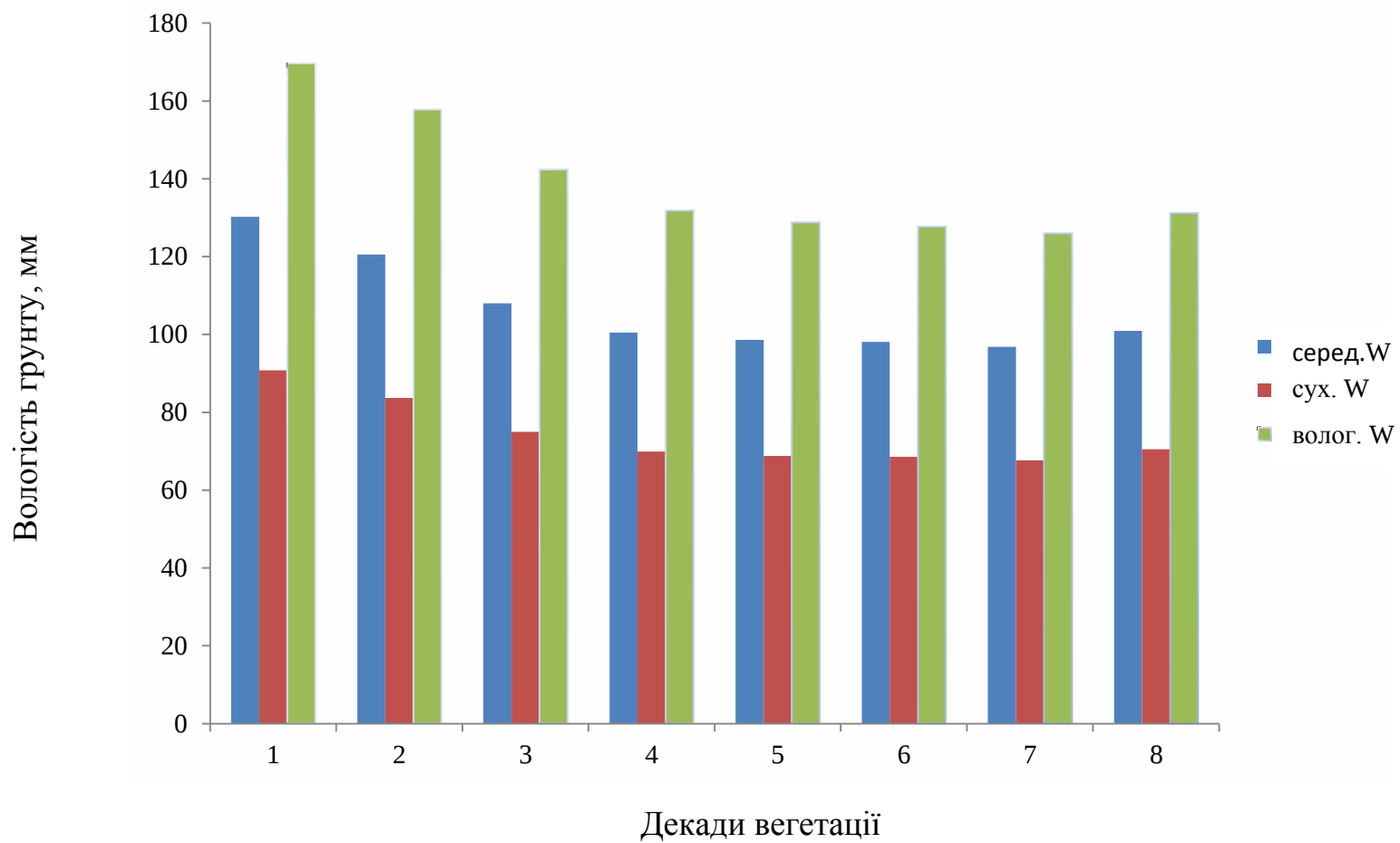


Рисунок 4.4 - Динаміка вологості ґрунту ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

Динаміка вологості ґрунту ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області представлена на рис. 4.4.

З рис. 4.4. видно, що вологість ґрунту при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах з першої декади вегетації до молочної стиглості поступово знижується. А на фазу повної стиглості спостерігається підвищення вологості ґрунту.

Такі умови волого-температурного режиму забезпечили і відповідний рівень ходу приростів метеорологічних можливої врожайності (рис. 4.5). Хід кривої приростів МВУ при вологих умовах починається з $147 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$, зростаючи в наступній декаді до $195 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$. З цього моменту спостерігається зростання приростів, досягаючи максимуму в кінці фази кушіння - вихід в трубку ($285 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$), потім в фазу вихід в трубку - колосіння помітний різкий спад приростів до $257 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$. За міжфазовий період колосіння - молочна стиглість рівень приростів знизився до $191 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$. В кінці вегетаційного періоду рівень $\frac{\Delta \text{ММВ}}{\Delta t}$ становить $137 \text{ г/ м}^2 \cdot \text{дек}$.

Такий хід кривої спостерігався і при середніх багаторічних умовах. З першої декади ($125 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$) до четвертої декади помітний різкий ріст приростів до $216 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$. Потім в фазу вихід в трубку - колосіння помітний різкий спад приростів до $185 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$. За міжфазовий період колосіння - молочна стиглість рівень приростів знизився до $134 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$. В кінці вегетаційного періоду рівень $\frac{\Delta \text{ММВ}}{\Delta t}$ становить $114 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$.

За посушливих умов спостерігається плавне зростання приростів ММВ. В першу декаду прирости на рівні ММВ становлять $81 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$ і поступово досягають максимуму ($117 \text{ г / м}^2 \cdot \text{дек}$). Потім плавно знижуються

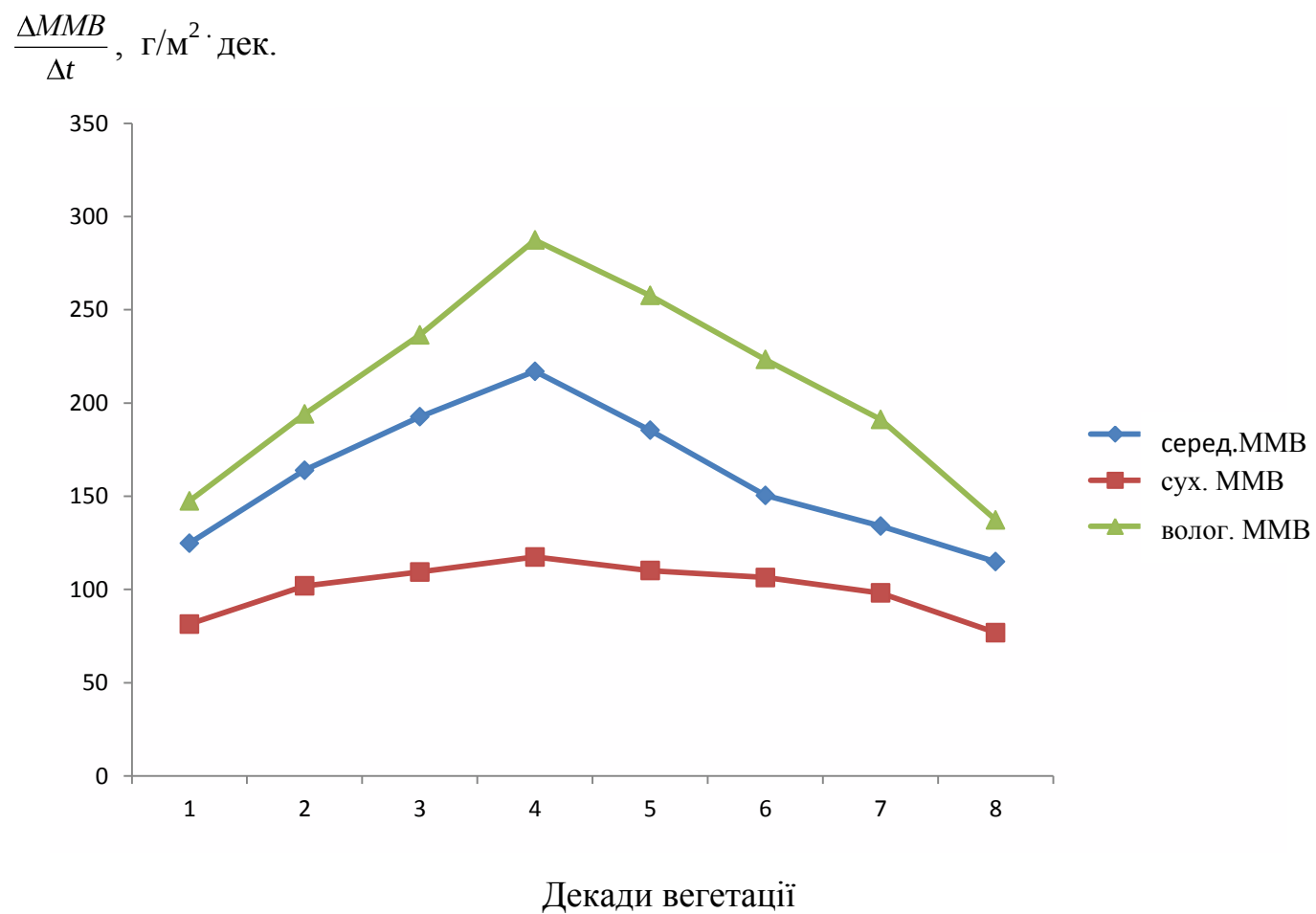


Рисунок 4.5 - Декадний хід приростів ММВ ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

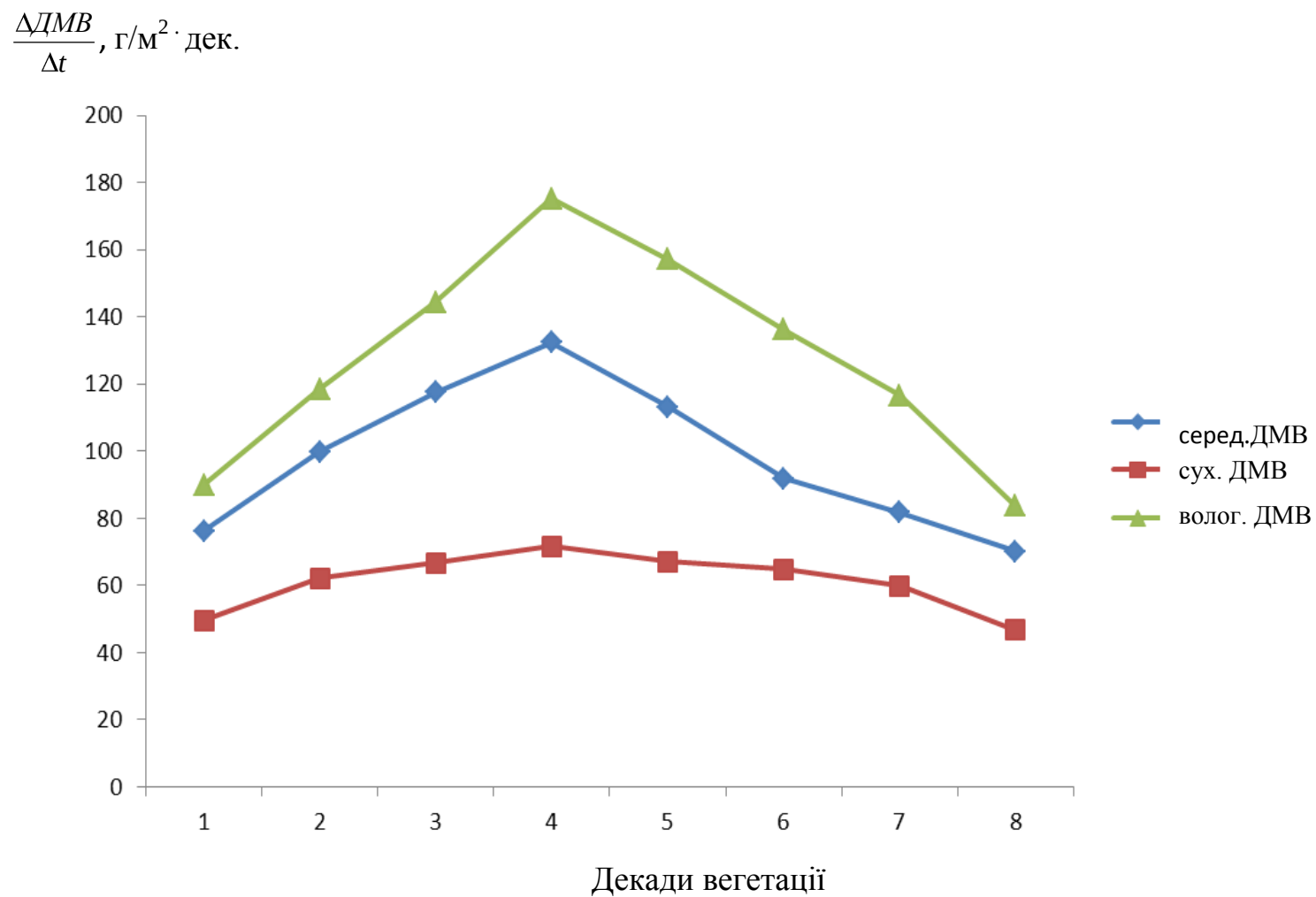


Рисунок 4.6 - Динаміка декадних приростів ДМВ ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

і в кінці вегетації прирости становлять $76 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$.

Прирости на рівні ДМВ при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області повторюю хід кривих приростів на рівні ММВ.

Максимальні значення приростів ярого ячменю на рівні ДМВ при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах припадають на четверту декаду і складають $132 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$, $175 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$ і $71 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$ відповідно.

Динаміка густоти стебел на рівні ДВУ (рис. 4.7) при середніх багаторічних і сухих умовах з першої по третю декади спостерігається інтенсивніше зростання до максимуму. При середніх багаторічних умовах максимальне значення становить $764 \text{ стебел.} / \text{м}^2$, а при посушливих умовах $729 \text{ стебел.} / \text{м}^2$. Динаміка густоти стебел на рівні ДМВ (рис. 4.7) при вологих умовах змінюється від $420 \text{ стебел.} / \text{м}^2$ до $755 \text{ стебел.} / \text{м}^2$.

Прирости врожайності на рівні УВ при вологих умовах починається з $58 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$, зростаючи в наступній декаді до $76 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$. З цього моменту спостерігається зростання приростів, досягаючи максимуму в кінці фази кушіння - вихід в трубку ($112 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$), потім в фазу вихід в трубку - колосіння помітний різкий спад приростів до $87 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$. За міжфазовий період колосіння - молочна стиглість рівень приростів знизився до $74 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$. В кінці вегетаційного періоду рівень становить $54 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$.

Такий хід кривої спостерігався і при середніх багаторічних умовах. З першої декади ($49 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$) до четвертої декади помітний різкий ріст приростів до $85 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$. Потім в фазу вихід в трубку - колосіння помітний різкий спад приростів до $58 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{дек}$. За міжфазовий період колосіння -

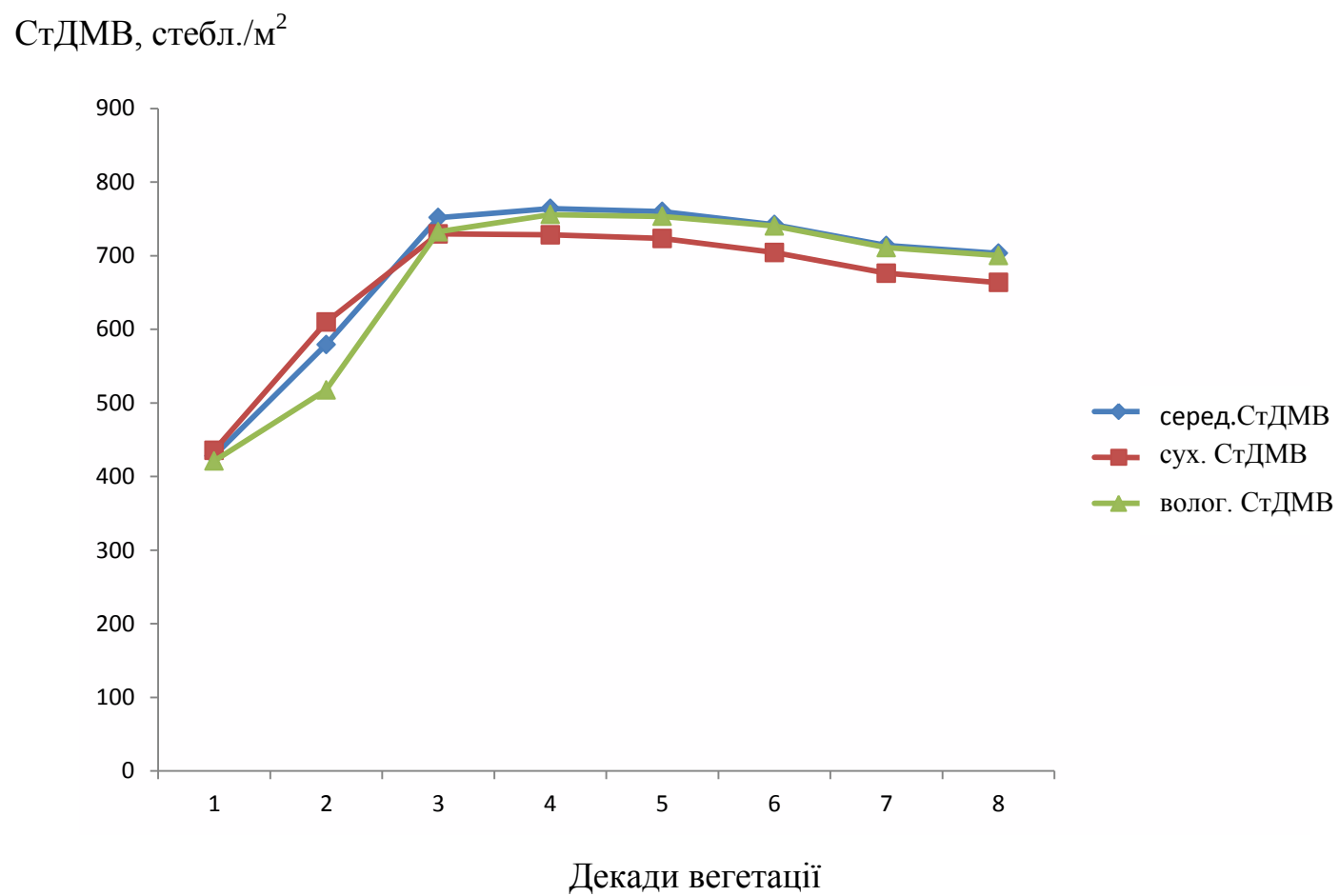


Рисунок 4.7 - Динаміка густоти стебел на рівні ДМВ ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

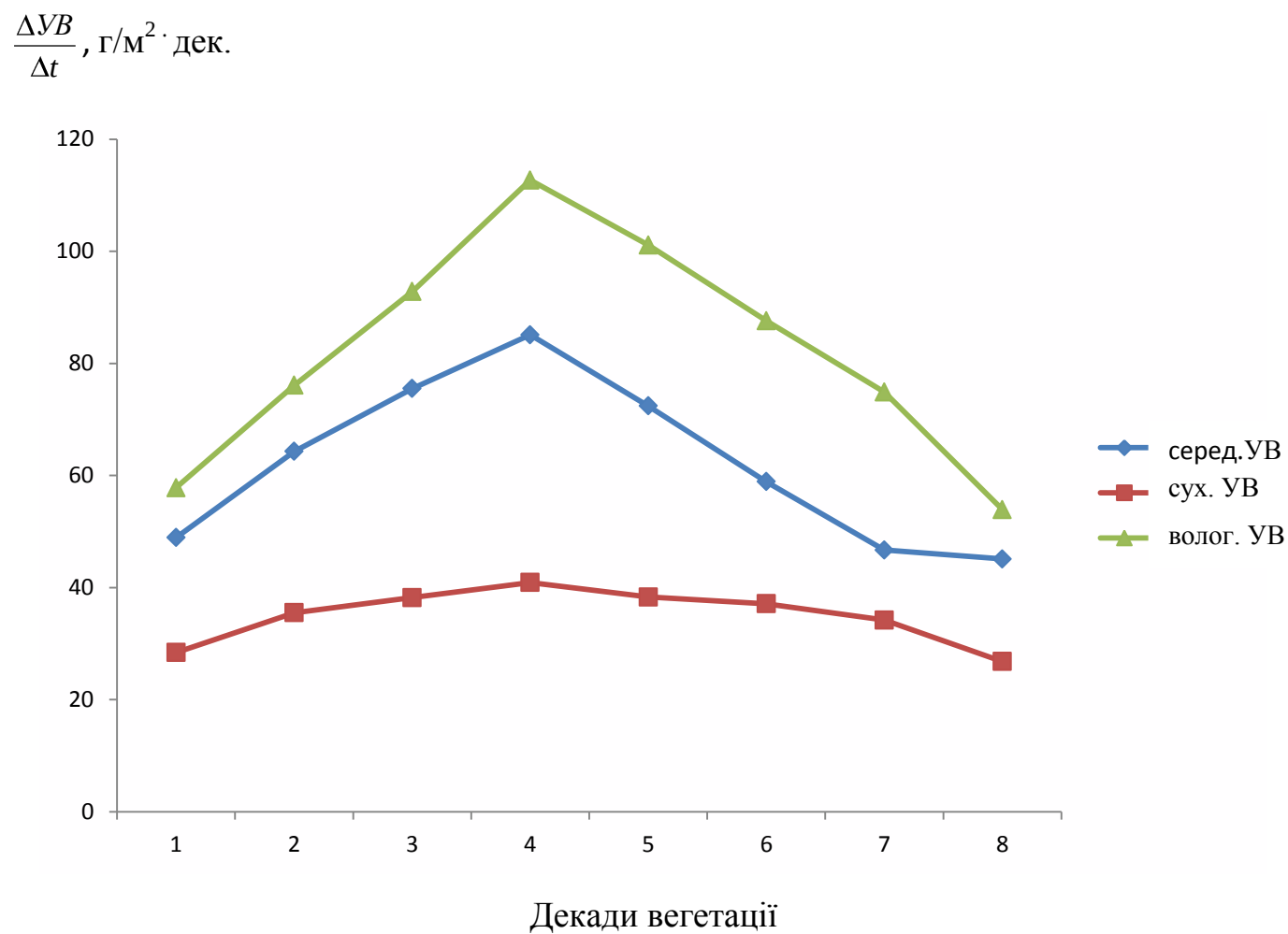


Рисунок 4.8 - Декадний хід приростів УВ ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області.

молочна стиглість рівень приростів знизився до $46 \text{ г / м}^2 \text{ дек.}$ В кінці вегетаційного періоду рівень становить $45 \text{ г / м}^2 \text{ дек.}$

За посушливих умов спостерігається плавне зростання приростів ВП. В першу декаду прирости на рівні ВП складають $28 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$ і поступово досягають максимуму ($41 \text{ г / м}^2 \text{ дек.}$). Потім плавно знижуються і в кінці вегетації прирости становлять $27 \text{ г / м}^2 \text{ дек.}$

5 ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ТЕРИТОРІЇ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

Багатьма дослідниками визнається, що найкращим інтегральним показником ступенем сприятливості ґрунтово-кліматичних умов території стосовно до сільськогосподарських культур є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков запропонував використовувати врожайність як важливий агрокліматический показник. Їм спільно з В.А.Смірновой і Т.А. Никифорової виконано агрокліматичне районування території колишнього СНД 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- і вологозабезпечення культурних рослин неможливо дати конкретних рекомендацій щодо раціонального використання агрокліматичних ресурсів в тому чи іншому регіоні з метою отримання стабільних врожаїв високої якості. У зв'язку з цим заслуговують на увагу підходи щодо кількісної оцінки впливу агрокліматичних умов на продуктивність сільськогосподарських культур.

У зв'язку з тим, що найбільш адекватним виразом агрокліматичних ресурсів може бути реалізовано в агроекологічних категоріях врожайності, з урахуванням цього нами була проведена оцінка продуктивності ярого ячменю по території Кіровоградської області в розрізі основних категорій врожайності, а саме:

1) Потенційна врожайність (ПВ) - врожайність, яка може бути отримана в оптимальних ґрунтово-метеорологічних умовах і яка лімітована тільки приходом ФАР, тривалістю вегетаційного періоду і біологічними особливостями кукурудзи.

2) метеорологічні можлива врожайність (ММВ) - врожайність, яка може бути отримана в оптимальних ґрунтових і реальних метеорологічних умовах.

3) дійсноможлива врожайність (ДМВ) - максимальна врожайність, яка може бути отримана на конкретному полі в реальних метеорологічних і ґрунтових умовах.

4) Урожайність у виробництві (УВ) - фактична врожайність, одержувана в господарстві при існуючій агротехніці.

Зупинимося детальніше на характеристиці розподілу агроєкологічних категорій врожайності по території Кіровоградської області.

5. 1. Ґрунтові і агрометеорологічні умови вирощування ярого ячменю

У сільськогосподарському виробництві при вирішенні багатьох практичних питань велике значення має порівняльна міжрегіональна оцінка земель. Як відомо, продуктивність сільського господарства в значній мірі залежить від природних ресурсів, серед яких клімату належить провідна роль. Під кліматичними ресурсами слід розуміти: - кількість речовини та енергії елементів клімату, що використовуються в різних галузях економіки. Ті елементи клімату, які утилізуються рослинними організмами при створенні біомаси (сонячна радіація, тепло, волога, вітер, умови перезимівлі), складають агрокліматичні ресурси в конкретному районі.

Значна частина природних ресурсів, в тому числі агрокліматичних, в даний час використовуються недостатньо. Це пов'язано, перш за все, з малою вивченістю клімату і місцевого клімату на регіональному рівні з точки зору використання його в сільському господарстві. У числі багатьох компонентів, що складають єдину природу, найважливішим для сільського

господарства є ґрунт і клімат, включаючи погоду і водні ресурси, як похідні від клімату. Світло, тепло, волога і їх співвідношення впливають на рослини не тільки безпосередньо, а й через обумовлені ними ґрунтоутворювальні і мікробіологічні процеси.

За описаною вище моделі нами були виконані розрахунки врожайності ярого ячменю різних рівнів, а також різні оцінки території стосовно його обробітку.

На підставі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик ґрунтово-кліматичних умов вирощування ярого ячменю і його продуктивності.

Бал ґрунтової родючості в Кіровоградській області становить 0,61 відн.од. (табл. 5.1). При вирощуванні ярого ячменю вносилися мінеральні та органічні добрива. На території області вносили 44 кг (д.р.)/га азотних добрив, а також фосфорні та калійні добрива для всіх умов 28 кг (д.р.) / га. Норма внесених органічних добрив під попередник на території становить 15 т / га гною.

У табл. 5.1 представлені узагальнені показники агрометеорологічних умов вирощування ярого ячменю: тривалість вегетаційного періоду, сума ефективних температур за вегетацію, сума ФАР, сума опадів, потреба рослин у волозі, сумарне випаровування, дефіцит вологи і ГТК. Як видно з табл. 5.1, тривалість вегетаційного періоду ярого ячменю при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області становить 80 днів.

Таблиця 5.1 – Узагальнені характеристики ґрунтових і агрометеорологічних умов вирощування ярого ячменю в Кіровоградській області

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Середньобагаторічні умови	Сухі умови	Вологі умови
1	Бал ґрунтової родючості, відн.од.	0,61	0,61	0,61
2	Внесення азотного добрива (N), кг(д.р.)/га	44	44	44
3	Внесення фосфорного добрива (P), кг(д.р.)/га	28	28	28
4	Внесення калійного добрива (K), кг(д.р.)/га	28	28	28
5	Внесення органічного добрива (гній), т/га	15	15	15
6	Сума ефективних температур вище 5 °С	915	1075	755
7	Сума ФАР, Дж/см ² за період	4502	4502	4502
8	Тривалість вегетаційного періоду, доба	80	80	80
9	Сума опадів, мм	159	111	207
10	Потреба рослин у волозі, мм	338	338	338
11	Сумарне випаровування, мм	176	123	229
12	Дефіцит вологи, мм	87	163	11
13	ГТК	1.21	0.76	1.8

Суми температур за вегетаційний період ячменю з досліджуваної території при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах коливаються в межах 750 - 1100 °С. Найменша сума ефективних температур спостерігається при вологих умовах і становить 755 °С.

Важливим фактором у житті рослин є не тільки тепло але і волога. Режим зволоження визначається головним чином кількістю опадів, що випадають.

За вегетаційний період кількість опадів при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області змінюється від 111 до 207 мм. Найменша сума опадів спостерігається при посушливих умовах і становить 111 мм. Найбільша сума опадів становить 207 мм при вологих умовах.

Зволоження території залежить не тільки від кількості опадів, що випадають, але і від того, скільки їх витрачається на випаровування і стік. Тому в якості величини, що характеризує ступінь зволоження території, використовують умовний показник зволоження - гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що враховує одночасно прихід вологи у вигляді опадів і сумарний її витрата на випаровування. При середніх багаторічних, вологих і сухих умовах в Кіровоградській області ГТК змінюється від 0,76 відн.од. при посушливих умовах до 1,8 відн.од. при вологих умовах.

Оптимальна потреба ярого ячменю в воді в період вегетації при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах становить 338 мм (табл. 5.1).

Сумарне випаровування (табл. 5.1), за період вегетації при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах коливається від 123 до 176 мм.

Досліджені вище особливості агрометеорологічних умов вирощування ярого ячменю визначили темпи формування стеблостою агроекологічних категорій врожайності (табл. 5.2).

При цьому динаміка загальної кількості стебел буде визначатися початковою кількістю стебел, максимально можливим збільшенням

кількості стебел при кушіння і природної редукцією їх в період після колосіння. Швидкість кушіння визначається як добуток максимально можливої швидкості кушіння і відносної швидкості збільшення кількості стебел.

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

Висока інтенсивність кушіння на рівні ПВ спостерігається при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах становить 2,5 відн.од.

На формування стеблостою сильно впливає волого-температурний режим. Приріст стеблостою на рівні ММВ буде являти собою приріст стеблостою на рівні ПВ з урахуванням впливу обмежують кушіння факторів термічного режиму і вологозабезпеченості. Під впливом метеорологічних умов і особливо лімітуючим впливом зволоження, спостерігається зниження енергії кушіння на рівні ММВ при середніх багаторічних і вологих умовах до 2,2 відн.од., при сухих - 2,1 відн.од. Грунтову родючість обмежує формування стеблостою, що проявляється зменшенням кущистості на рівні ДМВ і становить 1,8 - 1,9 відн.од. Внесення добрив і рівень господарської агротехніки визначають кущистості на рівні УВ, який становить при посушливих умовах - 1.6 відн.од., а при середніх багаторічних і вологих умовах 1,7 відн.од.

Таблиця 5.2 – Узагальнені характеристики фотосинтетичної продуктивності і формування стеблостою ярого ячменю в Кіровоградській області

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Середньобагаторічні умови	Сухі умови	Вологі умови
1	Кущистість на рівні ПВ, відн.од.	2.5	2.5	2.5
2	Кущистість на рівні ММВ, відн.од.	2.2	2.1	2.2
3	Кущистість на рівні ДМВ, відн.од..	1.9	1.8	1.9
4	Кущистість на рівні УВ, відн.од.	1.7	1.6	1.7
5	Максимальні прирости врожаю на рівні ПВ, $\text{г/м}^2 \cdot \text{декаду}$	362	367	358
6	Максимальні прирости врожаю на рівні ММВ, $\text{г/м}^2 \cdot \text{декаду}$	217	117	287
7	Максимальні прирости врожаю на рівні ДМВ, $\text{г/м}^2 \cdot \text{декаду}$	133	72	175
8	Максимальні прирости врожаю на рівні УВ, $\text{г/м}^2 \cdot \text{декаду}$	85	41	113
9	$K_{\text{хоз}}$ для ПВ, відн.од.	0.330	0.330	0.330
10	$K_{\text{хоз}}$ для ММВ, відн.од.	0.462	0.577	0.325
11	$K_{\text{хоз}}$ для ДМВ, відн.од.	0.498	0.550	0.370
12	$K_{\text{хоз}}$ для УВ, відн.од.	0.550	0.550	0.410
13	ПВ всій сухої біомаси, г/м^2	2410	2417	2401
14	ММВ всій сухої біомаси, г/м^2	1283	802	1675
15	ДМВ всій сухої біомаси, г/м^2	782	489	1022
16	УВ всій сухої біомаси, г/м^2	497	279	657

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

Аналіз максимальних приростів біомаси на рівні ПВ (табл. 5.2) показує, що при середніх багаторічних умовах і становить $362 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$, при вологих умовах - $358 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$, при сухих умовах - $367 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$.

Лімітуючих вплив вологозабезпеченості і термічного режиму призводить до зниження приростів на рівні ММВ до $117 - 287 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$. при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах. Мінімальні величини приростів ММВ спостерігаються при посушливих умовах (до $117 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$).

Рівень ґрунтової родючості призводить до зниження максимальних приростів на рівні ДВУ, а вносяться дози мінеральних і органічних добрив дають додаткову корекцію на рівні УВ. Таким чином, на рівні УВ найбільша величина максимальних приростів врожаю спостерігається при вологих умовах ($175 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$.) І істотно менше при посушливих ($72 \text{ г / м}^2 \text{ дек}$).

Важливим показником продуктивності посівів сільськогосподарських культур є коефіцієнт господарської ефективності врожаю, що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини врожаю (зерно, бульби, качани, плоди і т.д.) до маси загальної сухої фітомаси. Коефіцієнт господарської ефективності залежить від сорту сільськогосподарських культур і агрометеорологічних умов.

Аналізуючи $K_{\text{хоз}}$ для ПВ (табл. 5.2) видно, що по всій території області при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах, ця величина має однакове значення і становить для ярового ячменю - 0,33 відн.од.

Переходячи до опису $K_{\text{хоз}}$ для ММВ видно, що при сухих умовах становить 0,577 відн.од., при середніх багаторічних умовах - 0,462 відн.од., при вологих умовах - 0,325 відн.од. Аналізуючи $K_{\text{хоз}}$ для ДМВ можна

відзначити, що на території області при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах він коливається від 0,37 до 0,55 відн.од..

Як видно з табл. 5.2. $K_{\text{хоз}}$ для УВ при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах змінюється від 0,40 до 0,55 відн.од.

Величини ПУ всієї сухої біомаси (табл. 5.2) показує, що при середніх багаторічних умовах і становить 2410 г / м^2 , при вологих умовах – 2401 г/м^2 , при сухих умовах - 2417 г / м^2 .

Переходячи до опису ММВ всієї сухої біомаси, можна відзначити, що найбільше значення відзначено при вологих умовах і становить 1675 г / м^2 . При середніх багаторічних умовах спостерігається зниження сухої маси на рівні ММВ і становить 1283 г / м^2 , при сухих умовах - 802 г / м^2 .

На рівні ДМВ урожай всієї сухої біомаси (табл. 5.2) можна відзначити, що найбільше значення відзначено при вологих умовах і становить 1022 г/м^2 . При середніх багаторічних умовах спостерігається зниження сухої маси на рівні ДМВ і становить 782 г / м^2 , при сухих умовах – 489 г/м^2 .

Урожайність у виробництві (УВ) всієї сухої біомаси можна відзначити, що найбільше значення відзначено при вологих умовах і становить 657 г / м^2 . При середніх багаторічних умовах спостерігається зниження сухої маси на рівні УВ і становить 497 г / м^2 , при сухих умовах - 279 г / м^2 .

5.2. Агроекологічні категорії врожайності

Описуючи метеорологічних-можливий урожай (ММВ) ярового ячменю по території Кіровоградської області при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах видно, що урожай коливається в межах 50 - 70 ц/га.

Таблиця 5.3 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування та продуктивності ярого ячменю в Кіровоградській області

№ пп	Загальні показники за період вегетації	Середньобагаторічні умови	Сухі умови	Вологі умови
1	Кількість стебел на рівні ПВ, стебл./м ²	899	891	899
2	Кількість стебел на рівні ММВ, стебл./м ²	794	748	788
3	Кількість стебел на рівні ДМВ, стебл./м ²	669	631	666
4	Кількість стебел на рівні УВ, стебл./м ²	568	519	570
5	ПВ зерна, ц/га	90	90	90
6	ММВ зерна, ц/га	67	52	62
7	ДМВ зерна, ц/га	44	30	43
8	УВ зерна, ц/га	31	17	30
9	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од.	0.745	0.580	0.688
10	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн.од.	0.462	0.332	0.495
11	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн.од.	0.443	0.442	0.445
12	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних і ґрунтових умов, відн.од.	0.702	0.571	0.712

Переходячи до опису рівня ДВУ ярого ячменю в Кіровоградській області можна відзначити, що найбільше значення ДМВ спостерігається при середніх багаторічних умовах. Значення ДМВ тут становить 44 ц / га.

Трохи нижче значення ДМВ (близько 30 ц / га) спостерігаються при сухих умовах.

Описуючи по території Кіровоградської області розподіл виробничих врожаїв можна відзначити, що урожай характеризується меншим розмаїттям. Значення виробничих врожаїв в Кіровоградській області при середніх багаторічних і вологих умовах коливаються від 29 до 31 ц / га. Найнижчі врожаї (17 ц / га) ярого ячменю спостерігаються при сухих умовах в області.

В умовах УВ приріст кількості стебел буде обмежуватися рівнем культури землеробства і ефективністю внесених добрив.

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

Переходячи до опису стеблостою на рівні УВ з табл. 5.3 видно, що найбільше значення спостерігається при середніх багаторічних і вологих умовах Кіровоградської області, воно коливається від 560 до 570 стебел./м². А при сухих умовах значення стеблостою на рівні УВ одно 519 стебел. / м².

Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку культури характеризує співвідношення ММВ і ПВ. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМВ і ММВ.

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) ярого ячменю, з табл. 5.3 видно, що саме найбільше значення (0,745 відн.од.) спостерігається при середніх багаторічних умовах в Кіровоградській області. Ступінь сприятливості кліматичних умов знижується при вологих умовах і становить 0,688 відн.од. Більш низькі значення СВУ (близько 0,580 відн.од.) спостерігаються при сухих умовах.

Співвідношення УВ і ММВ встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховане за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів

Описуючи оцінку рівня використання агрокліматичних ресурсів (C_0) для ярового ячменю, з табл. 5.3 бачимо, що найбільш високий рівень C_0 становить 0,495 відн.од. при вологих умовах. При середніх багаторічних умовах оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів становить 0,462 відн.од. Найнижчий рівень C_0 , спостерігається при сухих умовах і дорівнює 0,332 відн.од.

Величина УВ віднесена до ПВ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу.

Описуючи оцінку рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для ярового ячменю, з табл. 5.3 бачимо, що при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах рівень реалізації агроекологічного потенціалу однаковий і становить 0,443, 0,442 і 0,495 відн.од. відповідно.

При реальних ґрунтових умов співвідношення УП та ДВУ можна розглядати як показник досконалої агротехнології.

Переходячи до опису оцінки культури землеробства (C_a) для ярового ячменю, з табл. 5.3 бачимо, що при середніх багаторічних і вологих умовах рівень C_a коливається від 0,702 до 0,712 відн.од. Знижується рівень C_a (0,571 відн.од.) при сухих умовах.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту були отримані наступні основні результати:

1. Вивчено агрокліматичні ресурси Кіровоградської області. Розглянуто основні показники ресурсів тепла і вологи.

2. Вивчено біологічні особливості ярого ячменю і його вимоги до факторів зовнішнього середовища.

3. Були проведені чисельні експерименти з оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування врожайності ярого ячменю в Кіровоградській області.

4. Моделювалися посушливі, вологі і середньо багаторічні умови. Посушливі умови моделювалися: - низькі опади і запаси продуктивної вологи, і висока температура. Вологі умови моделювалися: - високі опади і запаси продуктивної вологи, і низька температура.

5. Оцінена щодакна динаміка показників приростів агроекологічних категорій врожайності при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах під впливом радіаційного, теплового та водного режимів. Так, аналіз максимальних приростів біомаси на рівні ПВ показує, що при середніх багаторічних умовах він становить $362 \text{ г} / \text{м}^2 \text{ дек}$, вологих умовах – $358 \text{ г} / \text{м}^2 \text{ дек}$, сухих умовах - $367 \text{ г} / \text{м}^2 \text{ дек}$.

На рівні ДМВ урожай всієї сухої біомаси можна відзначити, що найбільше значення відзначено при вологих умовах і становить $1022 \text{ г} / \text{м}^2$. При середніх багаторічних умовах спостерігається зниження сухої маси на рівні ДВУ і становить $782 \text{ г} / \text{м}^2$, при сухих умовах - $489 \text{ г} / \text{м}^2$.

Найбільші прирости сухої маси спостерігаються з 3 по 5 декаду вегетації, тобто в період від виходу в трубку до колосіння.

4. Визначено кількість стебел для всіх рівнів агроекологічної врожайності. Найбільша кількість стебел на рівні УВ спостерігається при середніх багаторічних і вологих умовах Кіровоградської області, воно

коливається від 560 до 570 стебел. / м². А при сухих умовах значення стеблостою на рівні УВ одно 519 стебел. / м².

5. Виконано оцінку агроекологічних категорій врожайності всієї сухої маси і врожаю зерна ярого ячменю. Величини ПВ всієї сухої біомаси показують, що при середніх багаторічних умовах вони складають 2410 г/м², при вологих умовах - 2401 г / м², при сухих умовах - 2417 г / м². Величина ММВ всієї сухої біомаси, показує, що найбільше значення відзначено при вологих умовах і становить 1675 г / м². При середніх багаторічних умовах спостерігається зниження сухої маси на рівні МВУ і становить 1283 г / м², при сухих умовах - 802 г / м².

6. Отримано комплексні оцінки ступеня сприятливості кліматичних умов ярого ячменю і оцінки використання кліматичних ресурсів на території Кіровоградської області.

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) ярого ячменю, видно, що саме найбільше значення (0,745 відн.од.) спостерігається при середніх багаторічних умовах в Кіровоградській області. Ступінь сприятливості кліматичних умов знижується при вологих умовах і становить 0,688 відн.од. Більш низькі значення СВУ (близько 0,580 відн.од.) спостерігається при сухих умовах.

7. Для ярого ячменю дана комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів Кіровоградської області. Так, при описі оцінки рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для ярого ячменю, при середніх багаторічних, вологих і сухих умовах рівень реалізації агроекологічного потенціалу однаковий і становить 0,443, 0,442 і 0,495 відн.од. відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматический справочник по Кировоградской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1958.
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 полегание зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 212 с.
9. Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов // Метеорология и гидрология. – 1971. №5. – С. 84 –91.
10. Антоненко В. С., Гойса Н. И. Ростовые функции вегетативного и репродуктивного периодов развития озимой пшеницы. // Труды УкрНИГМИ, 1986. – Вып. 208. – С. 49–66.
11. Антоненко В.С. Динамическое моделирование роста, развития и формирования продуктивности озимой пшеницы. – К.: «АртЭк», 2002. – 63 с.
12. Абашина Е.В. Метод азотного питания растений в динамических моделях, предназначенных для оценки агрометусловий формирования

- урожаев яровых зерновых культур. // Труды ИЭМ, 1979. – Вып. 13 (91). – С. 101 – 119.
13. 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.
 14. Дмитренко В.П. Современное направление исследований и методологические аспекты проблемы урожайности (модели типа погода – урожай) // Труды УкрНИГМИ, 1978. – Вып. 164. – С. 33 – 48.
 15. Ковтун И.И., Гойса Н.И., Митрофанов Б.А. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 288 с.
 16. Curry R. B., Chen L. H. Dynamic simulation of vegetative growth in a plant canopy. – In: Proc. 1970 Summer Computer Simulation Conf., June 10 – 12, 1970, p. 131 – 145.
 17. Splinter W. E. Corn growth model. – ASAE Paper, 1973, N 73 – 4535, ASAE St. Joseph, M I 49085.
 18. Цубербиллер Е.А. Суховей, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними. – М.: Колос: 1966. – 110 с
 19. Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 226 с.
 20. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 2001. – Вып. 43. – С. 128 – 135.
 21. Сапожникова С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. – М.: Изд. МСХ СССР, 1958. – С. 14-37.
 22. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 152 с.

23. Гольцберг И.А. Агроклиматическое районирование территории административных областей // Труды ГГО.– 1969.– Вып. 248. – С. 4–11.
24. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
25. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
26. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
27. Сепп Ю. В., Тооминг Х. Г. Использование климатических ресурсов для получения высокой продуктивности картофеля (на примере Прибалтики) //Сельскохозяйственная биология, 1984, № 9. – С. 26–31.
28. 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.
29. Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
30. 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.
31. Жуков В. А., Полевой А. Н., Витченко А. Н., Даниелов С. А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 207 с.
32. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
33. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.