МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Природоохоронний факультет
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: **Агроекологічна оцінка формування врожаю ярого ячменю в Київській області**

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

Богданець Катерина Іванівна
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 СТУДЕНЦІ

_____ Богданець Катерині Іванівні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту__Агроекологічна оцінка формування врожаю ярого ячменю в Київській 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 Київській області
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1.Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР ярого ячменю в Київській області;
2.Динаміка приростів стеблостою;
3.Декадний хід приростів ММВ ярого ячменю і характеристик водно-теплового режиму в Київській області;

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.	92,0	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	29.05.2017 р.-01.06.2017 р.	90,0	відмінно
7	Виправлення помилок, дооформлення роботи, підготовка презентації та доповіді до захисту		90,0	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		89,8	

Студент _____ Богданець К.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

ЗМІСТ Стр.

ВСТУП …… 5

1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ…….. 7

2. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ…..……. 10

2.1. Вимоги ярого ячменю до світла…….. 10

2.2. Вимоги ярого ячменю до тепла …… 11

2.3. Вимоги ярого ячменю до вологи…… 11

2.4. Вимоги ярого ячменю до ґрунтів …….. 12

2.5. Вимоги ярого ячменю до удобрення…….. 13

2.6. Основні хвороби і шкідники ярого ячменю……. 14

2.7. Характеристика сортів ярого ячменю …… 21

3. СТРУКТУРА АГРОКЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ……..... 27

3.1. Сучасний стан моделювання формування врожаю зернових культур 27

3.2. Концепція моделювання впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю 31

3.3. Блок вхідної інформації моделі 35

3.4. Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою 36

3.5. Блок розрахунку метеорологічний можливої врожайності та формування стебел 40

3.6. Блок узагальнених оціночних характеристик .....

3.7. Ідентифікація параметрів моделі агрокліматичної моделі продуктивності ярого ячменю та перевірка її адекватності…. 51

4. АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ 61

4.1 Динаміка приростів агроекологічних категорій врожайності в агрокліматичних умовах Київської області. 62
5. ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ ……..... 72
5. 1. Ґрунтові та агрокліматичні ресурси обробітку ярого ячменю 73
5.2. Агроекологічні категорії врожайності ..... …….. 80
ВИСНОВКИ .....**.....** 85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 87

ВСТУП

Зернові культури (пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза, сорго, просо, рис, гречка) - головне джерело продовольства для населення та кормів для сільськогосподарських тварин. Виробництво зерна тому є основою сільськогосподарського виробництва. Збільшення виробництва зерна - основне завдання розвитку світового землеробства. Від цього залежить задоволення потреб населення, розвитку тваринництва.

У вирішенні цього завдання основну роль грають зернові колосові культури, в числі яких певне місце займає ячмінь.

За валовим збором і посівним площам серед зернових культур, ячмінь займає велику питому вагу як в нашій країні, так і в світовому землеробстві. Ячмінь - важлива кормова, технічна і продовольча культура.

Зерно широко використовується як високоживильний концентрований корм для всіх видів худоби. Особливо цінний ячмінь при відгодівлі свиней. Ячмінна солома - хороший грубий корм. У 100 кг зерна в середньому міститься 121 кормова одиниця і 8,1 кг перетравного протеїну.

Ячмінь в великих кількостях йде для пивоварної, є основним видом сировини для даної галузі. Якщо кормовий ячмінь найбільш цінний з підвищеним вмістом білка, то пивоваріння - з підвищеним вмістом крохмалю. Зерно ячменю також використовують для виготовлення сурогатів кави, солодових екстрактів, що застосовується в спиртовій, фармацевтичної та інших галузях промисловості.

З ячменю одержують перлову і ячмінну крупу, ячмінну муку. Борошно в поєднанні з пшеничного або житнього використовується в хлібопеченні. У зерні ячменю при 14% - ної вологості міститься в середньому 12% білка, 64,6% безазотистих екстрактивних речовин, 2,1% жиру, 5,5% клітковини і 2,8% золи. Однак кількість білка і крохмалю може сильно зміниться в залежності від сорту і умов зростання. Навіть один і

той же сорт в одних умовах може дати 7,5 - 10% білка, а в інших 15,5 - 17,5%.

Ячмінь - одна з найдавніших культурних рослин. У Стародавньому Єгипті і на території Туркменії його обробляли близько 7 тис. Років тому, в Вавилоні, Стародавньому Китаї 4 - 5 тис. Років тому, на європейському території СНД між Дніпром і Дністром - також близько 4 - 5 тис. Років тому.

У теперішній час на великих площах ячмінь вирощують в Китаї, США, Індії, Канаді, Туреччині, Франції і в інших країнах.

Ячмінь обробляють майже в усіх грунтово-кліматичних зонах. У нашій країні можна виділити три найважливіші зони:

1. північну - продовольчу;

2. південну - кормового та експортного ячменю;

3. західну - пивоварного ячменю;

Метою дипломного проекту є кількісна оцінка сприятливості кліматичних умов Київської області вимогам ярого ячменю до умов вирощування.

Для виконання дипломного проекту використовувались матеріали спостережень за період з 1978 по 2000 роки за врожайністю ярого ячменю, фенологічні та метеорологічні спостереження по станціях Київської області.

Розрахунки виконувались за моделлю А.М. Польового з використанням ПЕОМ. Для виконання дипломного проекту також використовувались агрокліматичні довідники по Київської області та по Україні.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Київська область розташована в середній течії Дніпра, має площу 29,1 тис. кв. км. На півночі вона межує з Білорусією, на північному сході та сході – з Чернігівською областю, на заході – з Житомирською та Вінницькою, на півдні – з Черкаською і на сході – з Полтавською областями.

За своїм рельєфом територія області являє собою злегка хвилясту рівнину з невеликим похилом поверхні з півдня та південного заходу в бік Дніпра та Десни, де вона переходить в Придніпровську низину.

Південна частина області займає відроги Придніпровської височини. У басейні ріки Рось висота плато досягає в окремих місцях 280м. Нагірний правий берег Дніпра від Києва до Канева порізаний густою сіткою ярів та байраків. Під дією дощів зливового характеру і весняних талих вод утворився розчленований рельєф, що сприяє розвитку ерозії. В результаті цього процесу зменшується розмір ріллі, а на решті площ змивається родючий поверхневий шар , замулюються річки.

Фізико-географічні особливості області і окремих її районів показані на фізичній карті (рис. 1.1).

Більшість річок належать до басейну Дніпра, що тече через всю область з півночі на південний схід. Найбільші праві притоки Дніпра, а саме: Рось і Прип’ять з притокою Уж, Тетерів, Ірпінь, з них судноплавна тільки Прип’ять, а з лівих – Десна. Більшість річок належить до рівнинного типу, із спокійною течією серед низьких заболочених берегів.

Клімат Київської області помірно континентальний. Середня температура повітря за рік дорівнює 6-7º, а по Києву – 7º, але в окремі роки бувають значні відхилення.[2]

Максимальна температура повітря по області влітку досягає 37-39º, мінімальна в найхолодніші зими -25º.

Середня багаторічна температура найтеплішого місяця – липня – дорівнює 18-20º, а найхолоднішого – січня – 6º.

Опадів на території області випадає в середньому за рік 480-620мм , а в Києві – 622мм.

Рисунок 1.1 – Карта Київської області.

В області озима пшениця займає найбільші площі серед зернових культур. Основні посівні площі озимої пшениці займає лісостеповий район.

Кліматичні умови області сприятливі для вирощування озимих культур. Посіви своєчасних строків сівби здебільшого встигають розкущитися восени, задовільно зимують, а у весняно-літній період ріст і розвиток їх відбуваються добре. Винятком є окремі роки, коли внаслідок незадовільної зимівлі, а також несприятливих метеорологічний умов після відновлення вегетації спостерігається зрідження, а то й загибель озимих культур на значних площах. Значне зниження врожаю озимих культур спричиняють посушливо-суховійні явища, які найчастіше бувають у південно-східній половині області.

В цілому агрокліматичні умови сприятливі для сільського господарства. Проте в окремі холодні малосніжні зими спостерігаються значні пошкодження озимих посівів, а у весняно-літній період і інших сільськогосподарських культур несприятливими метеорологічними явищами.

Таблиця 1.1 – Умови вегетаційного періоду озимої пшениці

Станції	Середня температура повітря				Тривалість періоду	Сума опадів			
	У	У1	У11	У111		У	У1	У11	УШ.
Яготин	13,5	17,3	18,2	18,5	175	52	70	85	75
Миронівка	13,5	17,3	18,5	18,3	176	51	68	83	72
Фастів	13,5	17,5	19	18,8	172	53	65	72	69
Біла Церква	13,8	17,8	19,1	18,8	173	45	55	66	58
Київ	13,3	17,5	19	18	174	50	70	80	70

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЯ

Ячмінь — найбільш скоростигла яра зернова культура, вегетаційній період якої складає 60-110 днів. Ярий ячмінь внаслідок недостатнього розвитку кореневої системи, короткого вегетаційного періоду, підвищених вимог до структури ґрунту є найбільш вимогливим серед зернових до попередника. Ярий ячмінь є важливою технічною, продовольчою і кормовою культурою. Зерно ячменю - концентрований корм для багатьох видів сільськогосподарських тварин, особливо цінний продукт для вигодовування свиней. Зерно ячменю містить у середньому 12,2 % білка, 77,2 % вуглеводів, 2,4 % жиру, до 3% зольних елементів і містить в 1 кг приблизно 1,2 кормових одиниць і 100 г перетравного протеїну. Білок цінний за амінокислотним складом, особливо за вмістом лізину та триптофану. Цінується у тваринництві як грубий корм солома ячменю, особливо сортів із гладенькими остюками. Ячмінь може вирощуватись також на зелений корм разом в суміші із зернобобовими культурами і на сіно. Ячмінь є важливою продовольчою культурою. Із зерна скловидного ячменю виробляють ячмінну та перлову крупи, у складі якої міститься 9 – 11% білка, 82 – 85% крохмалю. Борошно ячменю використовують як домішку до пшеничного або житнього борошна при випіканні хліба. Дворядні сорти ячменю використовують для виробництва пива.

2.1. Вимоги ярого ячменю до світла

За характером розвитку ярий ячмінь належить до рослин довгого світлового дня. Серед інших зернових ярих культур він є найбільш скоростиглою культурою, деякі сорти його дозрівають за 75 днів. Завдяки короткому вегетаційному періоду його успішно вирощують у північних районах СНД (у Заполяр'ї він практично є основною продовольчою

культурою). На півдні, південному заході, де світловий день коротший, вегетаційний період ячменю триває 105 — 115 днів.

2.2 Вимоги ярого ячменю до тепла

Ярий ячмінь - невимоглива до тепла рослина. Мінімальна температура проростання насіння 1-2 °С, оптимальна - 15-20 °С. Сходи витримують приморозки -3 - -4 °С, а іноді й до -6 °С. Біологічний мінімум для появи сходів 4-5 °С. Мінімальна температура для формування генеративних органів 10-12 °С. Для швидкого розвитку кореневої системи, кущіння і формування колоса (від появи сходів до виходу в трубку) необхідна помірна температура в межах 12-20°С. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин у період вегетації 18°С.

Ячмінь характеризується найвищою серед ярих зернових стійкістю проти високої температури (запалу), легко витримуючи підвищення її до 38-40°С. За такої температури продихи ячменю не паралізуються впродовж 25-35 год., тоді як у ярої пшениці вже через 10-17 годин, а у вівса - навіть через 5 годин, настає їх параліч. Саме тому посіви ярого ячменю поширені у південних регіонах України.

2.3 Вимоги ярого ячменю до вологи

Ярий ячмінь серед хлібів першої групи найбільш посухостійкий і відзначається високопродуктивною витратою вологи на створення одиниці органічної речовини[33]. Транспіраційний коефіцієнт ячменя 300-450. Ячмінь доволі економно витрачає воду, але через слабо розвинені корені весінню посуху ячмінь переносить погано. Він потребує зволоженого ґрунту протягом всього періоду вегетації. Запізнення з сівбою може спричинити недружну появу сходів і сповільнення розвитку рослин на наступних фазах розвитку. Отже, сівбу проводять у ранні строки, як тільки

дозволяє стан ґрунту. Критерієм початку сівби є стиглість ґрунту: коли досягається якісна його крихкість при обробітку. Ярий ячмінь необхідно висіяти впродовж 5-7 днів від настання фізичної стиглості ґрунту, або від першої можливості застосування ґрунтообробної техніки.

Рання сівба дає можливість ефективно використати зимові запаси вологи в ґрунті, подовжити вегетаційний період. Надзвичайно важливо те, що рання сівба затримує перехід у генеративну фазу розвитку, що позитивно впливає на густоту продуктивних стебел і урожайність у рослин довгого світлового дня. При запізненні з сівбою рослини формують недостатньо розвинену кореневу систему, неефективно використовують вологу, формування репродуктивних органів припадає на несприятливі погодні умови [4, 25].

У періоди вихід в трубку, колосіння, цвітіння і початку формування зерна ярий ячмінь вимогливий до вологи, але надлишок опадів за високих температур на багатих поживними речовинами ґрунтах викликає надмірне кущіння, інтенсивне наростання біомаси, що спричинює полягання. Ячмінь має високу повітряну посухостійкість, порівняно з пшеницею та вівсом, і більшу стійкість до високих температур і запалів.

2.4 Вимоги ярого ячменю до ґрунтів

Ярий ячмінь має слаборозвинену кореневу систему, тому гарно росте на родючих, добре забезпечених поживними легкодоступними речовинами ґрунтах. Вищі урожаї формуються на ґрунтах з високою водоутримуючою здатністю, нижчі - на ґрунтах, що погано зв'язують вологу.

На кислих ґрунтах навіть за високого рівня удобрення рослина не здатна засвоїти елементи живлення з ґрунту. Оптимальне pH ґрунту для ячменю - 6,0 - 7,3.

Ярий ячмінь є найбільш вимогливим серед зернових до попередника. У комплексі агротехнічних заходів, які забезпечують оптимальні умови

для розвитку ячменю при інтенсивній технології вирощування, висівати його слід на родючих, чистих від бур'янів ґрунтах.

У степовій зоні основним критерієм цінності попередника є запаси вологи, які залишаються в ґрунті. Найбільший урожай ячменю одержують при розміщенні ячменю після кукурудзи, пшениці, вівса. Менший урожай формується при сівбі ячменю після цукрового буряка, соняшника, які дуже висушують ґрунт.

2.5 Вимоги ярого ячменю до удобрення

Система удобрення ярого ячменя визначається в першу чергу попередниками. Він має цінну здатність якнайкраще використовувати післядію органічних і мінеральних добрив, що вносились під попередню культуру. Якщо ярий ячмінь висівається після добре удобрених просапних культур, під які внесено 40-50 т/га гною і мінеральні добрива в межах $N_{80}P_{80}K_{80}$ - $N_{120}P_{120}K_{120}$, то безпосередньо під ячмінь добрива не вносять зовсім. На такому фоні ячмінь при відповідному догляді здатний формувати 40-50 ц/га зерна.

Ячмінь дуже добре реагує на внесення добрив, особливо в умовах достатнього зволоження. Приріст урожаю від мінеральних добрив може досягати 15-20 ц/га. Щоб запобігти виляганню рослин, потрібно забезпечити правильне співвідношення поживних елементів - азоту, фосфору та калію.

Внесення фосфору збільшує кустистість рослин, запобігає виляганню, прискорює достигання, підвищує якість зерна. Норма внесення фосфору коливається в межах від 40 до 100 кг/га .

Внесення калію сприяє формуванню більш виповненого зерна, збільшує стійкість рослин до ураження хворобами, підвищує стійкість соломини до вилягання, ячмінь краще витримує посуху. Норма внесення калію коливається від 60 до 120 кг/га. У роки з тривалою посухою,

особливо в першій половині вегетації, підживлення ячменя азотом не призводить до збільшення врожаю зерна, а азот, що внесений восени, не вимивається на важких зв'язних ґрунтах і ефективно використовується рослинами у весняно-літній період вегетації.

2.6 Основні хвороби і шкідники ярого ячменю

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

Летюча сажка (Ustilago nuda K.) руйнує всі елементи колоса. Проявляється зазвичай під час колосіння. Замість зерна утворюється безформна чорна спорова порошковидна маса. Збудник передається в період цвітіння повітряними течіями і зберігається в насінні. Тому дуже важливо своєчасно протруїти насіння.

Тверда сажка (Ustilago hordei K.) проявляється під час виходу колоса. Всі частини колоса, крім остюків, перетворюються в чорно-буру масу теліоспор, що склеєні у тверді грудки, для руйнування яких потрібні зусилля, в зв'язку з цим цю сажку часто називають кам'яною. Джерелом інфекції є заспорене зерно. Сучасні препарати для протруювання повністю захищають від цієї хвороби.

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

Стеблова або лінійна іржа (Puccinia graminis Pers.) уражує стебло, листки, колоскові луски. Спочатку утворюються продовгуваті іржасті подушечки, що пізніше зливаються у видовжені лінії. При сильному ураженні формується щупле зерно, а недобір урожаю сягає 50-60%.

Жовта іржа (Puccinia striformis West) розвивається переважно на озимому ячмені при вологій і холодній погоді на початку літа. Симптоми ураження проявляються у вигляді блідо-жовтих смуг. Гриб зимує на посівах озимих, а навесні уражує ярий ячмінь. Уражені листки зменшують інтенсивність фотосинтезу, жовтіють і опадають, внаслідок чого формується щупле зерно. При сильному розвитку хвороби недобір урожаю досягає 15-20% і більше.

Карликова іржа (Puccinia hordei Offh). На ярому ячмені проявляється зазвичай на початку молочної чи навіть воскової стиглості зерна, а на озимому ячмені сильніше розвивається на сходах. На листках утворюються дрібні, хаотично розміщені світло-жовті уредопустули. Порівняно з іншими видами карликова іржа менш шкідлива. Зниження врожаю в межах 3-7 %.

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

Сітчаста плямистість, сітчастий гельмінтоспоріоз. У рослин жовтіють кінчики листків, потім з'являються бурі плями з блідо-жовтою облямівкою,

а також з поздовжніми і поперечними смугами, які утворюють сітчастий малюнок. Плями не зливаються. У зв'язку з тим, що значна кількість інфекції гельмінтоспоріозів зберігається на стерні, необхідно дотримуватись чергування культур у сівозміні. Посіви ячменю (особливо насіннєві) необхідно розміщувати на відстані не менше 1 км від полів, де ця культура росла минулого року.

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

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

Септоріоз (Septoria hordei Jacz) дуже поширений у вологі роки. Хвороба проявляється на листках та колосі у вигляді хаотично розміщених коричнево-фіолетових плям. На плямах добре видно дрібні чорні цятки - пікніди гриба. Джерело інфекції - рослинні рештки. Тому беззмінне вирощування зернових в останні роки дуже сприяло поширенню цієї хвороби. Проблема ще й у відсутності ефективних фунгіцидів (за винятком імпакт, бампер) для запобігання септоріозу шляхом обприскування

вегетуючих рослин. Тому захищати від цієї хвороби потрібно протруюванням насіння такими препаратами як байтан-універсал, вінцит, раксил та інші.

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

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

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

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

Проти хвороб (сажки, плямистості, кореневої гнилі тощо), джерелом інфекції яких є насіння, застосовують протруювання. Якщо хвороби (борошниста роса, офіобольоз, септоріоз, ринхоспоріоз) поширюються

через рослинні рештки, проводять обробіток ґрунту для знищення решток. Важливо дотримуватись чергування культур у сівозмінах.

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

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

Шкідники зернових колосових культур

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

Шведська муха; ячмінна — O. Pussila Mg. Мають такі риси: зимують в стадії личинки або пупарія всередині пагонів озимих та диких злаків, заляльковуються навесні. Час льоту мух збігається із закінченням фази весняного кущення озимих — появою сходів ярих колосових. Після додаткового живлення на квітках самки відкладають яйця за або на колеоптиле, за піхви листків ярих колосових і кукурудзи. Через 5-10 днів

виходять личинки. Виліт мух другої генерації збігається із фазою виколошування — цвітіння колосових.

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

Клоп шкідлива черепашка — Eurygaster integriceps Put. Зимують дорослі клопи в лісах, лісосмугах під опалим листям та в підстилці. Масовий виліт з місць зимівлі відбувається при температурі вище плюс 18-19С, що збігається з фазою кущення або виходу в трубку озимої пшениці, а ярої — з фазою 3-4 листків. Через один-два тижні самки відкладають яйця в два рядки на стебла і листя хлібних злаків, бур’янів, а також в інші місця. Тривалість розвитку личинок становить 20-50 днів, за цей період вони проходять п’ять віків. Масове закінчення розвитку цієї комахи за часом збігається з періодом фази молочної і початком воскової стиглості колосових культур.

Злакова попелиця звичайна — Schizaphis graminum Rond. Життєвий цикл однодомний, протягом усього життя вони розмножуються на озимих і ярих злаках. Після того як яйця перезимують на листках сходів озимих, падалиці і дикорослих злаків, навесні з’являються личинки. Розмножується злакова попелиця партеногенетично, протягом вегетаційного періоду може розвиватися у 12 генераціях.

Велика злакова попелиця — Sitobion avenae F. Спосіб життя комахи такий самий, як і у попереднього виду, але на відміну від звичайної

злакової попелиці, вона утворює колонії на колосі пшениці та інших злаків.

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

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

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

П’явиця: червоногруда (звичайна) — Oulema melanopus L. Зимують жуки у ґрунті на глибині 3-5 см на полях, де вирощували зернові, та в лісосмугах. Навесні при температурі повітря понад плюс 9-10 ^{o}C (початок фази виходу озимих в трубку) комахи розлітаються переважно на крайові смуги ярих культур. Яйця відкладають ланцюгом на нижньому боці

листків, через два тижні відроджуються личинки, які згодом вкриваються слизом. Розвиток личинок на озимій пшениці збігається з фазами прапорцевого листка і формування зерна, а на ячмені — від виходу рослин в трубку до початку воскової стиглості зерна. Шкідники заляльковуються у ґрунті, а через два тижні відроджуються молоді жуки. Ці комахи мають одну генерацію.

П’явиця синя — O. lichemis V. Шкідник відрізняється від червоногрудої п’явиці дещо меншими розмірами (тіло жука 3,5-4 мм завдовжки), синім забарвленням. За особливостями розмноження п’явиця синя подібна до червоногрудої.

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

2.7 Характеристика сортів ярого ячменю

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

Визначення різновидностей ячменю. Основні ознаки, за якими визначають різновидності ячменю, такі: забарвлення колоса (жовте,

чорне), будова остюків (гладенькі, зазубрені, фуркатні), щільність колоса (щільний - понад 12 члеників на 4 см довжини стрижня колоса, нещільний - менше 11 члеників), плівчастість зерна (плівчасте або голе).

Ячмінь Вакула

Цикл розвитку: ярий. Заявник СГІ. Різновидність - паллідум. Кущ прямостоячий, листки не опушені, проміжні, зелені. Колос шестирядний, середньої довжини (7 - 9 см), середньої щільності (на 4 см колосового стрижня 10 - 11 члеників), неламкий, слабо пониклий, прямокутної форми з переходом у ромбічну, солом`яно-жовтий. Остюки довгі – 14 - 18 см, злегка розлогі, тонкі, еластичні, слабо зазубрені, у верхній частині жовті, при обмолоті легко відділяються. Колоскова луска тоненька, ніжна, з рідкими волосками. Квіткова луска середньо зморшкувата, нервація добре виявлена, без зубчиків, перехід в остюк поступовий. Основна щетинка зерна коротка, довго волосяна. Висота рослин 65 - 75 см. Зернівка видовжено-овальна, розмір 13х14 мм, жовта, вирівняна. Маса 1000 насінин 44 г. Середньостиглий, дозріває за 80 днів.

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

Ячмінь Південний

Цикл розвитку: ярий. Сорт напівінтенсивного типу, пластичний. Стійкий до весняних заморозків. Борошнистою росою, бурою іржею, гельмінтоспоріозом уражується нижче стандартів. Виведений у

Селекційно-генетичному інституті УААН методом схрещування. Різновидність нутанс. Форма куща прямостояча. Колос дворядний, злегка звужується до верхівки, середньої щільності (на 4 см колосового стрижня припадає 12 - 14 члеників), неламкий. Колосові луски середньої довжини, вузькі. Квіткові луски зморшкуваті, лінійно-ланцетні, тоненькі. Перехід квіткової луски в остюк поступовий. Основна щетинка довговолосиста. Середньостиглий, достигає за 76 - 84 дні. Солома середньої довжини (63 – 73 см), міцна. Стійкий до вилягання та осипання. Має підвищену стійкість до посухи. Краще стандартів використовує осадки другої половини вегетації. За даними заявника, рекомендується висівати за 100 - відсоткової господарської придатності 4,5 - 5 млн/га насіння. Запізнення із сівбою на 5 - 10 днів призводить до недобору врожаю до 8 ц/га.

Здатний в умовах степу забезпечувати врожай 53 - 64 ц/га. Цінний. Має відмінні круп`яні якості. Білка має в зоні степу - 13,6 %, вихід крупи - 44,4%, високу вирівняність зерна - 97,3 %. Держкомісія України рекомендує вирощувати даний сорт у зонах степу та лісостепу.

Ячмінь Джерело

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

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

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

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

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

Ячмінь Прерія

Національний стандарт з посухостійкості. Оригінатор. Селекційно - генетичний інститут УААН. Виключне право використання сорту передано АФ «Степова». Зона вирощування – степ. Колос дворядний, солом′яно - жовтий, остистий. Колос середньої довжини, не ламкий. Зерно плівочне, пружне, подовжене. Маса 1000 зерен 50 - 60 грамів. Вегетаційний період 70 - 78днів. Стійкий до полягання. Висока посухо- та спекостійкість. Сорт середньоранній, має міцну кореневу систему. Урожайність 53 – 60 ц/га

Ячмінь Бадьорий

Різновидність сорту – *submedicum*. Екотип лісостеповий. Колос дворядний, солом'яно-жовтий, середньої довжини, нещільний (11,8 члеників на 4 см). Соломина середньої довжини (51,5-86,3 см), дуже міцна. Остюки солом'яно-жовті, довгі, зверху слабко зазубрені. Квіткові луски дрібнозморшкуваті, зі слабко вираженою нервацією, поступовим переходом в остюк. Зерно еліптичне, жовте, плівчасте. У сприятливому

1994 році зерно містило 10,61 % білка, 62,4 % крохмалю, 79,77 % екстрактивності, а тому має високі пивоварні якості.

Ячмінь Водограй

Апробаційні ознаки. Різновидність *нутанс*. Колос середньої довжини (8-10 см), середньої щільності (10 члеників на 4 см колосового стрижня), неламкий, солом'яно-жовтий, веретеноподібної форми, пониклий при дозріванні. Маса 1000 зерен 48-50 г.

Ячмінь Геліос

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

Ячмінь Еней

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

Ячмінь Здобуток

Кущ напівпрямостоячий. Рослини середньої висоти, з похилим прапорцевим листком - середня кількість. Початок колосіння - середній. Вегетаційний період 92-98 днів. В закладах експертизи за роки випробування отримали середній урожай 49,5-54,5 ц/га, що на 10,1-14,8% більше стандартів. Стійкий щодо полягання та осипання. Добрі результати дає при внесенні повного мінерального живлення. Слабко уражується гельмінтоспоріозом і твердою сажкою. Протруєння насіння перед сівбою Вітаваксом 200 ФФ забезпечує повний захист від хвороб. Добре адаптований до всіх природно - кліматичних умов України.

Ячмінь Командор

Різновидність - *нутанс*. Сорт стійкий щодо осипання та полягання. Належить до сортів пивоварного призначення. Білка містить 11%. Плівчастість 7-8 %. Екстрактивних речовин 80,1% та крохмалю 45,8%. Добра озерненість колоса (23-28 зерен у колосі), має високу кущистість та вирівняність стеблостою. Стійкий щодо борошнистої роси, карликової іржі, летючої та кам'яної сажки, гельмінтоспоріозу.

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 устьчного 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 устячний опір, причому ψ_L сам визначається емпірично через водний потенціал ґрунту. Враховано темнове дихання по окремим органам. Динаміка фонду асимілянтів управляє зростанням органів в денний і нічний час. Для моделювання росту введено біологічний час, яке виражається через температурні суми. Модель зіставлена з експериментами на посіві кукурудзи.

Для зернових культур найбільш повно розроблена Галямін та ін. модель ярої пшениці [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 листкової поверхні парам води і CO_2 в реальних умовах. Потім розраховується накопичення сухої біомаси на підставі даних про продуктивність при оптимальному водопостачанні і співвідношення фактичної і потенційної евапотранспірації. Модель представляє інтерес для оптимізації зв'язків між щільністю рослин в посіві, водопостачанням і продуктивністю і районах зрошуваного землеробства.

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

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 листкової 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 листя, 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. Кульбіди [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. Воєйков показав можливість і необхідність застосування знань про клімат в сільському господарстві і оцінив кліматичні ресурси Росії для сільськогосподарського виробництва. Дещо пізніше П.І. Броунов сформулював основні завдання агрометеорології, серед яких значна увага приділялася дослідженню зв'язку врожаю з кліматичними факторами.

Подальший розвиток ці дослідження отримали в працях Г. Т. Селянинова, П. І. Колоскова, Р. Е. Давида, розробили основи агрокліматичного районування та вивчення посушливих явищ стосовно до сільськогосподарським культурам. І. А. Гольцберг, Ф. Ф. Давітая, А.І. Руденко, С. А. Сапожникова, Я. І. Яковлєв, 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 влагооборота 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 грунтово-кліматичних умов території стосовно до цих культурам є їх продуктивність.

У 70-х роках минулого століття виник новий напрям в оцінці агрокліматичних ресурсів стосовно окремих сільськогосподарським культурам, засноване на сформульованої 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. Даніелова 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 можлива 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;

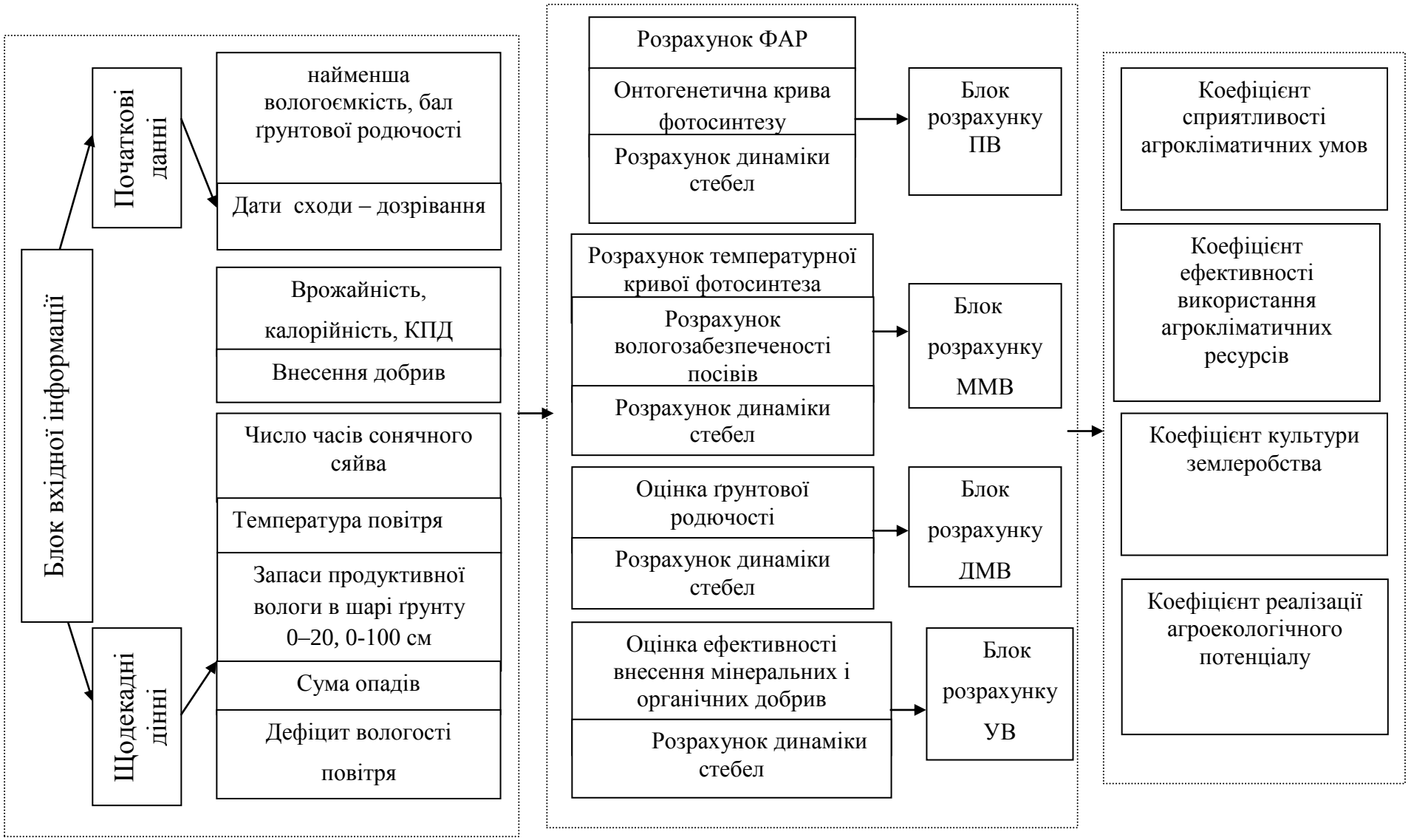

Рисунок 3.1 – Блок – схема агрокліматичної моделі формування врожаю ярого ячменю.

- 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;

- щодекадна агрометеорологічних інформація.

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

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

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

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

Поточна інформація включає дані про запаси продуктивної вологи в шарі 0 -20 і 0 - 100 см, середню за декаду температуру повітря, середньому за декаду числі сонячного сяйва, сумі опадів за декаду, середнім за декаду дефіциті вологості повітря.

3.4. Блок розрахунку потенційної врожайності і потенційної щільності продуктивного стеблостою

В основі моделі лежить оцінка рівня потенційної врожайності:

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

де $\frac{\Delta ПВ^{j}}{\Delta t}$ - приріст потенційної врожайності за декаду, г/м$^{2.}$ 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:

$$\frac{\Delta ПВ^{j}}{\Delta t} = \alpha_{ф}^{j} \frac{\eta \cdot Q_{фар}^{j} \cdot d\nu^{j}}{q}, \qquad (3.2)$$

де $\alpha_{ф}$ - онтогенетична крива фотосинтезу;

η - ККД посівів, відн.од.;

$Q_{фар}$ - сума ФАР за один день розрахункової декади, кДж/см$^{2.}$ 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:

$$Q_{фар}^{j} = 0{,}52 \cdot Q^{j}, \tag{3.3}$$

де Q - сумарна сонячна радіація за один день розрахункової декади, кДж/ ($см^{2\cdot}$ доб.).

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

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

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

$$A^{J} = \sin(0{,}01745 \cdot \varphi) \cdot \sin\delta^{jj}, \tag{3.5}$$
$$B^{J} = \cos(0{,}01745 \cdot \varphi) \cdot \cos\delta^{jj},$$

де φ - географічна широта, градуси;

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

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

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

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:

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

де η - потенційний ККД ФАР, відн.од.;

$\Sigma Q_{фар}^{\max}$ - сума ФАР за період вегетації культури у році, коли був отриманий максимальний урожай, кДж/см^2;

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

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

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:

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

в якій величину $a_ф$ знаходимо за виразом:

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

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

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

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

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

У роботах [11, 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 кущіння визначається рівнем мінерального живлення і забезпеченістю необхідною кількістю сонячної радіації та тепла. В роботі [10] вказується, що кущіння 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 визначаться початковою кількістю стебел, максимально можливим збільшенням кількості стебел при кущіння і природною редукцією їх у період після колосіння:

$$C\text{СтПВ}^{\,j+1} = C\text{СтПВ}^{\,j} + \frac{\Delta C\text{СтПВ}^{\,j}}{\Delta t} - \frac{\Delta PC\text{СтПВ}^{\,j}}{\Delta t}, \qquad (3.11)$$

де СтПВ - кількість стебел на рівні ПУ, стебл./м^2;

$\frac{\Delta C\text{СтПВ}}{\Delta t}$ - приріст стебел на рівні ПУ, стебл./м$^{2\cdot}$ дек.;

$\frac{\Delta PC\text{СтПВ}}{\Delta t}$ - інтенсивність природної редукції стебел, стебл./м$^{2\cdot}$дек.

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

$$\frac{\Delta C\text{СтПВ}}{\Delta t} = \frac{\Delta C\text{СтПВ}_{\max}}{\Delta t} \cdot \beta_{c\text{т}}^{j}, \qquad (3.12)$$

де ΔСтПВmax - максимально можливе приростання кількості стебел, яке визначається потенційними можливостями культури, стебл./м$^{2.}$ дек;

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

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

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

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

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

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

$\frac{\Delta PC\text{ТПВ}\,\max}{\Delta t}$ - максимально можлива редукція стебел, стебл./м$^{2.}$ дек.

3.5. Блок розрахунку метеорологічний можливої врожайності та формування стебел

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

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

де $\frac{\Delta MMB^{j}}{\Delta t}$ - приріст метеорологічний можливої врожайності, г/м^{2}·дек.

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

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

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:

$$FTW2^{j} = \begin{cases} FTW^{j}1\left[1+\left(1-\psi_{\Phi}^{j}\right)\left(1-FW^{j}\right)\right] & при\ t_{в}^{j} < t_{opt}1 \\ FTW^{j}1 \quad \text{при}\ t_{opt}1 \le t_{в}^{j} \le t_{opt}2 & \\ FTW^{j}1\left[1-\left(1-\psi_{\Phi}^{j}\right)\left(1-FW^{j}\right)\right] & \text{при}\ t_{в}^{j} > t_{opt}2 \end{cases}, \qquad (3.17)$$

де FTW1 - узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості, відн.од.;

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

$\Psi_{ф}$ - температурна крива фотосинтезу, відн.од.;

$t_{в}$ - середня за декаду температура повітря, ^{0}C;

t_{opt1} - нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, ^{0}C;

t_{opt2} - верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, ^{0}C.

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

$$\text{FTW}^j 1 = (\psi_{ф}^{j} FW^{j})^{0,5}. \qquad (3.18)$$

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез проводиться за формулою:

$$\text{FW}^j = (\gamma_{ф}^{j} e_{ф}^{j})^{0,5} \ , \qquad (3.19)$$

де $e_Ф$ - відносна вологозабезпеченість, відн.од.;

$\gamma_Ф$ - функція впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу, відн.од.

Відносна вологозабезпеченість знаходиться як відношення сумарного випаровування до випаровуваності:

$$e_{ф}^{j} = E^{j} / E_0^{j} \ , \qquad (3.20)$$

де Е - сумарне випаровування, мм; E_o - випаровуваність, мм.

Сумарне випаровування визначається за способом Харченко С. І.:

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

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

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

O_s - сума опадів за декаду, мм;

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

Для розрахунку випаровуваності використаний спосіб Алпатьєва А.М.:

$$E_0^j = 0.65 \cdot ДWW^j \cdot dv^j \cdot 0.75 \ , \qquad \text{.....(3.22)}$$

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

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація в нижні шари ґрунту:

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

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

Розрахунок запасів продуктивної вологи проводиться за рівнянням водного балансу:

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

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

$$\frac{\Delta C\text{тММВ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta C\text{тПВ}^j}{\Delta t} \cdot (FT_{\text{ст}}^j \cdot FW_{\text{ст}}^j)^{0,5} \quad , (3.25)$$

де ΔCтММВ - швидкість збільшення кількості стебел з урахуванням впливу температури повітря і умов вологозабезпеченості, стебл./м$^{2.}$ дек.;

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

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

Динаміка стеблостою на рівні ММВ описується рівнянням:

$$C\text{тММВ}^{j+1} = C\text{тММВ}^{\text{j}} + \frac{\Delta C\text{тММВ}^{\text{j}}}{\Delta t} - \frac{\Delta PC\text{тММВ}^{\text{j}}}{\Delta t}\ , \qquad (3.26)$$

де CтММВ - кількість стебел на одиницю площі на рівні МВУ, стебл./м$^{2.}$ дек.;

$\frac{\Delta PC\text{тММВ}}{\Delta \text{t}}$ - швидкість деградації стебел за рахунок впливу несприятливих погодних умов, стебл./м$^{2.}$ дек., яка знаходиться за виразом:

$$\frac{\Delta PC\text{тММВ}^{\,j}}{\Delta t} = \frac{\Delta PC\text{тПВ}_{\max}}{\Delta t} \cdot (FT_{\text{ред}}^{j} \cdot FW_{\text{ред}}^{j})^{0,5}, \qquad , (3.27)$$

де $\Delta PC\text{тПВ}_{\max}$ - максимально можлива редукція стебел, стебл./м$^{2.}$ 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:

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

де $\frac{\Delta ДМВ^{j}}{\Delta t}$ - приріст дійсно можливої врожайності, г/м$^{2.}$ дек.;

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

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

$$\frac{\Delta СтДМВ^{j}}{\Delta t} = \frac{\Delta СтММВ^{j}}{\Delta t} \cdot (В_{ПЛ})^{0,5}, \qquad (3.29)$$

де ΔСтДМВ - приріст стебел на рівні ДМВ, стебл./м$^{2.}$ дек.

Редукція стебел посилюється за рахунок рівня родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta РСтДМВ^{j}}{\Delta t} = \frac{\Delta РСтММВ^{j}}{\Delta t} \cdot (1/В_{ПЛ})^{0,5} \text{ , (3.30)}$$

де $\frac{\Delta РСтДМВ}{\Delta t}$ - інтенсивність природної редукції стебел, стебл./м$^{2.}$ дек.

На рівні ДВУ формування стеблостою може бути описано рівнянням:

$$СтДМВ^{j+1} = СтДМВ^{j} + \frac{\Delta СтДМВ^{j}}{\Delta t} - \frac{\Delta РСтДМВ^{j}}{\Delta t} \text{ , (3.31)}$$

де СтДМВ - кількість стебел на рівні ДМВ, стебл./м$^{2.}$ дек.

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

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

де $\frac{\Delta УВ^{j}}{\Delta t}$ - приріст врожайності у виробництві, г/м$^{2.}$ дек.;

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

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

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

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

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

де $\frac{\Delta СтУВ^{j}}{\Delta t}$ - приріст кількості стебел на рівні УВ, стебл./м$^{2.}$ дек.

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

$$\frac{\Delta РСтУВ^{j}}{\Delta t} = \frac{\Delta РСтДМВ^{j}}{\Delta t} \cdot [1/(k_{земл} \cdot FW_{ef}^{j})]^{0,5}, \qquad (3.34)$$

де $\Delta РС$тУВ - швидкість деградації стебел за рахунок впливу несприятливих погодних умов, стебл./м$^{2.}$ дек.

Таким чином, динаміка стеблостою на рівні УВ опишеться рівнянням

$$СтУВ^{j+1} = СтУВ^{j} + \Delta СтУВ^{j} - \Delta РСтУВ^{j}, \qquad (3.35)$$

де *С*тУВ - кількість стебел на рівні УВ, стебл./м$^{2.}$ 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:

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

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

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

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

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 Полтавської дослідної 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 сухий фітомаси, іноді можна розглядати окремо ККД господарсько-цінної частини врожаю за вегетаційний період [35]:

$$\eta_{хоз} = qm_{хоз} \Big/ \sum Q_{фар} \ , \ (3.40)$$

де $m_{хоз}$- суха фітомаса господарсько-цінної частини врожаю, г/см^2;

q - калорійність врожаю, кДж/г;

$\sum Q_{фар}$ - сума ФАР за вегетаційний період, кДж/см^2.

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:

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

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:

$$К_м = ММВ / ПВ, \quad (3.42)$$

де $К_м$ - коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн.од.

2. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДМВ і ММВ:

$$К_п = ДМВ / ММВ, \quad (3.43)$$

де $К_п$ - 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:

$$К_{ар} = УВ / ММВ, \quad (3.44)$$

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

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

$$К_{еф.земл} = УВ / ДМВ, \quad (3.45)$$

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

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

$$К_{агр\ пот} = УВ / ПВ, (3.46)$$

де $К_{агр\ пот}$ - 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 $K_{хоз}$, що показує частку зерна в загальній масі врожаю, знаходиться нами залежно від розмірів загальної біомаси рослин $M_{общ}$, з

урахуванням впливу температури повітря періоду вегетації на рівень цієї величини:

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

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

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

t_2 - середня за період вегетації температура повітря, ^{0}C.

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

$$\Psi_{ф}^{j} = \begin{cases} 13{,}7 \cdot \sin(0.077 \cdot x_1^j), \ при \ (t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, \ при \ t_{opt1} \le (t^j - t_0) \le t_{opt2}^j \\ 1{,}13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_2^j), \ при \ (t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases} , \qquad (3.49)$$

де $\Psi_ф$ - температурна крива фотосинтезу, відн.од.

t - середня за декаду температури повітря, ^{0}C;

t_0 - середня за декаду температура повітря, при якій починається фотосинтез, ^{0}C;

t_{opt1} - нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, ^{0}C;

t_{opt2} - верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, ^{0}C.

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

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

де $t_{\max}$ - середня за декаду температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, ^{0}C;

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

для Полісся

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

для Лісостепу

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

для Північної степу

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

для Південної степу

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

для Закарпаття

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

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

де $\sum t_{req}$ - сума температур, необхідна для дозрівання рослин, ^{0}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 ^{0}C, а в якості температури повітря, при якій припиняється фотосинтез (t_{max}), бралася середня за декаду температура 27 ^{0}C.

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

$$FT_{\text{ст}} = \begin{cases} 13{,}7 \cdot \sin(0.077 \cdot x_4^j), \ при \ t^j < t_{opt1}^{\text{ст}} \\ 1, \ при \ t_{opt1}^{\text{ст}} \le t^j \le t_{opt2}^{\text{ст}} \\ 1{,}13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_5^j), \ при \ t^j > t_{opt2}^{\text{ст}} \end{cases}, \quad (3.58)$$

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

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

В якості температури початку кущіння $t_0^{ст}$ приймалася температура, рівна 3 ^{0}C.

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

Функція впливу температури повітря на редукцію стебел записувалася у вигляді:

$$FT_{\text{ред}} = \begin{cases} 1 + [13{,}7 \cdot \sin(0.077 \cdot x_6^j)], \ при \ t^j < t_{opt1}^{ред} \\ 2, \ при \ t_{opt1}^{\text{ред}} < t^j < t_{opt2}^{\text{ред}} \\ 2 + [1{,}13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_7^j)], \ при \ t^j > t_{opt2}^{\text{ред}} \end{cases}, \quad (3.61)$$

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

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

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

Функція впливу вологості гранту на фотосинтез знаходиться за виразом:

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

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

де W - запаси вологи в ґрунті, мм;

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

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

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

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

де $W_{opt1}^{ст}, W_{opt2}^{ст}$- нижня і верхня межа оптимального зволоження для кущіння 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:

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

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

де W - запаси в метровому шарі ґрунту, мм;

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

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

Відносна швидкість редукції стебел $\beta_{ред}$ 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, ^{0}C;

$\Sigma t_{ред1}$ - сума температур, при нагромадженні якої починається природна редукція бічних пагонів, ^{0}C.

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

- для азотних добрив:

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

$$FM_N^j = \left\{(F_N)^{1.35} \cdot \exp\left[1.1 \cdot (1 - F_N)\right]\right\} \cdot k_{ef}^j \quad , \qquad (3.72),$$

- для фосфорних добрив:

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

$$FM_p^j = \left\{(F_p)^{1.35} \cdot \exp\left[1.1 \cdot (1 - F_p)\right]\right\} \cdot k_{ef}^j , \qquad (3.74)$$

- для калійних добрив:

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

$$FM_K^j = \left\{(F_K)^{1.35} \cdot \exp\left[1.1 \cdot (1 - F_K)\right]\right\} \cdot k_{ef}^j , \qquad (3.76)$$

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:

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

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

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

$$FW_{O_{rg}}^{j} = \left\{ (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp\left[1.1 \cdot (1 - F_{O_{rg}}) \right] \right\} \cdot k_{ef}^{j} \cdot k_{O_{rg}}^{g} \quad , (3.79)$$

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:

$$FW_{ef}^{j} = \min\left\{ FW_{O_{rg}}^{j}, FN_{N}^{j}, FW_{P}^{j} FW_{k}^{j} \right\} \quad , (3.80)$$

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 агроекологічні величини врожайності, розраховані за моделлю, можуть бути співставлені з фактичними даними.

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

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

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

4 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ КИЇВСЬКОЇ 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.

Нами ставилося завдання оцінити агрокліматичні умови формування врожаю ярого ячменю в Київській області.

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

4.1 Динаміка приростів агроекологічних категорій врожайності в агрокліматичних умовах Київської області

У Київській області аналіз ходу декадних сум ФАР показує, що в першу декаду вегетації (рис. 4.1) сума ФАР становить 301 Дж / $см^{2.}$дек. У наступній декаді відзначений різкий стрибок значень до 480 Дж / $см^{2}$. дек. З цього моменту і до четвертої декади спостерігається плавний хід кривої сум ФАР до 609 Дж / $см^{2.}$ дек. Це значення є максимальним для всього періоду вегетації. Потім в наступній декаді відбувається деяке зниження рівня до 574 Дж / $см^{2.}$ дек. У шостий декаді (фаза колосіння) спостерігається підвищення рівня до 600 Дж / $см^{2.}$дек. До кінця вегетаційного періоду крива ходу сум ФАР опускається до 120 Дж/$см^{2.}$ дек.

Для динаміки приростів ПУ (рис. 4.1) характерно, що прирости починаються з позначки 131 г / $м^{2.}$ дек. У наступній декаді відзначений різкий стрибок, де рівень ΔПУ становить 228 г / $м^{2.}$ дек. З цього моменту спостерігається плавний хід приростів ПУ до 280 г / $м^{2.}$ дек. Максимальний приріст спостерігається в період вихід в трубку - колосіння, який становить 350 г / $м^{2.}$ дек. Фази колосіння - молочна стиглість, молочна стиглість - воскова стиглість характеризуються поступовим зниженням приростів ПУ зі 345 до 289 г / $м^{2.}$ дек. Фаза повна стиглість для ΔПУ характеризується падінням рівня приростів до 51 г / $м^{2.}$ дек.

Формування стеблостою на рівні ПУ (рис. 4.2) йде дуже інтенсивно від першої до третьої декади вегетації і прирости стебел збільшуються від 19 до 390 стебел. / $м^{2.}$ дек. Потім кущіння дещо знижується і до четвертої - п'ятої декаді вегетації (колосіння) спостерігається деяка редукція стебел. Кущистість від першої до четвертої декаді досягає значних величин від 1,5 до 3,3 відн. од. Загальна кількість стебел зростає від 728 до 1666 стебел./$м^{2}$

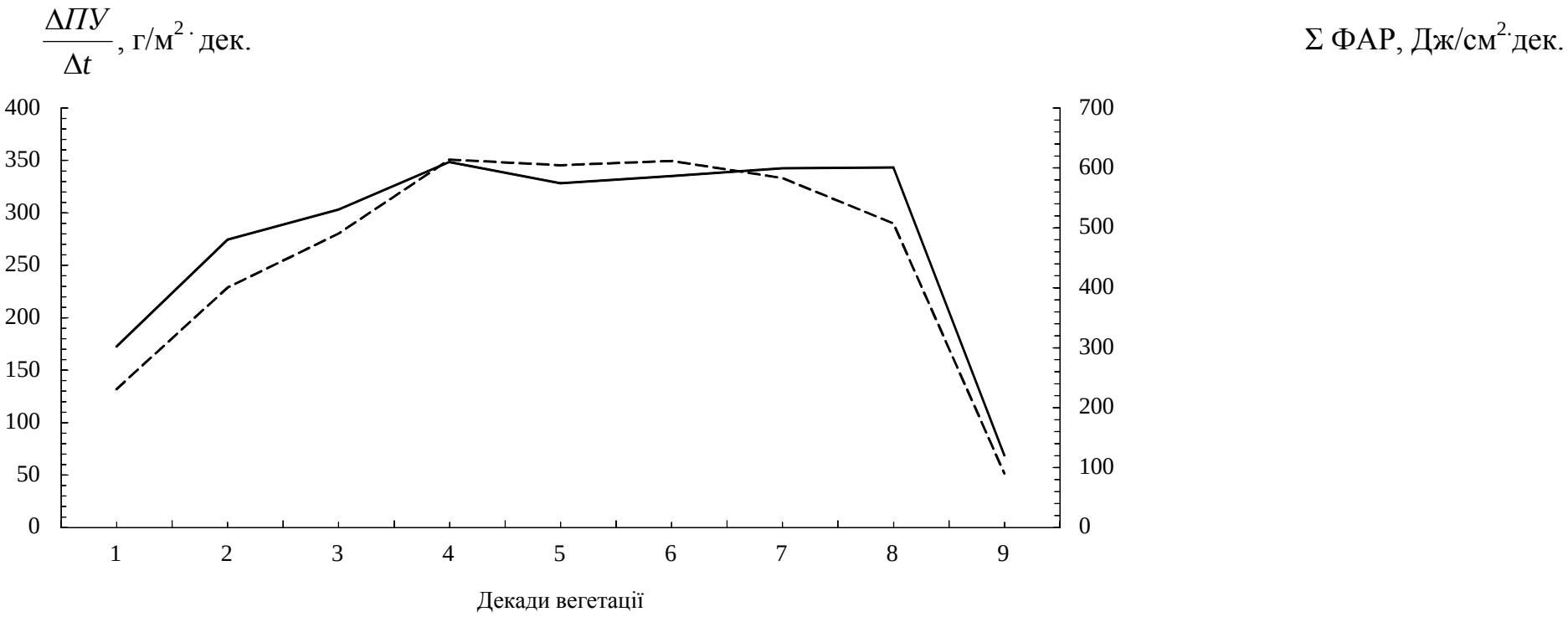

Рисунок 4.1 – Динаміка декадних приростів ПВ і сум ФАР (∑ФАР) ярого ячменю в Київській області

$\cdots\cdots \frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$, —— ΣФАР

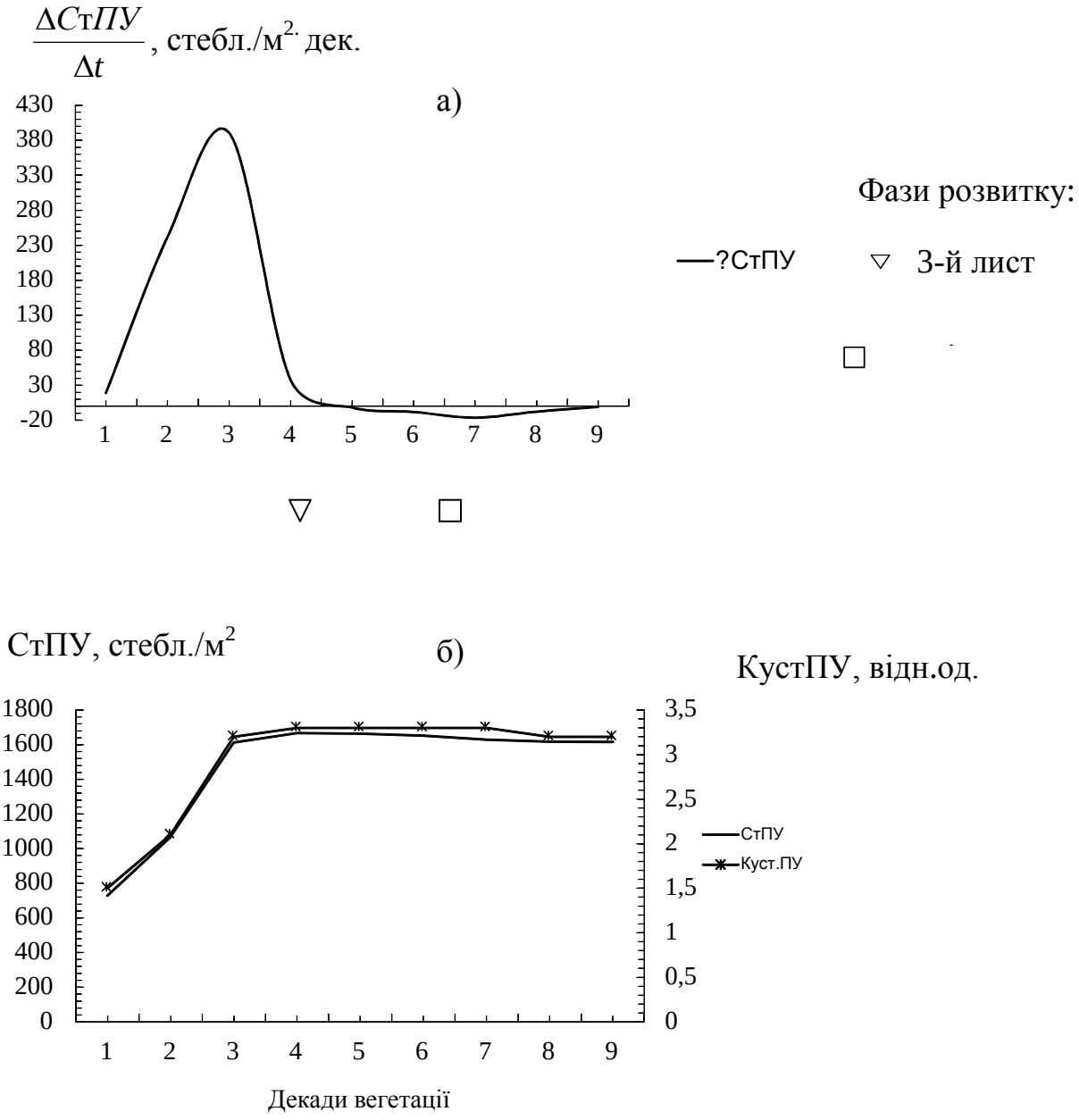

Рисунок 4.2 – Динаміка приростів стеблостою ($\frac{\Delta СтПВ}{\Delta t}$) (а), густоти рослин (СТ*ПВ)* і кущистості (Кущ *ПВ*) (б) в Київській області

Волого-температурний режим є фактором, коригувальним врожайність. Розглянемо динаміку оптимальних значень температури в районі Київської області в зіставленні з ходом середньодекадної температури повітря протягом вегетації.

Нижня межа оптимальної температури повітря Topt1 починається зі значення 8,5 ° С (рис. 4.3). Потім плавно піднімається і в період кущіння - вихід в трубку температура знаходиться в межах від 12,1 до 14,0 °С. В кінці періоду колосіння - молочна стиглість температура досягає максимуму і становить 17,0 °С, потім дещо знижується до 16,8 °С. Верхня межа оптимальної температури повітря Topt2, починається з 10,4 °С, поступово піднімається і в кінці вегетації становить 19,5 °С.

В першу декаду вегетації середньодекадна температура повітря становить 10,4 °С. З початку вегетації і до середини фази кущіння - вихід в середньодекадна температура повітря вище оптимальних значень Topt2, потім вона дещо знижується і, починаючи з цього періоду, знаходиться в інтервалі оптимальних значень, кілька перевищуючи Topt 2 в самому кінці вегетації.

Сумарне випаровування посівів ярого ячменю має добре виражену динаміку.

Як показано в рис. 4.3, на початку вегетації сумарне випаровування за декаду становить 14 мм, в наступній декаді його рівень підвищується до 19 мм і продовжує підвищуватися до 23 мм, що є максимумом для усього вегетаційного періоду. У наступній декаді, в період вихід в трубку - колосіння його рівень знижується до 19 мм. Дві останні декади цього періоду сумарне випаровування становить 22 мм. Міжфазний період молочна - воскова стиглість відзначений зниженням рівня сумарного випаровування за декаду до 4 мм.

Величина відносини сумарного випаровування за декаду до випаровуваності Е / Е0 найвища в першу декаду вегетації (0,70 відн.од.). Плавно знижуючись, вона досягає найменших значень в фазу колосіння -

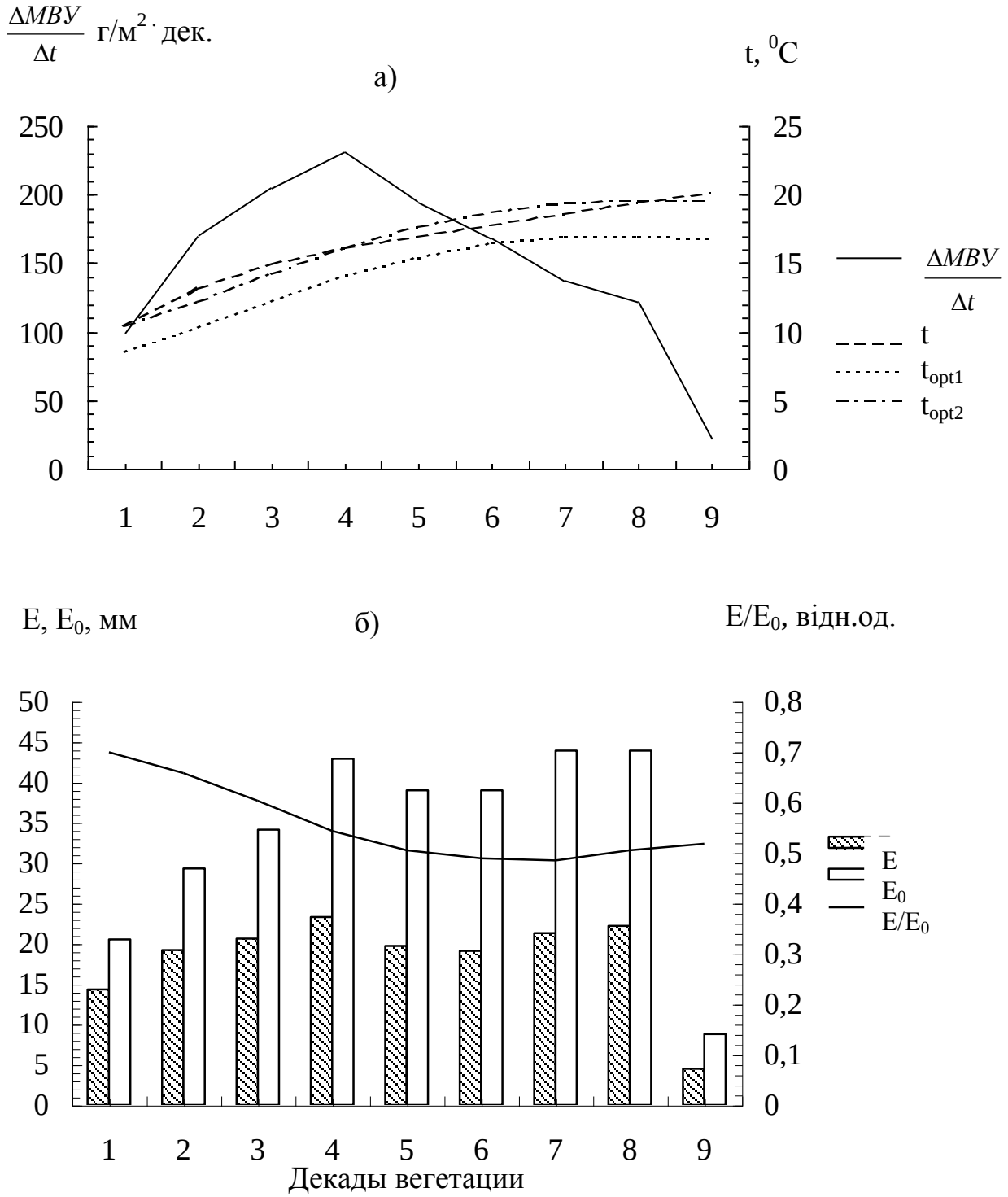

Рисунок 4.3 – Декадний хід приростів МВУ ($\frac{\Delta МВУ}{\Delta t}$) ярого ячменя (а) и характеристик водно-теплового режиму (б) в Київській області

молочна стиглість і становить 0,48 відн.од. До кінця вегетаційного періоду рівень вологозабезпечення дещо підвищується (до 0,52 відн.од.).

Такі умови волого-температурного режиму забезпечили і відповідний рівень ходу приростів метеорологічних можливої врожайності (рис. 4.3). Хід кривої приростів МВУ починається з 99 г / м$^{2.}$дек, зростаючи в наступній декаді до 170 г / м$^{2.}$ дек. З цього моменту спостерігається плавний хід приростів, досягаючи максимуму в кінці фази кущіння - вихід в трубку (231 г / м$^{2.}$ дек), потім в фазу вихід в трубку - колосіння помітний різкий спад приростів до 194 г / м$^{2.}$ дек. За міжфазовий період колосіння - молочна стиглість рівень приростів знизився до 122 г / м$^{2.}$ дек. В кінці вегетаційного періоду рівень становить 21 г / м$^{2.}$ дек.

Приріст стеблостою на рівні МВУ (рис. 4.4) спочатку йде сповільнено. Прирости становлять 16 стебел. / м$^{2.}$ дек. Потім йде інтенсивне наростання кількості стебел у період 3-й лист - кущіння і прирости збільшуються до 234 стебел. / м$^{2.}$ дек. Максимальне збільшення стебел спостерігається в третій декаді вегетації і досягає 356 стебел. / м$^{2.}$ дек. Кущистість на початку вегетації становила 1,2 відн.од. Потім в період кущіння - вихід в трубку вона досягала 3,0 - 3,1 відн.од. Загальна кількість стебел на рівні МВУ зростає від 534 до 1262 стебел. / м^{2}.

Прирости дійсно-можливих врожаїв (рис. 4.5) починаються з позначки 66 г / м$^{2.}$ дек., потім різко зростають і в наступній декаді досягають 113 г/м$^{2.}$ дек. Далі йде поступове зростання, максимум досягається в період кущіння - вихід в трубку і становить 153 г / м$^{2.}$ дек. Фаза колосіння - молочна стиглість характеризується різким зниженням до 90 г / м$^{2.}$ дек. В кінці вегетаційного періоду прирости ДВУ знижуються до 14 г / м^{2}.

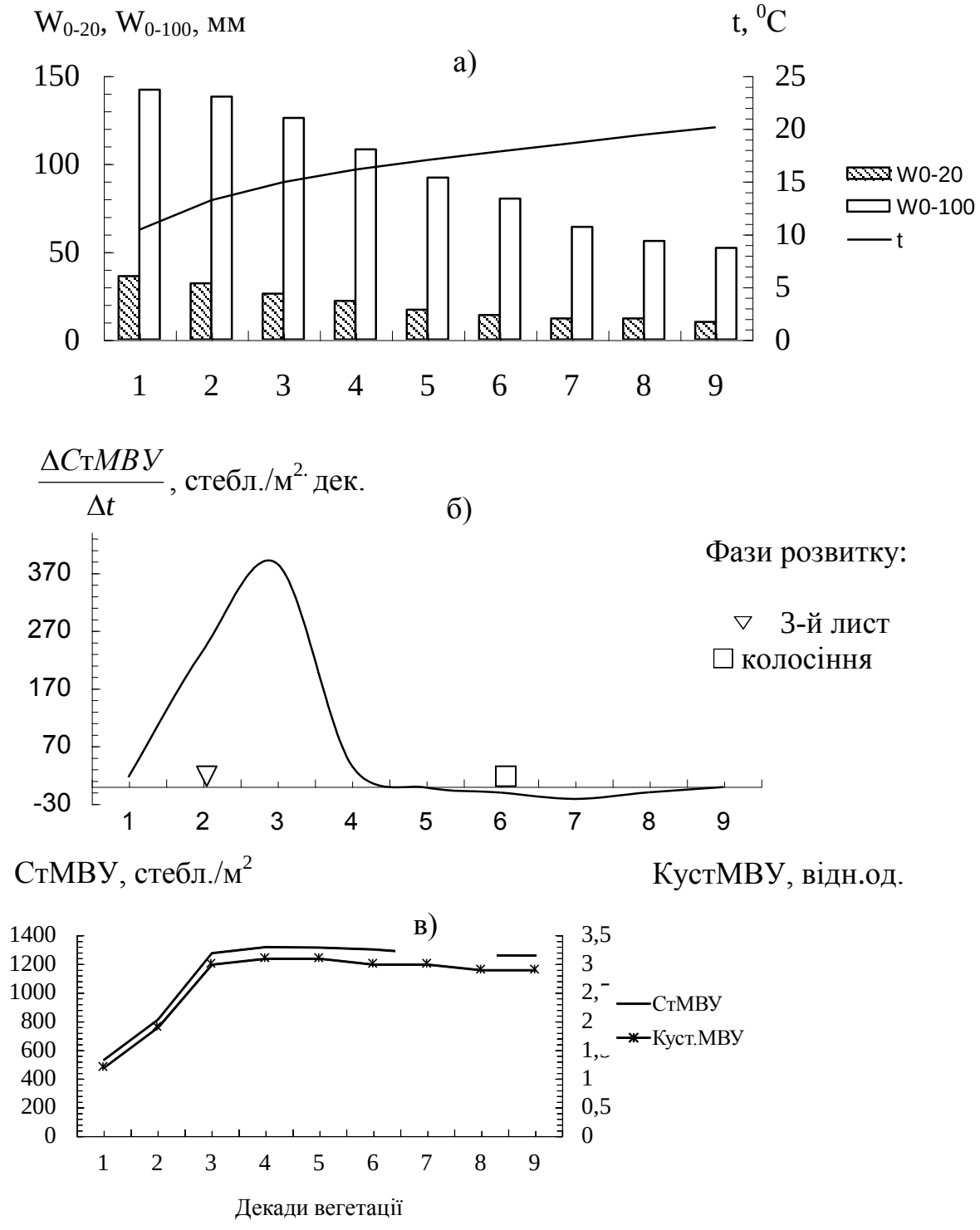

Рисунок 4.4 – Хід температури повітря (t) і запасів продуктивної вологи в орному (W_{0-20}) і метровому (W_{0-100}) шарі ґрунту (а), приростів стеблостою () (б), густоти $\frac{\Delta СтМВУ}{\Delta t}$ стебел(СтММВ) і кущистості ярого ячменю (КущММВ) (в) в Київській області.

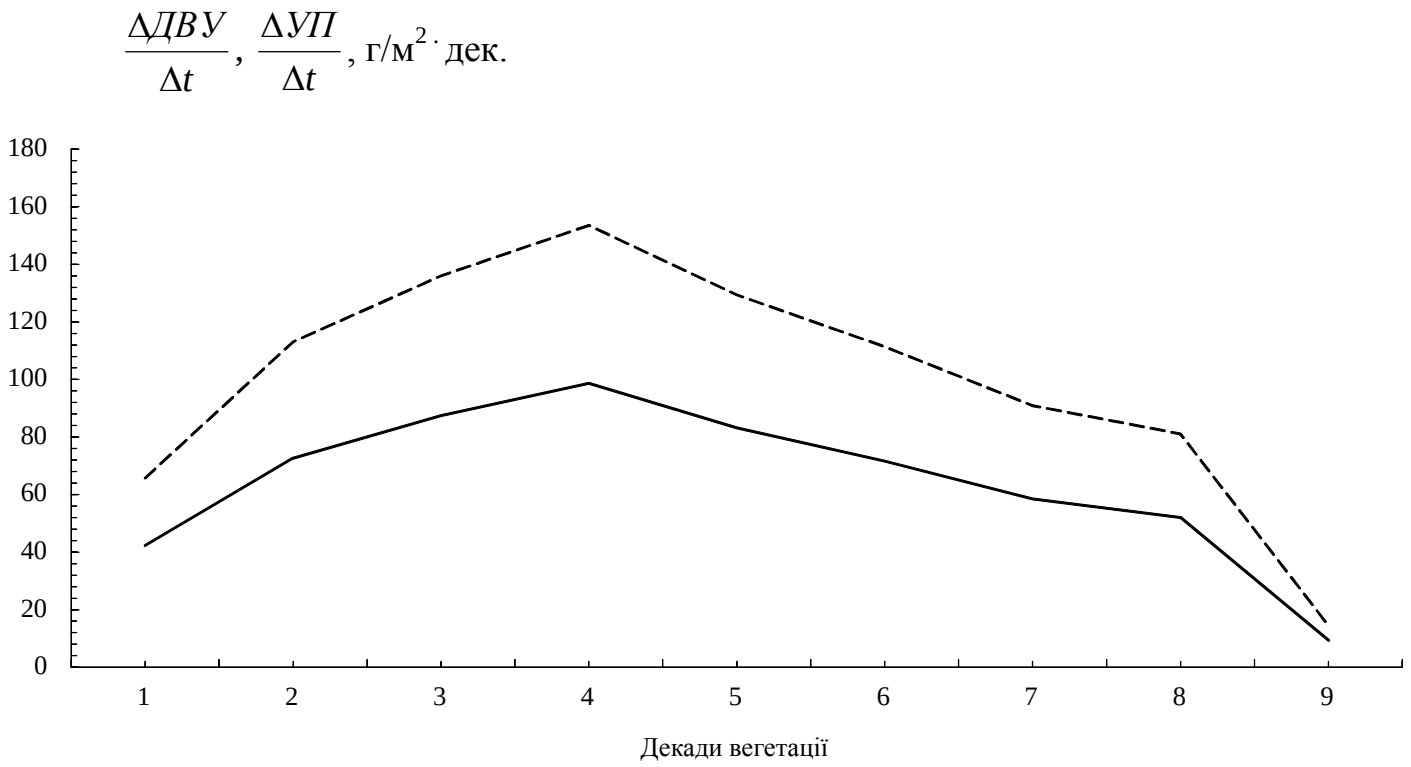

Рисунок 4.5 – Динаміка приростів *ДМВ і* приростів *УВ* ярого ячменю в Київській області

---- $\frac{\Delta ДВУ}{\Delta t}$, —— $\frac{\Delta УП}{\Delta t}$

На рівні ДВУ формується менший стеблистій в порівнянні з рівнем МВУ. Максимальне збільшення кількості стебел спостерігається в третій декаді і становить 314 стебел. / м$^{2.}$ дек. Найбільша редукція спостерігається після колосіння (рис. 4.6). Максимальна кущистості становить 2,5 - 2,6 відн.од. Загальна кількість стебел до кінця вегетації досягає 913 стебел. / м$^{2.}$ дек.

Динаміка приростів на рівні УП відзначається такими особливостями (рис. 4.6). Крива ходу $\frac{\Delta УП}{\Delta t}$ починається з 42 г / м$^{2.}$ дек., різко зростаючи в наступній декаді до 72 г / м$^{2.}$ дек. Хід кривої приблизно схожий з ходом кривої $\frac{\Delta ДВУ}{\Delta t}$. Максимум відзначений в кінці межфазного періоду кущіння - вихід в трубку і становить 99 г / м$^{2.}$ дек. Протягом періоду колосіння - молочна стиглість рівень $\frac{\Delta УП}{\Delta t}$ знижується з 71 до 58 г/м$^{2.}$ дек. До кінця вегетаційного періоду $\frac{\Delta УП}{\Delta t}$ падає до 9 г / м$^{2.}$ дек.

При внесенні мінеральних добрив в дозах $N_{46}P_{31}K_{31}$ і органічних добрив 20 т / га максимальний приріст стебел на рівні УП становить 220 стебел. / м$^{2.}$ дек. (рис. 4.7). Після колосіння спостерігається невелика редукція стебел. Кущистість знижується до 2,0 - 2,1 відн.од., а загальне число стебел до кінця вегетації становить 722 стебел. / м^{2}.

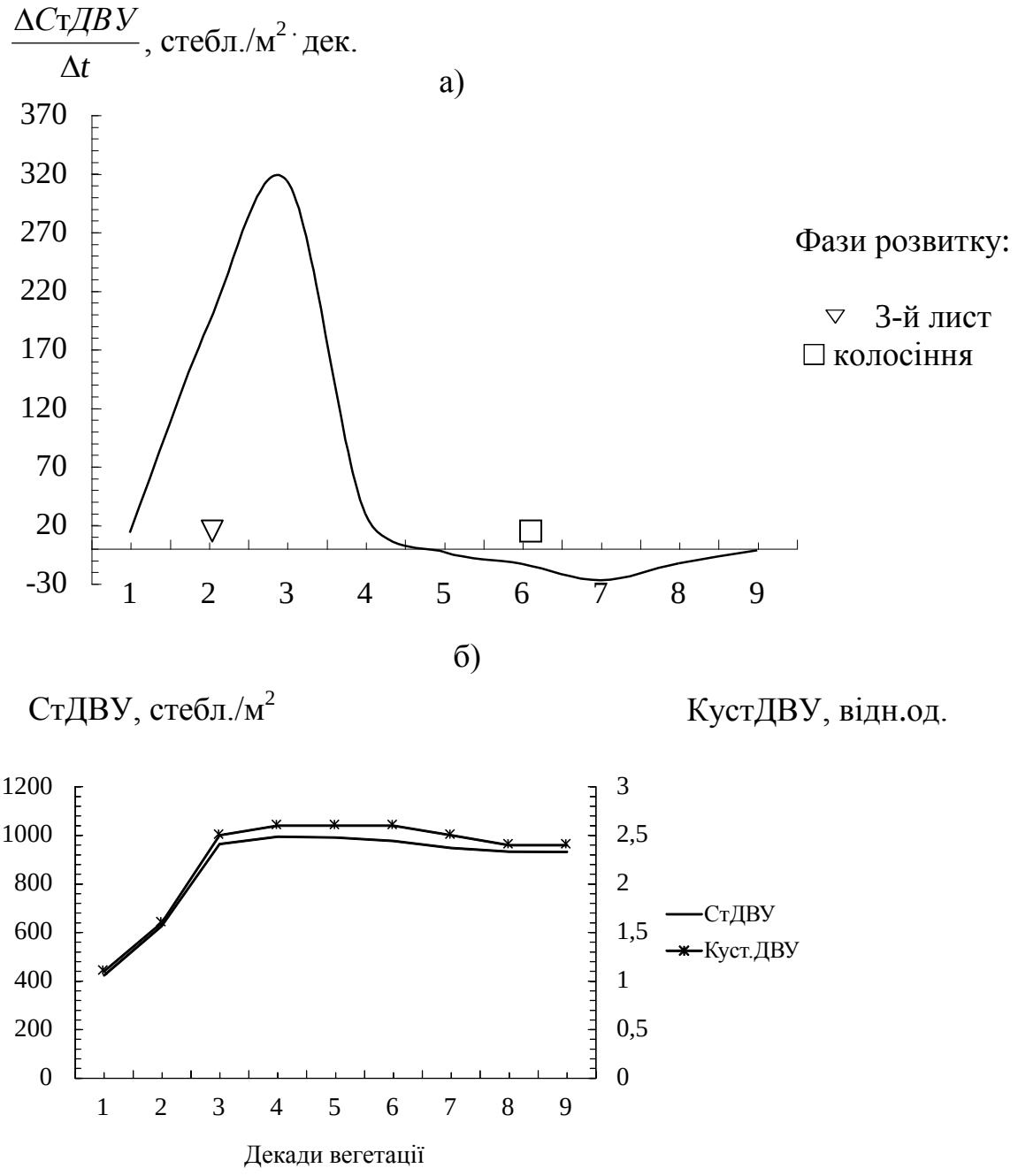

Рисунок 4.6 – Динаміка приростів стеблостою ($\frac{\Delta СтДВУ}{\Delta t}$) (а), густоти стебел (СтДМВ і кущистості (КущДМВ) (б) в Київській області

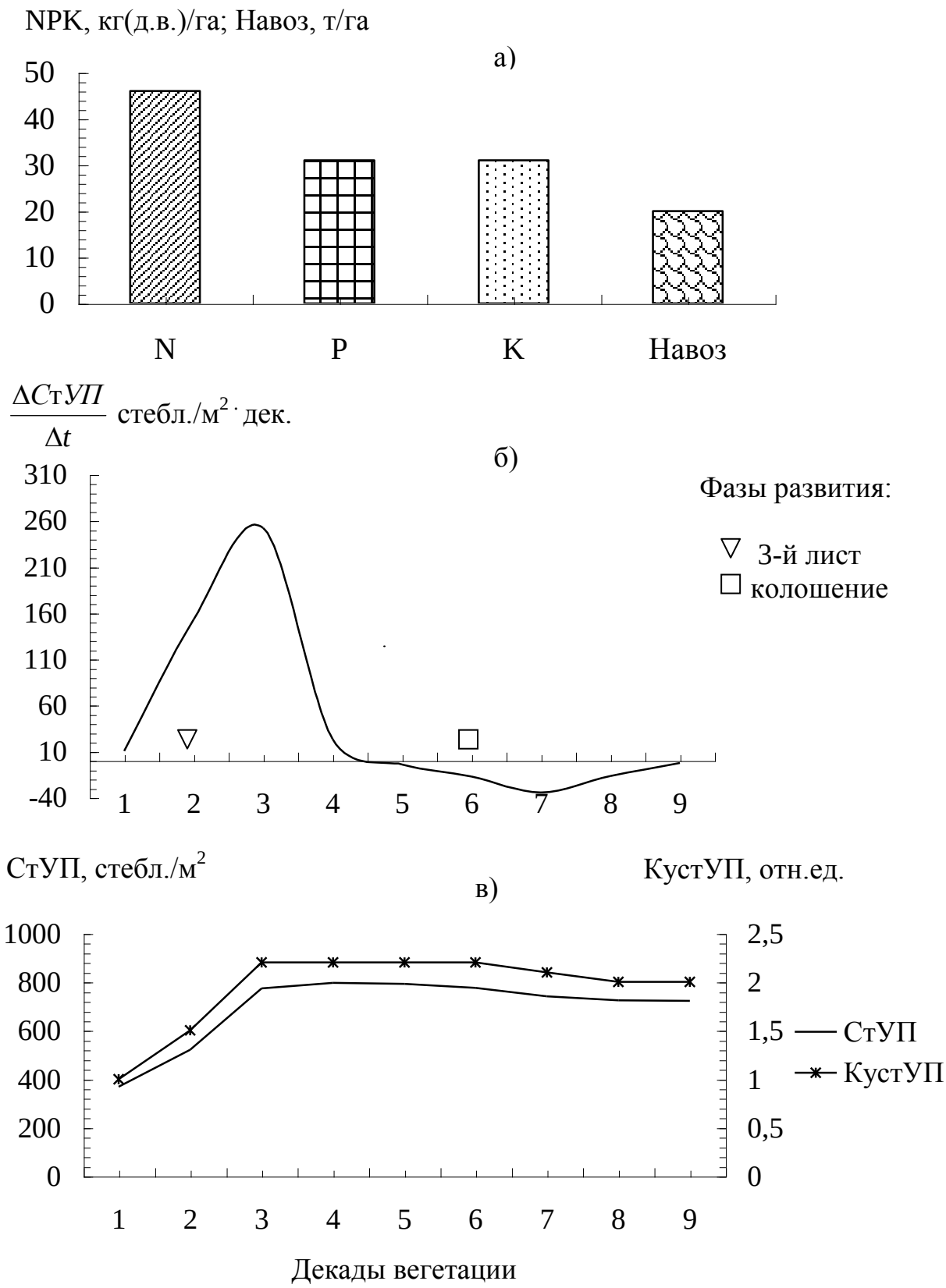

Рис. 4.7. Внесение удобрений (а), динамика приростов стеблестоя ($\frac{\Delta СтУП}{\Delta t}$) (б), густоты стеблей (СтУП) и кустистости (КустУП) (в) в Киевской области.

5. ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

Багатьма дослідниками визнається, що найкращим інтегральним показником ступеня сприятливості грунтово-кліматичних умов території стосовно до сільськогосподарських культур є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков запропонував використовувати врожайність як важливий агроклиматический показник. Їм спільно з В.А.Смірновой і Т.А. Никифорової виконано агрокліматичне районування території колишнього СНГ 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.

Так як найбільш адекватним виразом агрокліматичних ресурсів може бути здійснено в агрокліматичних категоріях врожайності, з урахуванням цього нами була проведена оцінка продуктивності ярого ячменю по території Київської в розрізі основних категорій врожайності, а саме:

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

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

3) дійсно можлива врожайність (ДВУ) - максимальна врожайність, яка може бути отримана на конкретному полі в реальних метеорологічних і грунтових умовах.

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

Зупинимося детальніше на характеристиці розподілу агроекологічних категорій врожайності по території Київської області.

5. 1. Ґрунтові та агрокліматичні ресурси обробітку 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 і 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, складових єдину природу, найважливішим для сільського господарства є грунт 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 грунтоутворювального 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 грунтово-кліматичних умов вирощування ярого ячменю і його продуктивності.

Розглянуті зони характеризуються досить високим рівнем ґрунтової родючості. Бал ґрунтової родючості змінюється від 0,60 відн.од. в заходная до 0,70 відн.од. в центральному районі Київської області (табл. 5.1). При вирощуванні ярого ячменю від зони до зони змінюються дози внесених мінеральних і органічних добрив. Азотні добрива вносяться в дозах від 50 кг (д.р) / га в центральному до 40 кг (д.р.) / га південному районах. Також змінюється по території доза внесених фосфорних і калійних добрив. Норма внесених органічних добрив під попередник зменшується з півночі на південь з 25 т / га гною до 10 т / га.

У табл. 5.1 представлені узагальнені показники агрокліматичних ресурсів вирощування ярого ячменю: тривалість вегетаційного періоду, сума ефективних температур за вегетацію,

Таблиця 5.1 – Узагальнені характеристики ґрунтових і агрокліматичних ресурсів вирощування ярого ячменю в Київській області

№ за/п	Загальні показники за період вегетації	Київська область
1	Бал ґрунтової родючості, відн. од.	0,66
2	Внесення азотного добрива (N), кг(д.р.)/га	46
3	Внесення фосфорного добрива (P), кг(д.р.)/га	31
4	Внесення калієвого добрива (K), кг(д.р.)/га	31
5	Внесення органічного добрива (гній), т/га	20
6	Сума ефективних температур вище 5 °С	899
7	Сума ФАР, Дж/см^2 за період	4403
8	Тривалість вегетаційного періоду, доба	80
9	Сума опадів, мм	167
10	Потреба рослин у волозі, мм	336
11	Сумарне випаровування, мм	188
12	Дефіцит вологи, мм	79
13	ГТК	1,28

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 коливається від 74 днів в південному до 80 днів в північному районах.

Суми температур за вегетаційний період ячменю з досліджуваних районах коливаються в межах 850 - 900 ºС. Найменша сума ефективних температур спостерігається в південному районі і становить 845 ºС.

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

За вегетаційний період кількість опадів по території Київської області змінюється від 150 до 200 мм. Найменша сума опадів спостерігається в південному районі і становить 150 мм. Найбільша сума опадів становить 170 мм в північному районі області.

Зволоження території залежить не тільки від кількості опадів, що випадають, а й 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. За агрокліматичних районах Київської області ГТК змінюється від 1,50 в західному, зменшуючись в центральному районі області - до 1,28, в південному районі - до 1,00 відн.од.

Оптимальна потреба ярого ячменю в воді в період вегетації коливається від 320 до 350 мм (табл. 5.1). Особливо велика потреба рослин у волозі в південному районі, вона становить 326 мм.

Сумарне випаровування, (табл. 5.1) за період вегетації коливається від 142 до 200 мм. У центральному районі Київської області сумарне випаровування становить 190 мм.

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

При цьому динаміка загальної кількості стебел буде визначаться початковою кількістю стебел, максимально можливим збільшенням кількості стебел при кущіння і природної редукцією їх в період після колосіння. Швидкість кущіння визначається як добуток максимально можливої швидкості кущіння і відносної швидкості збільшення кількості стебел.

Кущистість на рівні ПУ, МВУ, ДВУ, УП розраховується як відношення числа стебел до їх числа на початок розрахунку.

Висока інтенсивність кущіння на рівні ПУ спостерігається у всіх районах: більш інтенсивне воно в північному і центральному (3,0 - 3,3 відн.од.), менш в західному і південному районах області.

На формування стеблостою сильно впливає волого-температурний режим. Приріст стеблостою на рівні МВУ буде являти собою приріст стеблостою на рівні ПУ з урахуванням впливу обмежують кущіння факторів термічного режиму і вологозабезпеченості. Під впливом метеорологічних умов і особливо лімітуючим впливом зволоження, спостерігається зниження енергії кущіння на рівні МВУ до 3,1 відн.од. в центрі області та 2,7 - 2,9 відн.од. в північному і південному район. Грунтову родючість обмежує формування стеблостою, що проявляється зменшенням кущистості на рівні ДВУ і становить 2,6 відн.од. Внесення добрив і рівень господарської агротехніки визначають кущистість на рівні УП, який становить в центральному - 2.2 відн.од., в північному і східному району 1,9 - 2,0 відн.од., а західному і південному району - 1,7 - 1,8 відн.од.

Приріст потенційної врожайності за декаду визначається в

Таблица 5.2 – Узагальнені характеристики фотосинтетичної продуктивності і формування стеблестою ярого ячменю в Київській області

№ пп	Узагальнені показники за період вегетації	Київська область
1	Кущистість на рівні ПВ, від.од.	3,3
2	Кущистість на рівні ММВ, відн.од.	3,1
3	Кущистість на рівні ДМВ , відн. од.	2,6
4	Кущистість на рівні УВ, відн од..	2,2
5	Максимальні прирости урожаю на рівні ПВ, г/м^2 · декаду	350
6	Максимальні прирости урожаю на рівні ММУ, г/м^2 · декаду	231
7	Максимальні прирости урожаю на рівні ДМВ, г/м^2 · декаду	153
8	Максимальні прирости урожаю на рівні УВ, г/м^2 · декаду	98
9	Кхоз для ПВ, відн.од.	0,33
10	Кхоз для ММВ, відн. од.	0,44
11	Кхоз для ДМВ, відн. од.	0,47
12	Кхоз для УВ, відн. од.	0,51
13	ПП всієї сухої біомаси, г/м^2	2360
14	ММВ всієї сухої біомаси, г/м^2	1348
15	ДМВ всієї сухої біомаси, г/м^2	895
16	УВ всієї сухої біомаси, г/м^2	575

залежно від інтенсивності ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації.

Аналіз максимальних приростів біомаси на рівні ПУ (табл. 5.2) показує, що вони найбільш високі в південному районі (до 370 г / м$^{2.}$ дек.). Максимальний приріст біомаси на рівні ПУ в Київській області коливається від 320 до 370 г / м$^{2.}$ дек.

Лимитирующее вплив вологозабезпеченості і термічного режиму призводить до зниження приростів на рівні МВУ до 225 - 250 г / м$^{2.}$ дек. в північному, центральному та східному. Мінімальні величини приростів МВУ спостерігаються в південному районі (до 200 г / м$^{2.}$ дек.).

Рівень ґрунтової родючості призводить до зниження максимальних приростів на рівні ДВУ, а вносяться дози мінеральних і органічних добрив дають додаткову корекцію на рівні УП. Таким чином, на рівні УП найбільша величина максимальних приростів врожаю спостерігається в центральному (81 - 91 г / м$^{2.}$ дек.) І істотно менше в південному районі (70 - 75 г / м$^{2.}$ 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 Кхоз для ПУ (табл. 5.2) видно, що по всій території області, ця величина має однакове значення і становить для ярового ячменю - 0,33 відн.од.

Переходячи до опису $К_{хоз}$ для МВУ видно, що в центральних районах Київської області $К_{хоз}$ змінюється від 0,43 до 0,44 відн.од. Аналізуючи $К_{хоз}$ для ДВУ можна відзначити, що на території області він коливається від 0,45 до 0,50 відн.од.

Як видно з табл. 5.2. $К_{хоз}$ для УП змінюється від 0,50 до 0,55 відн.од. У центральному районі області $К_{хоз}$ становить 0,51 відн.од.

Величини ПУ всієї сухої біомаси (табл. 5.2) характеризуються такими значеннями: для центрального району області цей рівень становить 2360 г/м^2, для північної та південної - 2340 г / м^2.

Переходячи до опису МВУ всієї сухої біомаси, можна відзначити, що найбільше значення відзначено в заході, де рівень МВУ всієї сухої біомаси складає 1429 г / м^2. У центральному районі рівень МВУ всієї сухої біомаси дорівнює 1348 г / м^2, а в південному районі Київської області спав 1204 г/м^2.

На рівні ДВУ урожай всієї сухої біомаси (табл. 5.2) становить в центральному районі області - 895 г / м^2.

Урожайність у виробництві (УП) всієї сухої біомаси в центральному районі Київської області характеризується більш підвищеними значеннями, ніж в південному районі. Урожайність у виробництві всієї сухої біомаси в Київській області коливається від 534 до 575 г / м^2.

5.2. Агроекологічні категорії врожайності

Описуючи потенційний урожай (ПУ) ярового ячменю по території Київської області видно, що урожай коливається в межах 85 - 90 ц / га як з півдня на північ, так і з заходу на схід.

У районах з високим значенням ПУ (90 ц / га) прихід сумарної сонячної радіації коливається в межах 4500 - 5000 Дж / см^2; з ПУ 85 – 90 ц/га прихід сумарної радіації становить 4400 - 4500 Дж / см^2.

Таблица 5.3 –Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності ярого ячменю в Київській області

№ Пп	Узагальнені показники за період вегетації	Киевская область
1	Кількість стебел на рівні ПВ, стебл./м^2	1154
2	Кількість стебел на рівні ММВ, стебл./м^2	1052
3	Кількість стебел на рівні ДМУ, стебл./м^2	870
4	Кількість стебел на рівні УВ, стебл./м^2	722
5	ПВ зерна, ц/га	88
6	ММВ зерна, ц/га	68
7	ДМВ зерна, ц/га	48
8	УВ зерна, ц/га	33
9	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од.	0,772
10	Оцінка рівня використовування агрокліматичних ресурсів, відн. од.	0,496
11	Оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.	0,463
12	Оцінка рівня господарського використовування метеорологічних і ґрунтових умов, відн. од.	0,701

Найнижчий прихід сумарної радіації спостерігається на заході - менше 4400 Дж / см^2.

Як видно з табл. 5.3, розподіл МВУ по території області відрізняється від розподілу ПУ і найбільше значення його (70 - 75 ц / га) спостерігається в західному районі, зменшуючись до 65 - 70 ц / га у напрямку до східного району.

Переходячи до опису рівня ДВУ ярого ячменю в Київській області можна відзначити, що найбільше значення ДВУ спостерігається в західному, центральному та східному районах області. Значення ДВУ тут коливається в межах 45 - 50 ц / га.

Трохи нижче значення ДВУ (близько 44 - 46 ц / га) спостерігаються на півдні і південному сході області

Описуючи по території Київської області розподіл виробничих врожаїв можна відзначити, що врожаї характеризується меншим розмаїттям. Значення виробничих урожаїв по області коливаються від 28 до 35 ц /га. Найнижчі врожаї (26 - 30 ц/га) ярового ячменю спостерігаються в західному і південному районах області.

В умовах УП 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 УП з табл. 5.3 видно, що найбільше значення спостерігається в північному і в центральному районах Київської області, воно коливається від 750 до 780 стебел. / см^2. Потім значення стеблостою на рівні УП кілька знижуються в західному і східному районах і коливається в межах 720 - 740 стебел. / см^2. У південному районі Київської області стеблостій на рівні УП становить 700 стебел. / см^2.

Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку культури характеризує співвідношення МВУ і ПУ. Сприятливість ґрунтових умов відображає ставлення ДВУ і МВУ.

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (СВУ) ярового ячменю, з табл. 5.3 видно, що саме найбільше значення (0,770 - 0,775 відн.од.) спостерігається в центральному районі Київської області. Ступінь сприятливості кліматичних умов знижується в східному районі і становить 0,750 відн.од. Більш низькі значення СВУ (близько 0,701 - 0,750 відн.од.) спостерігаються західному і південному районах

Співвідношення УП і МВУ 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 коливається від 0,451 до 0,500 відн.од. в західному і центральному районах. У північному районі області оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів становить 0,441 - 0,490 відн.од. У східному і південному районах Київської найнижчий рівень C_0, він коливається від 0,450 до 0,470 відн.од.

Величина УП віднесена до ПУ характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу.

Описуючи оцінку рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для ярового ячменю, з табл. 5.3 бачимо, що найбільш високим рівень C_d> 0,501 відн.од. в східному районі. У західному районі рівень C_d знижується до 0,490 відн.од. У північному і південному районах рівень C_d коливається від 0,471 до 0,490 відн.од. Найнижчий рівень реалізації агроекологічного потенціалу спостерігається в центральному районі Київської області.

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 в північному і центральному районах найбільший рівень C_a коливається від 0,701 до 0,750 відн.од. Знижується рівень C_a (0,681 - 0,700 відн.од.) в східній і південній районах Київської області.

Можна зробити такий висновок, що на території Київської області при високим та середнім ефективності використання агрокліматичних ресурсів можна отримувати найбільш високі рівні врожаю в виробництві в північному і центральному районах.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту були отримані наступні основні результати:

1. Вивчено біологічні особливості озимої пшениці і її вимоги до факторів зовнішнього середовища.

2. Для грунтово-кліматичних умов Київської області модифікована модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно до культури ярого ячменю:

- визначені параметри моделі і функції впливу агрокліматичних умов на продуктивність ярого ячменю;

- визначено вплив агрокліматичних умов на динаміку формування стеблостою і приростів різних рівнів агроекологічної врожайності.

3. Оцінено щодекадна динаміка показників приростів агроекологічних категорій врожайності під впливом радіаційного, теплового та водного режимів. Так, для Київської області максимальні прирости потенційного врожаю сухої маси становить 350 г / $м^2$, метеорологічних можливого врожаю сухої маси (231 г / $м^2$), дійсно можливого врожаю сухої маси (153 г/$м^2$) і врожаю у виробництві сухої маси (98 г / $м^2$) спостерігаються при сумах ФАР 525 - 600 Дж / $см^2$. Найбільші прирости сухої маси спостерігаються з 3 по 5 декади вегетації, тобто в період від виходу в трубку до колосіння.

4. Визначено кількість стебел для всіх рівнів агроекологічної врожайності. Стеблостій на рівні ПУ формується дуже інтенсивно і становить 1154 стебел. / $см^2$. На рівні МВУ стеблостій в Київській області дорівнює 1052 стебл. / $см^2$. Стеблостій на рівні ДВУ в області дорівнює 870 стебел. / $см^2$. Значення стеблостою на рівні УП спостерігається в західному і в центральному районі Київської області і коливається від 700 - 750 стебел. / $см^2$.

5. Виконано оцінку агроекологічних категорій врожайності всієї сухої маси і врожаю зерна ярого ячменю. Так, у Київській області потенційний урожай сухої маси ярого ячменю - 2360 г / м^2; метеорологічних можливий урожай - 1348 г / м^2; дійсно можливий урожай - 895 г / м^2; урожай у виробництві - 575 г / м^2. Урожай зерна ярого ячменю становить: потенційний - 88 ц / га; метеорологічних можливий урожай - 68 ц / га; дійсно можливий - 48 ц / га; у виробництві - 33 ц / га.

6. Отримано комплексні оцінки ступеня сприятливості кліматичних умов ярого ячменю та оцінки використання кліматичних ресурсів території Київської області. Найбільш високий ступінь сприятливості кліматичних умов для вирощування ярого ячменю спостерігається в центральному (0,701 - 0,800 відн. од.). Найбільш високий рівень використання агрокліматичних ресурсів спостерігається в західному і центральному районі і становить 0,451 - 0,500 відн. од.

7. Для ярого ячменю дана комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів Київської області. Так, в області оцінка рівня реалізації агроекологічного потенціалу змінюється від 0,450 відн.од. до 0,480 відн.од., рівень господарського використання метеорологічних і грунтових умов становить 0,700 - 0,750 відн.од.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Киевской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 1957.
7. Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 138 с.
8. Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 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. Stewart D. W., Lemon E. R. The energy budget at the earth’s surface: A simulation of net photosynthesis on field corn. – Techn. Rep., ECOM 2-68, 1 – Interim. Rep. 63-3, Dec. 1969, p. 1 – 132.

13. Chartier P. A model of CO_2 assimilation in the leaf. – In: Prediction and measurement of photosynthetic productivity. – Pudoc, Wageningen, 1970, p. 307 – 315.
14. Allen L. H., Jr., Stewart D. W., Lemon E. R. Photosynthesis in plant canopies: effect of light response curves and radiation source geometry. – Photosynthetica, 1974, vol. 8, N 3, p. 184 – 207.
15. Brouwer R., de Wit C. T. A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. In: Root Growth, Whittington W. J. (ed.). London, 1969, p. 224 – 244.
16. De Wit C. T., Brouwer R. Über ein dynamisches Modell des vegetativen Wachstums von Pflanzenbestanden. – Angew. Bot., 1968, vol. 42, N 1 – 2, p. 1 – 12.
17. Thornley J. H. B. Respiration, growth and maintenance in plants. – Nature, 1970, vol. 227, p. 233 – 246.
18. Chen L. H., Huang B. K., Splinter W. E. Developing a physicalchemical model for a plant root system. – Trans. ASAE, 1969, vol. 12, p. 698 – 702.
19. Галямин Е.П., Милютин Н.Н., Сиптиц С.О. Математическое моделирование процессов формирования урожая. – В кн.: Вопросы управления комплексом факторов жизни растений. 1978. – С. 51 – 65.
20. Rickaman R.W., Ramig R. E., Allmaras R. R. Modelling dry matter accumulation in dryland winter wheat – Agron. J., 1975, v. 26, N 2, p. 200 – 209.
21. 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.
22. 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.

23. Дмитренко В.П. Современное направление исследований и методологические аспекты проблемы урожайности (модели типа погода – урожай) //Труды УкрНИГМИ, 1978. – Вып. 164. – С. 33 – 48.
24. Ковтун И.И., Гойса Н.И., Митрофанов Б.А. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 288 с.
25. 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.
26. Splinter W. E. Corn growth model. – ASAE Paper, 1973, N 73 – 4535, ASAE St.Joseph, M I 49085.
27. Цубербиллер Е.А. Суховей, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними. – М.: Колос: 1966. – 110 с
28. Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 226 с.
29. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирование урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 2001. – Вып. 43. – С. 128 – 135.
30. Сапожникова С. А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. – М.: Изд. МСХ СССР, 1958. – С. 14-37.
31. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 152 с.
32. Гольцберг И.А. Агроклиматическое районирование территории административных областей // Труды ГГО.– 1969.– Вып. 248. – С. 4–11
33. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 247 с.

34. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 200 с.
35. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 264 с.
36. Сепп Ю. В., Тооминг Х. Г. Использование климатических ресурсов для получения высокой продуктивности картофеля (на примере Прибалтики) //Сельскохозяйственная биология, 1984, № 9. – С. 26–31.
37. 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.
38. Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 144 с.
39. 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.
40. Жуков В. А., Полевой А. Н., Витченко А. Н., Даниелов С. А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 207 с.
41. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 319 с.
42. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 175 с.