

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та
арометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: спеціаліст

на тему: «Вплив змін клімату на продуктивність ярого ячменю в
Миколаївській області»

Виконав студент 1 курсу групи МСА- 516
спеціальності 103 «Науки про Землю»
спеціалізації «Агрометеорологія»

Кійко Денис Ігорович

Керівник д.геогр.н., професор
Польовий Анатолій Миколайович

Рецензент д.геогр.н., професор
Лобода Наталья Степанівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут Гідрометеорологічний

Кафедра Агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів

Рівень вищої освіти _____ спеціаліст _____

Спеціальність 103 «Науки про Землю», спеціалізація «Агрометеорологія»
(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 СТУДЕНТУ

_____ Кійко Денису Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Вплив змін клімату на продуктивність ярого ячменю в Миколаївській області»

Керівник проекту Польовий Анатолій Миколайович, д.геогр.н., професор
(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 роботи Матеріали середньобагаторічних метеорологічних, агрометеорологічних та фенологічних спостережень за яровим ячменем мережі агрометстанцій Миколаївської області. Метеорологічні дані за *rsp* 45 та *rsp* 85. моделі зміни клімату

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості Миколаївської області; вивчити біологічні особливості ярого ячменю; ознайомитися з методикою динамічної моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур; оцінити агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю в Миколаївській області за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за періоди 2021 – 2050 рр.

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

Графіки динаміки відносної площі листя посіву ярого ячменю

Графіки динаміки чистої фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю

Графіки динаміки загальної сухої біомаси ярого ячменю

6. Консультанти розділів проекту

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

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.	90,0	відмінно
2	Ознайомлення з біологічними особливостями ярого ячменю та їх вимогами до навколишнього середовища. Підготовка банку даних.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	90,0	відмінно
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	90,0	відмінно
3	Вивчення оцінки агрокліматичних ресурсів. Виконання розрахунків, побудова графіків, таблиць	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90,0	відмінно
4	Аналіз розрахунків, складання тексту. Підготовка третього та четвертого розділів.	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90,0	відмінно
5	Оформлення тексту 5 розділу	07.05.2017 р.- 28.05.2017 р.	90,0	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)		90,0	

Студент Кійко Д. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту Польовий А.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ	6
1.1 Загальний фізико-географічний опис Миколаївської області.....	6
1.2 Агрокліматичні особливості Миколаївської області	12
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ.....	16
2.1. Вимоги ярого ячменю до світла.....	16
2.2. Вимоги ярого ячменю до тепла.....	17
2.3. Вимоги ярого ячменю до вологи.....	18
2.4. Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і живлення.....	21
2.5 Основні хвороби і шкідники ярого ячменю	23
2.6. Характеристика сортів ярого ячменю	31
3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ	35
3.1 Сучасний стан моделювання формування врожаю ярого ячменю	35
3.2 Моделювання впливу змін клімату на продуктивність ярого ячменю.....	45
3.3 Моделювання радіаційного та теплового режимів рослинного покриву.....	48
3.4 Моделювання водного режиму рослинного покриву.....	50
3.5 Моделювання процесів фотосинтезу, дихання та старіння рослин.....	54
3.6 Моделювання росту рослин.....	56
4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	59
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74
ДОДАТОК.....	78

ВСТУП

Для отримання високих і стабільних урожаїв зернових культур важливо ефективно використовувати умови оптимальної забезпеченості їх теплом і вологою. З метою поліпшення використання біологічного потенціалу рослин ярого ячменю виникає потреба у вивченні впливу агротехнічних заходів на формування врожаю, що дасть змогу розробити оптимальні варіанти технологій вирощування, спрямованих на максимальну віддачу потенціалу сортів культури.

Проблема стабільності виробництва зерна в Україні була і є актуальною. Нестабільне валове виробництво зерна зумовлюється значним коливанням урожайності зернових культур за роками.

На думку багатьох учених це пояснюється, насамперед, несприятливими погодними умовами. У ХХ сторіччі наступило глобальне потепління, визнане вченими світу, як безпрецедентне за останні 100 років.

Географічне положення України формує значну чутливість до зміни глобального клімату.

За оцінками національних експертів потепління клімату може мати неоднозначні наслідки для погодозалежних галузей, до яких відноситься і сільське господарство. Зниження врожайності основних сільськогосподарських культур через несприятливі погодні умови може сягати 50 – 60%, а в окремі роки і більше.

Зміни погодних умов та умов росту рослин у зв'язку з потеплінням істотно змінюють середовище їх існування, що вимагає коригування окремих елементів технології. В першу чергу, це відноситься до строків сівби ярого ячменю, які істотно впливають на урожайність та якість продукції.

В умовах, що складаються, роль агротехнічних заходів, у даному разі строків посіву, найефективніший і найдешевший спосіб повної реалізації потенціалу продуктивності та якості сортів.

Ярий ячмінь - одна з найважливіших ранніх зернових культур. За посівними площами і валовим збором зерна у світовому землеробстві ярий ячмінь посідає четверте місце. Це найбільш скоростигла і пластична культура вирощують на Україні повсюдно. У народному господарстві використання ярого ячменю саме різне - продовольче, технічне і кормове. Із зерна ячменю готують перлову, ячну крупу, а також борошно, яке в кількості до 20-25% можна домішувати до житнього або пшеничного борошна. Ячмінь представляє особливу цінність для пивоварного виробництва. Солома та полова ячменю - хороший грубий корм для худоби.

Зерно ярого ячменю містить багато білка, крохмалю і є прекрасним концентрованим кормом. У білку ячменю міститься весь набір незамінних амінокислот, включаючи особливо дефіцитні - лізіл і триптофан. Невелика кількість ячменю у складі комбікормів сприяє зміцненню здоров'я і витривалості великої рогатої худоби в період зимового стійлового утримання; відзначається вплив ячменю на підвищення яйценосності домашньої птиці.

Широко використовується ярий ячмінь для відгодівлі свиней, а в південних районах, де овес не вирощують, - для годівлі коней. Ячмінь дає відмінна сировина для пивоварної та спиртокуріння промисловості. З нього виробляється також солодовий екстракт, що широко застосовується в промисловості.

Середньо обласна врожайність на великих територіях становить 22 – 24 ц/га.

Метою моєї дипломної роботи є визначення впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтезу продуктивності ярого ячменю в Миколаївській області.

Для виконання дипломної роботи використовувались матеріали спостережень за період з 1988 по 2005 роки за врожайністю ярого ячменю, фенологічні та метеорологічні спостереження по станціях Миколаївської області та дані за сценарієм RCP 4.5 і RCP 8.5 зміни клімату.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ

1.1 Загальний фізико-географічний опис Миколаївської області

Миколаївська область розташована між 46° 30' і 48° 15' північної широти та між 30° 15' і 33° 5' східної довготи в басейні Південного Бугу і його притоки Інгулу та почасти в басейні Інгульця. Простягнулась вона з півночі на південь майже на 194 км, а з заходу на східна 204 км.

Площа області дорівнює 24,6 тис. км², що становить 4,6 % території України. Щодо розмірів території Миколаївська область займає 14 місце серед областей України (рис. 1.1).

Миколаївська область межує на південному заході і заході з Одеською областю, на півночі - з Кіровоградською, на сході і південному сході - з Дніпропетровською і Херсонською областями, а на півдні омивається водами Чорного моря.

Геологічна будова. Докембрійським фундаментом території Миколаївської області є Український кристалічний щит (великий виступ Руської платформи) і Причорноморська тектонічна западина (частина Руської платформи, що опустилась).

Український кристалічний щит – головний елемент в геологічній структурі України, який простягається з північного заходу (Рівненська і Житомирська області) на південний схід близько 1000 км у довжину і від 100 до 200 км у ширину через центральну частину України і майже досягає Азовського моря.

У північній частині області Український кристалічний щит доходить по Бугу до Вознесенська.

Щит складається з твердих докембрійських порід (гранітів, гнейсів, кварцитів і ін.). Протягом мільйонів років на цій території була суша, і



Рисунок 1.1 – Агрокліматичне районування Миколаївської області

тільки окремі частини щита на окраїнах вкривали неглибокі моря. Південна частина щита, що заходить на територію області, теж була затоплена морем, про що свідчать відкладення крейдяного, палеогенового і неогенового періодів.

Кристалічний щит, що утворює Придніпровську і частину Волино-Подільської височин, південні відроги яких заходять в межі області, вкритий осадовими породами (переважно третинні і четвертинні відкладення) - пісками, глинами та суглинками - в цілому має пологохвилястий характер. Поверхня в цій частині області найбільш розчленована.

Рельєф. Велика порізаність рельєфу і щільність річкової мережі на Придніпровській височині пояснюються тим, що ця територія раніше від південної частини стала сушею, бо Понтичне море заливало тільки Причорноморську западину. Зовнішні сили природи почали свою роботу на півночі раніше, ніж на півдні, та й опадів у підвищеній північній частині випадало (і випадає) більше, ніж на півдні.

На території Придніпровської височини в місцях, де четвертинні породи розмиті, - по берегах річок, схилах балок і в степу, кристалічні породи виходять на поверхню.

На заході до Придніпровської височини прилягає Волино-Подільська, що має слабохвилясту поверхню з найбільш розчленованими окраїнами на заході і південному заході.

На південь від Придніпровської і Волино-Подільської височин розташована Причорноморська низовина. Вона утворилась на місці Причорноморської тектонічної западини в кайнозойську еру. Кристалічний фундамент Причорноморської низовини залягає на глибині до 4000 м.

Причорноморську западину в третинний період (неоген) не раз заливало море, і в ній поступово нагромаджувались відкладення, що перетворювались у вапняки та інші осадові породи. Відкладення залягали

горизонтально, бо горотворні процеси в той час (альпійський орогенез) відбувались на окраїнах Причорноморської западини - в Добруджі, Карпатах, на Кавказі, в Криму. Так поступово Причорноморська западина заповнювалась палеозойськими, юрськими, крейдяними, третинними і четвертинними відкладеннями і утворилась сучасна Причорноморська низовина з широкими рівними вододілами.

На півдні Причорноморської низовини суша поступово опускалась (і опускається досі). В результаті опускання суші і підняття рівня Чорного моря та з'єднання його з Середземним морем в недавню геологічну епоху гирлові річкові долини залило море (морська інгресія) і утворилися сучасні причорноморські лимани.

Причорноморську низовину з кінця третинного періоду не заливало море, але поверхню її значно змінили текучі атмосферні води.

По всій території Причорноморської низовини знаходять понтичні вапняки; тільки на ділянці Миколаїв-Дніпровський лиман вони розмиті. В межах Причорноморської низовини найбільш поширені четвертинні відкладення. Вони вкривають всю поверхню Миколаївської області і представлені червоно-бурими глинами, лесовидними суглинками, що лежать на понті, алювіальними морськими і дюнними еоловими відкладеннями.

На території Миколаївської області в багатьох районах, особливо на півночі, водними потоками розмило гірські породи і утворились, переважно біля річок, яри та балки.

На північному заході і півночі області поверхня порізана багатьма ярами, великими і малими балками з пологими схилами. Територія області має загальний похил з північного заходу на південний схід, а також до долини Південного Бугу. На півночі області найбільші висоти досягають до 240 м, а на крайньому півдні вони не перевищують 20-40 м.

На півдні, приблизно від лінії с. Мостового на заході і від Нового Буга на сході, поверхня менш розчленована, кількість балок і їх величина

зменшуються, поверхня стає більш рівнинною і, нарешті, переходить у горизонтальну рівнину - степ.

На півдні області, у Баштанському, Снігурівському, Миколаївському і Очаківському районах, на широких міжрічкових просторах зустрічаються неглибокі замкнуті зниження - «поди». Поди навесні заповнюються талими сніговими водами і утворюють тимчасові озера. Найбільше подів у східній частині області, - на вододілі Інгул - Інгулець. На заході вони зустрічаються рідше. Але поди і неглибокі балки не порушують рівнинності степу.

Рівнинність рельєфу сприяє кращому обробітку поверхні ґрунту під час весняних польових робіт та збереженню вологи в ньому. При рівнинному рельєфі ерозійні процеси відбуваються повільніше, ніж при гористому.

Гідрографія. По території області протікають 110 великих, середніх та малих річок загальною довжиною 34380 км. Серед них р. Південний Буг (257 км в межах області), її притоки - середні річки : Інгул (179 км), Чичиклея (86 км), Кодима (59 км), Чорний Ташлик (41 км), Синюха (24 км), а також середні річки басейну р. Дніпро : Інгулець (96 км) з притокою Висунь (195 км). В області нараховується 18 озер, їх загальна площа становить 11,6 км². Площі, зайняті водними об'єктами, становлять 150,5 тис. га (6,1 % території області).

В області побудовано 45 водосховищ і 933 ставків загальною площею 15,8 тис. га, серед водосховищ найбільші Ташлицьке, Софіївське, Октябрьське, Олександрівське, Щербанівське, Степовське, Катеринівське.

Ґрунти та напрямки землекористування. Ґрунти утворюються в результаті взаємодії клімату, материнської гірської породи, рослинних і тваринних організмів, а також діяльності людини. Вплив господарської діяльності людини на утворення ґрунту дуже великий. В окультурених ґрунтах знижується кислотність в результаті внесення мінеральних і органічних добрив, збільшується кількість поживних речовин,

поліпшується структура і підвищується їх родючість.

На північному заході, у Первомайському, Врадіївському, а також у більшій частині Арбузинського, Доманівського, Братського районів, тобто в північній, байрачній, степовій зоні і в ряді суміжних з нею районів, ґрунти – звичайні середньогумусні чорноземи з глибиною гумусових горизонтів 60-70 см і з 5-5,5 % перегною. Ці ґрунти характеризуються високою родючістю. На південь, південний схід і схід від звичайних середньогумусних чорноземів, у Вознесенському, Єланецькому, Новобузькому і Казанківському та частково в Новоодеському, Братському, Арбузинському, Доманівському районах залягають звичайні малогумусні чорноземи, які охоплюють центральну степову зону області. Глибина гумусового горизонту їх досягає 55-60 см, а кількість гумусу - 4,5 - 5 %. Родючість їх висока, але дещо менша, ніж у середньогумусних.

На південь від району поширення чорноземів звичайних малогумусних, у Веселинівському, Новоодеському (північна частина), Баштанському, Доманівському, Березнегуватському районах залягають чорноземи південні. Південна межа їх поширення проходить в напрямі із заходу на схід по лінії Широкий Лан - Березнегувате.

У південній частині Веселинівського, Новоодеського і Баштанського районів, а також у північній половині Березанського та Жовтневого і майже скрізь у Миколаївському та Снігурівському районах широкою смугою залягають південні малогумусні чорноземи, що містять від 3 до 3,5 % гумусу. Чорноземи південні бідніші, ніж чорноземи звичайні, на гумус і поживні речовини.

Чорноземи південні малогумусні на півдні змінюються чорноземами південними солонцюватими із вмістом гумусу 1-3 %. Вони мають незначне поширення у північній частині Березанського і Очаківського районів, у Жовтневому районі і частково у Миколаївському по узбережжю Бузького лиману. Водно-фізичні властивості несприятливі для вирощування с.-г. культур. Основними агротехнічними заходами по

підвищенню родючості цих ґрунтів є нагромадження вологи, внесення органічних і мінеральних добрив, своєчасний обробіток, захист від водної та вітрової ерозії.

На узбережжі Чорного моря чорноземи південні переходять у темно-каштанові ґрунти та їх солонцюваті відміни. Ці ґрунти бідніші за чорноземи південні і зустрічаються в південній частині Березанського і Очаківського районів, проте придатні під усі вирощувані в області культури. Головною умовою підвищення їх родючості є висока агротехніка богарного та зрошувального землеробства в поєднанні із внесенням добрив, у першу чергу фосфорних і азотних.

На надрічкових терасах Південного Бугу та Інгулу розвинуті лучно-чорноземні, лучні та їх солонцюваті відміни, сформовані на сучасних алювіальних відкладеннях. Солонцюваті відміни цих ґрунтів потребують хімічної меліорації. На засолених ґрунтах необхідні як хімічні, так і

гідротехнічні меліоративні заходи. На них можна вирощувати зернові культури, а ще краще - овочеві.

На призаплавних терасах Бузького лиману та Південного Бугу, Інгулу та Інгульця, в межах Жовтневого, Миколаївського, Новоодеського, Веселинівського, Снігурівського районів зустрічаються дернові супіщані ґрунти та виходи піщаних порід.

На схилах балок сформувалися еродовані ґрунти різного ступеню змитості та з малою кількістю гумусу.

1.2 Агрокліматичні особливості Миколаївської області

Клімат Миколаївської області помірно-континентальний. Зима малосніжна, порівняно тепла, а літо спекотне, з частими суховіями. Середня температура повітря за рік по області становить 9.3 - 10.4 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 1.3-

2.7 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) - 21.9 -23.4 °С.

Абсолютний мінімум температури повітря за весь період спостережень (з 1945 по 2005р.) по області зафіксований у січні 1950 року і становить мінус 30.0°С (Г Первомайськ), а абсолютний максимум - у серпні 1998 року і становив 40.1 °С тепла (АМСЦ Миколаїв). Абсолютний максимум температури повітря був перевищений у липні 2007 року та становив 41.3 °С (М Вознесенськ).

Зимовий період на Миколаївщині триває 72-81 днів – з 4-10 грудня до 20-23 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°С і вище) триває 232-235 днів, починається в середньому по області 21-22 березня і закінчується 9-11 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 3555 °С на півночі області до 3835 °С на півдні.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 186-191 днів, змінюючись в окремі роки від 163 до 219 днів, починається 13-15 квітня і закінчується 17-21 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3255 °С на півночі області до 3540 °С на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2970 °С до 3805 °С.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 131-140 днів - з 10-15 травня до 20-27 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 2520 °С на півночі області до 2855 °С на півдні.

Середня кількість опадів по області за рік становить 469 мм, змінюючись по території від 404 до 578 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 246 до 777 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Помірна атмосферна засуха, яка часто поєднується з ґрунтовою у

період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0.3-0.7), має ймовірність 90 % по всій території області.

Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень-жовтень) по області коливається від 66 % весною до 73 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 32-41 день.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Миколаївської області поділено на три агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення і недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення посушливий; високого рівня теплозабезпечення дуже посушливий).

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються в кінці другої декади жовтня, останні весняні - в середині другої декади квітня.

Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 7 травня 1999 року, а на ґрунті - 25 травня 1998 року.

Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі спостерігався 28 вересня 1986 року, а на ґрунті - 11 вересня 2004 року.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 179-203 дні, на поверхні ґрунту - 157-179 днів.

У вегетаційний період на території області спостерігається від 16 до 28 днів із суховіями різної інтенсивності.

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

Сніговий покрив утворюється на більшій частині території області в першій декаді січня, а в північно-західних районах – в другій декаді грудня, а руйнується в північній половині області в першій декаді березня, а в південній – в третій декаді січня. Загальна тривалість залягання

снігового покриву за зиму становить по області 34-61 день, середня висота снігу за зиму -5-9 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 17-29 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються роки без сталого снігового покриву або взагалі безсніжні зими.

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 16 см до 31 см. Максимальне промерзання – 109 см спостерігалось у 1987 р.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 2,2-3,6 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см спостерігалася в 1994 р. і становила мінус 15,0 °С .

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень - лютий по області коливається від 39 до 55. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років.

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

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

Під впливом середовища в процесі еволюції склалися певні вимоги рослин ячменю не тільки до умов зволоження і тривалості, а й до режиму харчування та аерації.

2.1. Вимоги ярого ячменю до світла

Олейникова Т.В., що займалася виявленням відносини різних географічних типів ячменю до тривалості освітлення, в 1939 році виділила чотири групи ячменю відповідно їх реакції на тривалість освітлення

У I групі нею віднесені ячмені з довгою світлової стадії, т.ін. Ті які на 14 годинному дні колосяться на 16-20 днів пізніше, ніж на 24 годинному дні.

У II групі виявилися ячмені із середньою тривалістю світлової стадії, т.ін. За цих умов вони спізнюються з колосіння на 11-15 днів.

У III групі - ячмені з короткою світловою стадією, у яких затримка з колосіння встановлена в 8-10 днів.

У IV групі - ячмені з дуже короткою світловою стадією, затримка колосіння на 6-7 днів.

Олейникова Т.В. підтвердила, що при температурі 18-20 °С швидкість проходження світлової стадії збільшується, а зниження температури, навпаки затримує проходження світлової стадії.

Ярий ячмінь належить до рослин довгого дня. При скороченому світловому дні його колосіння сильно затягується. Стадію яровизації ярові ячмені проходять при температурі 2-5 °С протягом 5-10 днів. Для проходження рослинами світлової стадії велике значення має не тільки

тривалість, але й інтенсивність освітлення. Ячмінь - найбільш скоростигла культура (в порівнянні з пшеницею і вівсом). Вегетаційний період різних його сортів коливається в межах від 80 до 115 днів. Засвоюваних здатність кореневої системи у ячменю вище, ніж у пшениці, але нижче ніж у вівса. Ярий ячмінь кущиться значно сильніше, ніж овес і яра пшениця.

Ячмінь - типовий самозапилювач. Цвітіння його починається ще під час перебування колоса в піхву аркуша, а у деяких його форм цвітіння закінчується в піхву аркуша. Зовнішні умови роблять сильний вплив на характер цвітіння. У сухі, спекотні дні цвітіння настає раніше і закінчується до повного виколосіння. У помірно вологі прохолодні дні цвітіння ячменю настає пізніше і закінчується після повного виходу класів з піхви листка. Підвищена вологість і висока температура сприяють відкритого цвітінню багатьох форм ячменю. При гарній погоді ячмінь цвіте дружно, починаючи із середньої частини колоса, одночасно вгору і вниз [15].

2.2. Вимоги ярого ячменю до тепла

Ячмінь відрізняється невеликою вимогливістю до температури; окремі сорти миряться з малою кількістю тепла за вегетаційний період, що обумовлює широке поширення культури до північних кордонів землеробства і досить високо в горах, до 4000м над рівнем моря. Насіння ячменю можуть проростати при низькій температурі 1 - 2 °С тепла, що дозволяє висівати їх в ранні терміни. Однак при цьому проростання сильно затягується. Життєздатні сходи можна отримати лише при температурі не нижче 4 - 5 °С тепла, але поява їх при цьому затримується. Для утворення сходів ячменю сума активних температур (з середньодобовими вище мінімальних для утворення сходів) становить 100 °С [4].

Оптимальна температура повітря для проростання зерен ячменю 20-22 °С. Сходи витримують заморозки до 7-8 °С. Але в період цвітіння і

дозрівання ячмінь дуже чутливий навіть до невеликих заморозків. Для зародка зернівки в період наливу зерна небезпечні заморозки 1,5-3 °С. Морозобійне зерно часто повністю втрачає схожість. Холодостійкість сортів ячменю неоднакова. Високі температури (40 °С і вище) в період наливу зерна ячмінь переносять краще, ніж пшениця і овес.

Рівень середньодобових температур позначається на швидкості настання фаз розвитку ячменю. Чим вища температура, тим менше тривалість фаз, і навпаки. Це безсумнівно позначається на зростанні і розвитку органів, формування яких протікає у відповідний період, отже і на продуктивність рослин. Для ячменю досить сприятливі знижені температури під час формування та наливу зерна. Це сприяє подовженню періоду накопичення сухих речовин і підвищенню крупності зерна. Небезпечними для рослин ячменю є високі температури, які в поєднанні з недоліком вологи, особливо в період формування зернівки, викликають зниження продуктивності рослин. Так, при однакових умовах зволоження в період колосіння - воскова стиглість (в середньому за 2 роки) підвищення середньодобової температури на 1,7 °С зумовило скорочення тривалості фази на 3 дні.

При посухі посилюються втрати води ґрунтом, порушується нормальне функціонування устїчного апарату і підвищується витрата вологи на транспірацію. При нестачі ґрунтової вологи це викликає передчасне в'янення вегетативної маси і різке зниження ваги 1000 зерен ячменю [21].

2.3. Вимоги ярого ячменю до вологи

Волога є головним чинником, що визначає зростання, розвиток і (врожайність ярого ячменю. Серед хлібів першої групи ця культура є однією з найбільш посухостійких Транспіраційний коефіцієнт його близько 400. Для набухання насіння ячменю і появи інших сходів навесні їм необхідно не

менше 50% води від ваги зерна, швидше і більше води насіння поглинають при набуханні, тим швидше вони проростуть, тим вищий у них енергія проростання і сила росту [10]. При вологості ґрунту менше 30% повної вологоємкості проростання зерен ячменю майже припиняються.

Критичним періодом по відношенню до вологи є період від виходу в трубку до колосіння. Хоча ярий ячмінь вважається посухостійкою культурою, разом з тим культура найбільш чутлива до нестачі води в період утворення репродуктивних органів, ще під час перебування колоса в трубці [13].

Ячмінь більше піддається дії посухи, ніж інші зернові культури, т. і. Має малопотужної кореневою системою [5]. Дослідна перевірка показала, що найбільше зниження врожаю від засухи у злаків спостерігалось в період формування пилку, вона виявляється безплідною, збільшується число не обпиленних колосків, що веде до зниження врожаю [10]. На ріст і розвиток ярого ячменю впливає суховій, але цей вплив різко змінюється в залежності від фази розвитку культури, вологозабезпеченості і умов агротехніки.

Найбільшої шкоди приносить суховій в період молочної та воскової стиглості.

Оптимальні умови для проростання ярого ячменю спостерігається при запасах вологи в орному шарі ґрунту 30 мм і більше, і в метровому шарі в період кушіння-колосіння 100-175 мм і в період наливу зерна більше 60 мм, але не менше 125 мм.

Кулик М.С. [9] вважає, що сума опадів 40-60 мм що випала в червні-липні забезпечує нормальний ріст і розвиток культури.

Надмірне зволоження (більше 180 мм) в період сівба - колосіння сприяє перезволоження, розвитку грибкових захворювань, вилягання посівів і в підсумку призводить до зниження врожаїв [8].

Оптимальні умови для формування високих врожаїв (20 ц / га) створюються при опадах 130 - 200 мм за період посів - колосіння і 30 -100мм за період колосіння - воскова стиглість.

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

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

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

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

Жовта М.М. так само виконала величезну роботу з виявлення зв'язку врожайності ярого ячменю з тривалістю сонячного сяйва. Слід підкреслити суперечливість, яку надають на врожайність тривалість сонячного сяйва: в першу половину вегетації її вплив позитивне, під час колосіння - початок кушення - такій же мірі негативне, протягом же всього періоду колосіння - воскова стиглість слабо негативне, а в цілому за вегетаційний період залишається позитивним. Це необхідно враховувати [4] при оцінці агрометеорологічних умов формування врожаю.

2.4. Вимоги ярого ячменю до ґрунтів і живлення

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

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

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

Погано росте ячмінь на піщаних і супіщаних ґрунтах. Такі ґрунти зазвичай мало містять засвоюваних поживних речовин. Лише при внесенні достатньої кількості органічних і мінеральних добрив такі ґрунти можна при необхідності відводити під посів ячменю. Зовсім непридатні для ячменю легкі маловологоємкі ґрунти.

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

Ячмінь добре відгукується на азотні, фосфорні та калійні добрива. Зі збільшенням забезпеченості рослин азотом поліпшується розвиток вегетативної маси, підвищується кустистість, збільшується площа листової поверхні рослин, вміст хлорофілу в листі, зростає білковість зерна.

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

Фосфор входить до складу нуклеопротеїдів, високий вміст яких властиво меристематичні тканинам рослин; багато фосфору необхідно для розвитку квіток у колосках. За участю фосфору (поряд з іншими елементами) пов'язані процеси формування генеративних органів. Тому в насінні міститься набагато більше фосфору, ніж в інших органах рослини. В результаті застосування фосфорних добрив збільшується екстрактивність ячменю.

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

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

Ярий ячмінь відноситься до культур найбільш ранніх строків сівби. Зазвичай ранні строки сівби зв'язуються з біологічною особливістю насіння, які проростають при низькій температурі повітря і протистоять весняних

заморозків. Як в умовах достатнього зволоження, так і в посушливих районах запізнення з посівом ярого ячменю веде до зниження врожаю [7].

2.5 Основні хвороби і шкідники ярого ячменю

Звичайна (гельмінтоспоріозна) коренева гниль

Хвороба поширена переважно в степовій та лісостеповій зонах. Більш інтенсивний розвиток захворювання спостерігається у посушливі роки, особливо на ярій пшениці. На первинних і вторинних коренях, а також на підземному міжвузлі утворюються темно-коричневі продовгуваті виразки, які часто зливаються, внаслідок чого уражена тканина набуває чорного забарвлення. Хвороба може проявлятися у вигляді побуріння, пожовтіння і пліснявіння молодих листків. При незначному розвитку захворювання проявляється у вигляді витягнутих темно-коричневих некротичних смуг, забарвлення яких поступово переходить у здорову тканину, вони не мають чіткої межі між здоровою та ураженою тканиною. При інтенсивному розвитку хвороби основа стебла чорніє і загниває аж до самого нижнього вузла.

На листках рослин у фазу кушіння спочатку з'являються дрібні темні плями, які згодом розростаються у довжину до 1,5 см, у центрі - темно-бурі або темно-сірі, по краях - бліді. На ураженій тканині у вологу погоду утворюється бархатистий чорний або оливково-бурий наліт конідіального спороношення гриба.

У фазу наливання зерна у хворих рослин спостерігається недорозвиненість колосків, вони часто стерильні, колосові лусочки білі з чорними плямами, їх остюки темно бурі, часто біліють і стебла рослин. Іноді в колосі формується зерно, але воно щупле, не рідко з чорним зародком.

Збудником хвороби є гриб *Drechslera sorociniana* Subram (син. *Helminthosporium sativum* P.K.et B.), що розвивається переважно в

конідіальній стадії. Інколи гриб формує сумчасту стадію (*Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) Drechsl. et Dastur), яка у циклі розвитку патогена майже втрачена. Крім ячменю, патоген уражує пшеницю, жито, ячмінь, кукурудзу, просо та багато диких злаків, загалом близько 90 видів рослин із 30 родів.

У період вегетації рослин гриб поширюється конідіями, розповсюдженню інфекції у навколишньому середовищі сприяє вітряна і дощова погода.

Для успішного зараження рослин необхідне зволоження їхньої поверхні не менш як 16 годин. За температури вище +20°C інкубаційний період розвитку хвороби становить 6-8 діб. Оптимальна температура для розвитку гриба коливається у межах +22-28°C. Також захворюванню сприяє м'яка зима.

Джерелом інфекції є рослинні рештки, в яких патоген зберігається у формі грибниці, конідій, сумкоспор, а також грибниця в ураженому насінні (чорний зародок). Інфекція зберігається більш ніж рік.

Основні грибні захворювання, що можуть проявлятися на молодих рослинах: кореневі гнилі, борошниста роса, сітчаста і смугаста плямистості, стосовно яких слід планувати захисні заходи, оскільки за певних метеорологічних умов вони надалі можуть сильно прогресувати. Наприклад, різні види плямистостей ячменю під час цвітіння та наливання зерна набувають максимального розвитку. Після колосіння виникають іржасті хвороби. Наприкінці вегетації може проявлятися фузаріоз колосу. Тому, залежно від фенологічної фази розвитку рослин, результатів діагностики, рівня поширеності хвороб, умов, що сприяють їхньому розвитку, добирають фунгіциди певного спектра дії і проводять відповідні заходи захисту.

Облямівкова плямистість, або ринхоспоріоз (зб. - гриб *Rhynchosporium graminicola* Heinsen). Типові симптоми хвороби можна виявити на уражених листках і листових піхвах рослин ячменю у вигляді бурих, а пізніше сірувато-білих, овальних або овально-видовжених плям із темно-бурою облямівкою. Остання є важливою діагностичною ознакою захворювання. За

сильного розвитку ринхоспоріозу плями між собою зливаються, що призводить до засихання та відмирання листків за умов високої відносної вологості повітря. Як правило, з нижнього боку листка (рідше - на верхньому) в місцях ураження формуються білуваті дрібні подушечки, що являють собою конідіальне спороношення патогену. Зерна можуть інфікуватися у фазі молочної стиглості. Зокрема, в місцях уражень виникають світло-коричневі плями з темно-бурим ореолом.

Сильний розвиток хвороби викликає передчасне відмирання листків, унаслідок чого знижується продуктивність рослин, а також погіршуються посівні та пивоварні якості насіння. Ринхоспоріоз ячменю інтенсивно розвивається за умов підвищеної відносної вологості повітря та достатнього зволоження. Інкубаційний період може становити від 5 до 14 діб. На пізніх посівах ячменю ярого хвороба розвивається сильніше.

Джерелом інфекції є сходи падалиці, уражені рослинні рештки, а також інфіковане насіння. Слід відмітити, що гриб *R. graminicola* уражує, окрім ячменю, також жито та багато диких злаків.

Темно-бура плямистість (зб. - гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.). Симптоми хвороби на ячмені є мінливими та залежать від багатьох факторів: сорту, умов навколишнього середовища, фази розвитку рослин. На листках дорослих рослин виникають спочатку темні, а пізніше темно-сірі або світло-бурі плями, трохи подовжені вздовж листків, у центрі вони світліші, з темною облямівкою. У вологу погоду на уражених ділянках формується оливково-бурий або чорно-сірий наліт. За сильного розвитку хвороби плями зливаються і вкривають весь листок. Можуть уражуватися також нижні вузли стебла, внаслідок чого вони загнивають, а рослини вилягають. Інтенсивний розвиток хвороби на листках та сприятливі погодні умови призводять до зараження патогеном також колосу і зерна, викликаючи симптоми чорного зародка.

Сильне ураження рослин ячменю ринхоспоріозом відбувається за випадання

атмосферних опадів, високої відносної вологості повітря та теплої погоди. Інкубаційний період може становити три-шість днів. Особливо небезпечним є раннє ураження прапорцевого листка з подальшим інтенсивним розвитком хвороби.

Джерелами інфекції можуть бути післязбиральні уражені рештки, а також різні морфологічні структури гриба, що зберігаються у ґрунті. Резервація патогену може проходити на уражених бур'янах (на пирію та ін.). Інколи інфікованим є насіння. Гриб *V. sorokiniana* паразитує також на пшениці та житі.

Лінійна, або стеблова, іржа (зб. - гриб *Russinia graminis* Pers., зокрема на ячмені паразитують його форми: f. sp. *secalis* Erikss. et Henn. і f. sp. *tritici* Erikss et Henn.).

Під час візуальної діагностики хвороби слід звертати увагу на стебла, листові піхви та листки. Зокрема, після колосіння на уражених органах (часто це бувають стебла) з'являються іржасто-бурі урединіопустули, які зливаються у довгасті суцільні лінії. У місцях прояву хвороби відбуваються розриви епідермісу, з котрих висипається іржаста маса, що складається зі спор гриба. За допомогою останніх патоген поширюється. Наприкінці вегетації рослин симптоми хвороби змінюються, оскільки у місцях формування іржастих пустул утворюються чорні, випуклі, видовжені теліопустули, що також мають вигляд смужок.

Шкідливість лінійної іржі полягає у порушенні водного балансу рослин (посилення транспірації), що в кінцевому результаті веде до формування плюсклого зерна.

Інтенсивне ураження рослин збудником хвороби відбувається за наявності краплинно-рідинної вологи та температури повітря 18...20°C. Слід відмітити, що інфекційний матеріал патогену (у вигляді урединіоспор) може поширюватися на значні відстані. Сильніше уражуються рослини пізніх посівів. Посилений розвиток хвороби відбувається за великої кількості атмосферних опадів. Гриб *R. graminis* є дводомним. Одні його стадії

спорношення утворюються на видах барбарису, магнолії, а інші - на злакових рослинах. Тому уражені рештки злаків, на яких зберігаються теліоспори гриба, можуть бути джерелом інфекції. Також патоген може зимувати у формі урединіогрибниці в уражених рослинах ячменю озимого, пшениці озимої, жита та інших злакових рослин.

Карликова іржа (зб. - гриб *Russinia hordei* G.H. Otth.). На ячмені ярому хвороба з'являється на початку молочної та воскової стиглості зерна. Її симптоми можна спостерігати у вигляді дуже дрібних, безладно розміщених на листових пластинках і їхніх піхвах жовтувато-бурих пустул. Пізніше з нижнього боку листків формуються дрібні чорні пустули, прикриті епідермісом.

Проростанню спор гриба та інфікуванню рослин сприяє краплинна волога на поверхні листків. Часто такі умови складаються за наявності рясних рос. Оптимальна температура становить 15...18°C. Інкубаційний період може тривати від 4 до 11 днів.

Інтенсивніший розвиток карликової іржі спостерігають у районах, де є посіви ячменю озимого, а також поширені види рястки (*Ornithogalum* L.). Останні виконують роль проміжного живителя для гриба *Russinia hordei*.

Загалом збудник карликової іржі ячменю розвивається як за повним, так і за скороченим циклом. В останньому разі інфіковані сходи ячменю озимого, а також сходи падалиці (уражені восени) є резерваторами інфекції. У даний час, на думку багатьох дослідників, карликова іржа, порівняно з іншими видами іржі ячменю, є менш шкідливою.

Фузаріоз колосу (зб. - гриби з роду *Fusarium* Link). Зараження рослин відбувається в період цвітіння і дозрівання. Типові симптоми хвороби у період дозрівання врожаю характеризуються появою на колоскових лусочках рожево-червоного або блідо-рожевого нальоту, що являє собою грибницю та спорношення патогену. Уражене зерно стає білястим або має брудно-коричневий відтінок. Іноді на зерні з'являється рожево-оранжевий наліт. Загалом хворе зерно тьмяне, плюскле. Шкідливість хвороби полягає у

зниженні або втраті посівних якостей зерна та накопиченні в ньому мікотоксинів, що продукуються грибами з роду *Fusarium*.

Розвитку захворювання сприяє волога погода в період колосіння і дозрівання культури. Фузаріоз колосу найшкідливіший у районах із вологими умовами в період вегетації. Джерелом інфекції фузаріозу можуть бути уражені рештки зернових культур та інфікований насіннєвий матеріал.

Шкідники ярого ячменю

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 з'являтися у період формування зерна озимої пшениці та інших зернових, а масово — у фазі молочної стиглості зернових культур. У жаркі посушливі роки хлібна жужелиця ховається в ґрунт на глибину 10-50 см, де перебуває у стані літньої діпаузи. 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 кушення 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. Залялькування відбувається навесні, а виліт мух припадає на кінець кушення — першу половину виходу в

трубку озимих культур. Одразу після вильоту муха відкладає яйця (плодючість — 50-500 яєць) ланцюжком з верхнього боку листової 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 кушення 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 комах. Навесні крилаті попелиці перелітають на злакові культури, особливо пшеницю та кукурудзу, де

утворюють густі колонії по всій рослині. Восени самки-носії статевій генерації знову мігрують на черемху, де відбувається статевий цикл розвитку, і відкладають яйця, що зимують.

Пшеничний трипс — *Nauplothrips 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 перегноем. Молоді жуки з'являються на початку липня, вони живляться на посівах кукурудзи та дикорослих злаках, після збирання врожаю відлітають у місця зимівлі. Комахи мають одну генерацію.

П'явиця: червоногруда (звичайна) — *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 °С (початок фази виходу озимих в трубку) комахи розлітаються переважно на крайові смуги ярих культур. Яйця відкладають ланцюгом на нижньому боці листків, через два тижні відроджуються личинки, які згодом вкриваються слизом. Розвиток личинок на озимій пшениці збігається з фазами прапорцевого листка і формування зерна, а на ячмені — від виходу рослин в трубку до початку воскової стиглості зерна. Шкідники заляльковуються у ґрунті, а через два тижні відроджуються молоді жуки. Ці комахи мають одну генерацію.

П'явиця синя — *O. licheinis* 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. Залялькування відбувається наприкінці травня — початку червня у ґрунтових колисочках на глибині 10-15 см . Жуки після виходу з ґрунту заселяють посіви зернових колосових у фазі молочної та воскової стиглості зерна. Яйця самки відкладають у ґрунт на глибину 10-20 см, переважно на просапних культурах або на парах. Через 2-3 тижні виводяться личинки, які розвиваються протягом 22-25 місяців Цикл розвитку цих шкідників дворічний.

2.6. Характеристика сортів ярого ячменю

«Вакула» - ярий ячмінь

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.

Цикл розвитку: ярий. Різновидність - паллідум. Остюки довгі - 14-18 см, злегка розлогі, тонкі, еластичні, слабо зазубрені, у верхній частині жовті, при обмолоті легко відділяються. Колоскова луска тоненька, ніжна, з рідкими волосками. Квіткова луска середньо зморшкувата, нервація добре виявлена, без зубчиків, перехід в остюк поступовий. Основна щетинка зерна коротка, довго волосяна. Висота рослин: 65-75 см. Зернівка видовжено-овальна, розмір 13x14 мм, жовта, вирівняна. Маса 1000 насінин: 44г. 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.

«Водограй» - ярий ячмінь

Оригіатор: Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Виведений для мінливих за вологозабезпеченістю умов інтенсивного землеробства. На зерно. У Реєстрі сортів України з 2005 року для Лісостепу й Полісся.

Господарські цінні ознаки: В інституті в посушливих умовах середній врожай за 3 роки становив 69,1 ц/га при врожаї стандарту сорту Галактик 64,5 ц/га. В державному сортовипробуванні при середньому врожаї 50,8 ц/га приріст врожаю над середнім стандартом становив 15,9-24,1%. Посухостійкий (7-8 балів), високостійкий до вилягання (8-9 балів) при висоті рослин 70-80 см. Високостійкий проти борошнистої роси, карликової іржі — 8-9 балів, стійкий проти гельмінтоспоріозу, летючої, чорної й кам'яної сажок — 7-8 балів. Висока вирівняність стеблостою. Середньостиглий, вегетаційний період — 85-87 днів. Висока вирівняність зерна — 99%.

Апробаційні ознаки: різновид *nutans*. Колос середньої довжини (8-10 см), середньої щільності (10 члеників на 4 см колосового стрижня), неламкий, солом'яно-жовтий, веретеноподібної форми, пониклий при досяганні. Ості довгі, зазублені, майже паралельні, тонкі, еластичні, солом'яно-жовті. Антоціанове забарвлення кінчиків остей майже відсутнє (у

сортів Гетьман, Чудовий, Казковий — сильне). Колоскова луска тонка, вузька, без опушення, за розміром рівна із зернівкою. Квіткова луска зморшкувата, нервація добре виявлена, перехід в ость поступовий. Основна щетинка зерна довговолосиста. Кущ напівпрямостоячий. Листок неопушений, проміжний, темно-зелений. Зерно велике, жовте, тонкоплівчасте, ромбічної форми. Маса 1000 зерен — 48-50 г. Агротехніка: звичайна для зони вирощування.

«Сталкер» - ярий ячмінь

Оригіатор: Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннезнавства та сортовивчення. Виведений за програмою селекції на підвищену адаптивність до умов посушливого Степу. Цінний. У Реєстрі сортів рослин України з 1997 року для зони Степу. Господарські цінні ознаки: Урожайність у виробничих умовах — до 70-80 ц/га з приростами врожаю над поширеними сортами Одеський 151 і Прерія — 5-8 ц/га. Висока посухостійкість (9 балів) зумовлена генетично контрольованим показником посухо-, соле- та кислотостійкості, що дає перевагу над іншими сортами в умовах екстремальної посухи.

Стійкість проти поширених листостеблових захворювань — на рівні 5-6 балів, проти летючої й кам'яної сажок — 6-8 балів. Добра озерненість колоса (16-26 зерен у колосі). Зерно велике (маса 1000 зерен — 50-55 г). Скоростиглий.

У виробничих умовах України в степовій і лісостеповій зонах за вирощування по весняному обробітку ґрунту давав найвищі врожаї серед зернових колосових культур до 51-53 ц/га. Разом із сортом Адапт є кращим сортом країни для несприятливих умов вирощування.

Апробаційні ознаки: різновид *nutans*. Колос дворядний, середньої довжини (7-9 см), підвищеної щільності (11-12 члеників на 4 см колосового стрижня), неламкий, звужується до вершини, солом'яно-жовтий. Ості довгі, зазублені, паралельні, тонкі, еластичні, солом'яно-жовті. Колоскова луска тонка, вузька, без опушення. Квіткова луска слабкозморшкувата, нервація

добре виявлена. Перехід квіткової луски в ость поступовий. Основна щетинка зерна довговолосяна.

Кущ напіврозлогий. Листок без опушення, вузький, темно-зелений. Висота рослин 75-100 см. Зерно велике, жовте, видовжено-овальної форми. Агротехніка: звичайна для зони вирощування.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

3.1 Сучасний стан моделювання формування врожаю ярого ячменю

В даний час розроблено вже досить багато довгоперіодних динамічних моделей різних сільськогосподарських культур, що дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результуючу основних фізіологічних процесів. При побудові багатьох довгоперіодних динамічних моделей використовуються методології, розроблені Россом [8], Тоомінгом [9], Торнлі [10], а також сформульовані цими авторами принципи моделювання ряду фізіологічних процесів.

Детальна модель енерго- і масообміну в системі рослина - атмосфера і продуктивності посіву SPAM наведена також в роботах Стюарта і Лемона [12], Аллена та ін. У цій моделі листя також розділені на класи за освітленням а фотосинтез листа враховується через формулу Шартьє. Вперше врахована залежність продигового опору від радіації. Детально враховані турбулентність, режим CO_2 посіву та опір прикордонного шару листа r_a . Модель добре співпадає з результатами експериментів на посіві кукурудзи, з її допомогою проведено велику кількість чисельних експериментів для визначення денного ходу фотосинтезу і з'ясування ролі радіації.

Для зернових культур найбільш повно розроблена Галямінім та ін. модель ярої пшениці [13]. Фотосинтез листя, стебел і класів розглядається в моделі як функція ΦAP , температури повітря і вологості ґрунту. Для розрахунку динаміки біомаси окремих органів рослин і опису процесу формування асиміляційної поверхні запропонована відповідна система рівнянь. Розподіл асимілятів - напівемпіричних з урахуванням зміни співвідношення надземної і підземної біомаси залежно від особливостей

мінерального живлення. Проведено чисельні експерименти при різних рівнях мінерального живлення і зволоження ґрунту.

Аналогічна модель енерго- і масообміну та продуктивності посіву розроблена Гоудріаном. Модель добре співпадає з результатами польових експериментів на посіві кукурудзи. Вперше проведено дослідження чутливості моделі до виміру окремих її параметрів.

У роботах де Віта, Броувера і Пенінга де Вріза запропонована модель ELCROS. У цю модель введений фонд асимілятів, і ріст розглядається як незалежний процес.

Більш детально дихання, розподіл асимілятів, концентрація фонду вуглеводів і росту розглянуті в моделях Торнлі. Ним вперше включений в модель фонд азоту як регулятор росту. Вперше комплексні довгоперіодні динамічні моделі були представлені в його роботах. В моделях Торнлі вперше введений водний потенціал листа ψ_L як фактор, що регулює продиховий опір, причому ψ_L сам визначається емпірично через водний потенціал ґрунту. Враховане темнове дихання окремих органів. Динаміка фонду асимілятів управляє ростом органів в денний і нічний час. Для моделювання росту введено біологічний час, який виражається через температурні суми.

Комплексна модель фотосинтезу була розроблена в роботах Ідсо [11], де функція фотосинтезу листа подається у вигляді $\Phi_L = \Phi_1(W)\Phi_2(c)\Phi_3(I) - \Phi_4(T_L - T_A)$, де Φ_1 – описує залежність фотосинтезу від вологості повітря і ґрунту, Φ_2 - від концентрації CO_2 , Φ_3 - від радіації та Φ_4 - від температури листа T_L . Для знаходження T_L було розв'язано рівняння теплового балансу листа з урахуванням енерго- і масообміну в системі рослина - атмосфера. У цій моделі детально врахована також орієнтація листя. Листя розділене на 11 класів - один клас для тіньових листків і десять класів для освітлених прямою сонячною радіацією листя за кутами нахилу. Для кожного класу було вирішено рівняння теплового балансу листа. Вперше знайдено динаміка денного фотосинтезу при різних умовах водного стресу.

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

Розроблена в Японії модель ярого ячменю також містить блоки фотосинтезу, дихання і розподілу асимілятів (емпірична). У запропонованій А. І. Столяровим математичній моделі процесу формування врожаю озимої пшениці фотосинтетична продуктивність цієї культури розглядається як функція ΦA , вологості ґрунту, температури повітря, концентрації CO_2 , вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію. Блок розподілу асимілятів в моделі не представлений. Урожай зерна визначається емпірично по загальній біомасі.

У моделях ярого ячменю (СНД) для розрахунку приросту біомаси використане 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'єднань, поглинання азоту регулюється виходячи з принципу оптимальних доз, введена поправка на постачання азоту в ростові функції. Проведені чисельні експерименти з моделлю.

У США розроблені дві моделі для озимої пшениці. У першій, призначеної для аридної зони, швидкість накопичення сухої біомаси розглядається прямо пропорційною вже наявній сухій 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 тривалості дня і температури).

Моделі формування врожаю озимої пшениці, озимого жита, ярої пшениці, ярого ячменю і вівса розроблені А.Н. Польовим і викладені в роботі [14 -17].

В Україні значні розробки щодо створення методів оцінки агрометеорологічних умов і прогнозування врожайності сільськогосподарських культур виконані в рамках створеного В.П. Дмитренко [18] напряду на основі запропонованої ним моделі врожайності сільськогосподарських культур.

У роботах В.С. Антоненко [19] і Н.І. Гойси запропонована параметризаційна модель формування врожаю озимої пшениці в Україні в період весняно - літньої вегетації. У подальшій роботі В.С. Антоненко запропонував динамічну модель росту, розвитку та формування продуктивності озимої пшениці, яка описує весь життєвий цикл культури, «від насіння до насіння». В основу моделі покладено базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських модифікацій за більш детального обліку впливу волого - температурного режиму на процес фотосинтезу і комплексної оцінки впливу на ріст і формування репродуктивних органів таких екстремальних явищ як посуха і суховії (за методом М.С. Кулика і І.А. Цубербіллер), полягання посівів (за методом О.Д. Пасечнюка), «стікання» зерна (за методом І.В. Свісюка).

У роботі А.М. Польового і М.І. Кульбіді [20] запропоноване моделювання формування врожаю озимої пшениці в період весняно - літньої вегетації в Україні.

Моделювання біомаси і врожайності зернових культур ячменю і вівсяних посівів за допомогою модель Sirius викладені в роботах [21]. Механістичні моделі культур широко використовуються для моделювання реакції врожаю пшениці на навколишнє середовище. Водночас, було лише

кілька спроб моделювання поведінки ячменю чи вівса за допомогою моделей симуляції врожаю. У цьому дослідженні використовується модель Sirius для імітації ячменю і вівсяних культур різних строків сівби за добрих умов вирощування. Моделювання було проведене з використанням моделі врожайності Sirius, яка спочатку призначалася для пшениці, але має механістичні рамки, які досить стійкі, щоб бути застосованими до інших помірних злаків. Метою даного дослідження була перевірка процесів, що діють в рамках моделі, а не просто застосування її для прогнозування кінцевої врожайності. Таким чином, були обрані набори даних включають інтенсивні вимірювання індексу площі листя (ПЛ), біомаси і врожайності зернових всередині сезонів.

За останнє десятиліття стався величезний стрибок у галузі математичного моделювання і чисельного моделювання в областях, пов'язаних з гідродинамікою та тепло - і масообмінах. Він викликаний все більш широким використанням потужних, недорогих цифрових комп'ютерів. Подальші зусилля повинні бути спрямовані на розробку комп'ютерних програм, які можуть бути використані користувачами, які мають хороші обчислювальні навички. Була розроблена комп'ютерна програма для симуляції неврівноваженої математичної моделі для сушки ячменю зі статичною глибокою основою. Модель складається з набору з чотирьох нелінійних диференціальних рівнянь, виведених з масових і енергетичних балансів і рівняння теплопередачі в сукупності з відповідним рівнянням дифузії. Було розроблене точкове моделювання виробництва ячменю з використанням імітаційної моделі росту сільськогосподарських культур *WOFOST*. *WOFOST* є однією імітаційних моделей росту сільськогосподарських культур, які використовуються для сприяння процесам прийняття рішень у сільському господарстві та навчанні. У цій роботі, проведене калібрування та валідація моделі *WOFOST* для ячменю (сорт Karoon dar Kavir) на основі досліджень на агрометеорологічних станціях в Каботар Абаді, Іран. Щороку реєструвалися фенологічні фази,

дати зрошення, умови росту сільськогосподарських культур, загальне виробництво і врожайність зернових. Однак в цьому дослідженні не всі необхідні дані для калібрування моделі були доступні. У процесі калібрування перші фенологічні фази були встановлені шляхом порівняння загальної суми тепла (в градусо - днях) від сходів до цвітіння і від цвітіння до дозрівання в різні роки. Дані про загальну у виробництві врожайність і зернових з експериментів в умовах нестачі води були використані для калібрування параметрів врожаю в потенційній виробничій ситуації. Це дало можливість проводити калібрування *WOFOST* на основі історичних та поточних досліджень в сільськогосподарських дослідних центрах, сільськогосподарських факультетах та агрометеорологічних станціях, якщо в їх спостереженнях фіксуються всі необхідні параметри [22].

Моделювання конкуренції між ячменем і вівсом при різних кліматах виконав Роберт Грант. Моделювання конкуренції між різними групами рослин в загальній екосистемі повинне бути засноване на моделюванні процесів, в яких ці популяції конкурують за світло, воду і поживні речовини. У математичній моделі екосистеми, представлений в даній роботі, кожна популяція рослин моделюється незалежно в рамках спільних для екосистеми ґрунтах та атмосфері. Вплив випромінювання розраховують виходячи з вертикального розподілу площі листа, розрахованого, в свою чергу, виходячи з подовження кожного з міжвузля, оболонок (для однодольних) або черешкових (для дводольних) і листа на кожному пагоні або гілці кожної популяції під загальним покровом. Доступ до води і поживних речовин визначається виходячи з вертикального розподілу довжини кореня і площі поверхні, розрахованих по подовженню первинних і вторинних кореневих осей кожної популяції через загальний профіль ґрунту. Чутливість модельованих втрат врожайності через конкуренцію з диким вівсом в умовах різного клімату порівнюється з літературними даними. Експертиза результатів моделювання привела до припущення , що чутливість до

конкуренції серед популяцій рослин визначається наявністю води, поживних речовин та інших екологічних ресурсів на місці дослідження [23].

Основною метою прогнозування виробництва ячменю є побудова моделі для планування і прогнозування виробництва ячменю, який є основним кормовим ресурсом в Йорданії. Він розглядається як друга основна сільськогосподарська культура на богарних територіях Йорданії, і основний концентрований корм для дрібних жуйних тварин протягом усього року. Крім того, моделі прогнозування будуються для основних районів виробництва ячменю. В якості змінних, що впливають на виробництво ячменю в Йорданії, були взяті місячні суми опадів, місячні температури, середні закупівельні ціни ячменю в попередньому сезоні і посівні площі ячменю. Чотири множинні лінійні регресійні моделі були оцінені для кожного району і для країни в цілому. Ця оцінка була заснована на даних про суму опадів в період вегетації за січень, лютий, березень і квітень. Результати аналізу показали, що опади були найбільш значним обмежуючим фактором у збільшенні виробництва ячменю. Один додатковим міліметр опадів у січні збільшить виробництво ячменю на 156 тонн. Також вказується, що температура в січні позитивно впливає на збільшення виробництва ячменю, але в лютому, березні і квітні вплив уже негативний. Політика держави в сфері ціноутворення на ячмінь відіграє важливу роль у збільшенні виробництва ячменю.

У роботах Р.П. Елліс і Б. Маршалла запропонована модель росту, врожайності і якості зерна ячменю (*Hordeum vulgare* L.) в залежності від поглинання азоту [24].

Для вивчення впливу надходження азоту на розвиток рослин та схожості насіння була використана споживна система ячменю. Два контрастних сорти ячменю вирощувались протягом двох сезонів з оптимальним рівнем азоту і з третиною від норми. Зрілі зерна витягли з класів за положенням зерен; зберігали до виходу зі сплячки, зважили, і заміряли час від набухання до проростання для різних позицій у колосі. Паралельний набір зразків

аналізували на концентрацію азоту в зернах. Систематичне збільшення часу проростання спостерігалось від нижньої частини до верхньої частини колоса. Цей ефект поєднувався і був того ж порядку, що і вплив розміру зерна на час проростання. Незважаючи на те, що були значні варіації в концентрації азоту в залежності від положення зерен позиції, вони були менш виражені, ніж варіації ваги зерен в колосі і не були пов'язані зі схожістю зерна. Ці результати розглядаються в контексті з розвитком рослин на початку проростання.

У моделі врожайності ярого ячменю в різних кліматичних зонах Північної і Центральної Європи запропоноване порівняння дев'яти моделей культури. У цьому дослідженні, продуктивність дев'яти широко використовуваних і доступних імітаційних моделей росту сільськогосподарських культур (APES - ACE, CROPSYST, DAISY, DSSAT - CERES, FASSET, HERMES, MONICA, STICS і WOFOST) порівнюються протягом 44 вегетаційних періодів ярого ячменю в семи місцях в Північній і Центральній Європі. Метою цього порівняння моделей було вивчення того, як різні моделі засновані на різних процесах діють в різних місцях по всій Європі при мінімумі інформації для калібрування моделі ярого ячменю [25].

Була розроблена за методом компоненти врожайності імітаційна модель формування врожаю ячменю, яка може застосовуватися для різних сортів ячменю в різних областях. Процес створення моделі був наступним. З компонентами врожайності різних сортів за оптимальних умов в Ухані, Янчжоу, Куньміні в якості підстав, були розроблені рівняння регресії відносного значення впливу класів на рослину, зерен в колосках, і ваги тисячі зерен з накопиченою фотосинтетичною ефективністю, і були сформовані функціональні відносини між колоссям і рослиною, зернами в колосках, вагою тисячі зерен в реальних умовах, а також їх потенційними значеннями при оптимальних умовах, змінним режимом вологості ґрунту і вмісту поживних речовин в реальних умовах. Модель більш всебічно розглядає внутрішні і зовнішні чинники зростання і розвитку ячменю.

Прогнозування врожайності в Швеції на основі аналізу метеорологічної мезомасштабної циркуляції запропоноване Валентином Л. Фольтеску. В цій роботі запропоновану систему рівнянь для прогнозування регіонального росту сільськогосподарських культур в Швеції. Система включає в себе впроваджену модель росту сільськогосподарських культур, і вихідні дані, отримані за допомогою метеорологічної мезомасштабної інформації. Модельовані культури - ярий ячмінь, ярий ріпак, овес і озима пшениця, а період дослідження 1985-98. Змодельований урожай в умовах обмежених водних ресурсів використовується як орієнтир у процедурі передбачення врожайності. Також пояснюються технологічні тенденції до щорічного збільшення рівня виробництва [26].

Розроблена модель CropSyst для прогнозування врожайності ячменю в умовах зміни клімату в Єгипті. Модель CropSyst була відкалібрована і перевірена з використанням польових даних про зерно ячменю, біологічну урожайність та споживче використання (CU), отриманих з експерименту з дворічним полем, проведеного в 2007/ 08 і 2008 / 09 рр.. в герцогстві Ель-Калубія, Південна Дельта, Єгипет. Були посаджені шість сортів ячменю. В цій роботі було визначено параметри, які можуть бути використані в якості індикаторів стабільності врожаю ячменю, що може бути корисно в стресових умовах зміни клімату. Результати точного прогнозування за допомогою моделі CropSyst врожайності ячменю та CU показали, що модель може бути використана для достовірного передбачення впливу реструктуризації зрошення на врожайність.

Вибір моделі врожайності ячменю за допомогою теоретико - інформаційних критеріїв запропонований Марі Жазенюк, Марк Л. Тапер, Ніколь С. Вагнер, Роберт Н. Стоугард, Моніка Брелсфорд, і Брюс Д. Максвелл [28].

Емпіричні моделі конкуренції культур і бур'янів є невід'ємними компонентами біоекономічних моделей, які залежать від прогнозів впливу бур'янів на врожайність сільськогосподарських культур та для розробки

економічно ефективних рекомендацій боротьби з бур'янами. Відбір кращих емпіричних моделей для конкретної системи культури і бур'янів не простий. Ми використовували теоретико-інформаційні критерії, які дозволяють визначити модель, яка найкращим чином описує врожайності ячменю на основі даних конкуренції між ячменем і вівсюгом отриманих у ході експериментів, проведених у трьох місцях в штаті Монтана протягом 2 років. Кожен експеримент складався з повної серії, виконаної у вигляді рандомізованих блоків з трьома реплікаціями. Ячмінь був посаджений в 0, 0,5, 1, і 2 локально запропонованих нормах висіву. Вівсюг був посаджений як цільове зараження щільністю 0, 10, 40, 160 і 400 рослин на $M - 2$. Двадцять п'ять моделей - кандидатів були використані для опису даних з кожного місця і року з використанням оцінки максимальної правдоподібності.

Була розроблена і використана імітаційна модель врожаю ячменю для оцінки стратегій управління виробництвом його на північному сході Австралії. Було проведено дослідження для виявлення кращої стратегії управління для ячменю (*Hordeum vulgare* L.), зокрема, в залежності від часу посадки, розташування, і ризику заморозків в змінному кліматі на північному сході Австралії. Для досягнення цієї мети, була побудована стимуляційна модель росту сільськогосподарських культур (Q_{bar}) побудована для інтеграції даних, накопичених в ході польових експериментів, у сфері динаміки вирощування сільськогосподарських культур під впливом вологості ґрунту і чинників навколишнього середовища. Q_{bar} імітує ріст і врожайність ячменю, вирощеного при оптимальному рівні поживних речовин, в відсутність шкідників, хвороб і бур'янів. Генотипічні змінні були визначені для 4 сортів, часто вирощуваних у північних районах вирощування зернових. Симуляція проводилася з використанням довгострокових метеорологічних даних для генерації імовірнісної врожайності CV [29].

3.2 Моделювання впливу змін клімату на продуктивність ярого ячменю

Для розробки сценарію зміни клімату A2 та A1B з 2011 до 2050 рік використовувалась базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового [16].

Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму у системі "грунт - рослина - атмосфера" і біологічних уявлень про ріст і розвиток сільськогосподарських культур під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси (вуглеводів та азоту) у рослинному покриві.

Основні концептуальні положення такі:

- ріст і розвиток рослин визначається генотипом і чинниками зовнішнього середовища;
- моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу і поглинених елементів мінерального живлення з урахуванням потреб для росту в асимілятах надземної і підземної частин рослин;
- моделюються радіаційний, тепловий і водний режими системи грунт - рослина - атмосфера;
- моделюється трансформація форм азоту в ґрунті та азотне живлення рослин;
- моделюється гідроліз рослинної тканини при старінні рослин і в стресових умовах, а також перетік продуктів гідролізу з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи;
- моделюється вплив агрометеорологічних умов в основні міжфазні періоди сільськогосподарських культур на формування урожаю, втрати урожаю за рахунок посухи, а для зернових колосових культур - полягання посівів і "стікання" зерна [14].

Модель складається з 7 блоків (рис. 3.1):

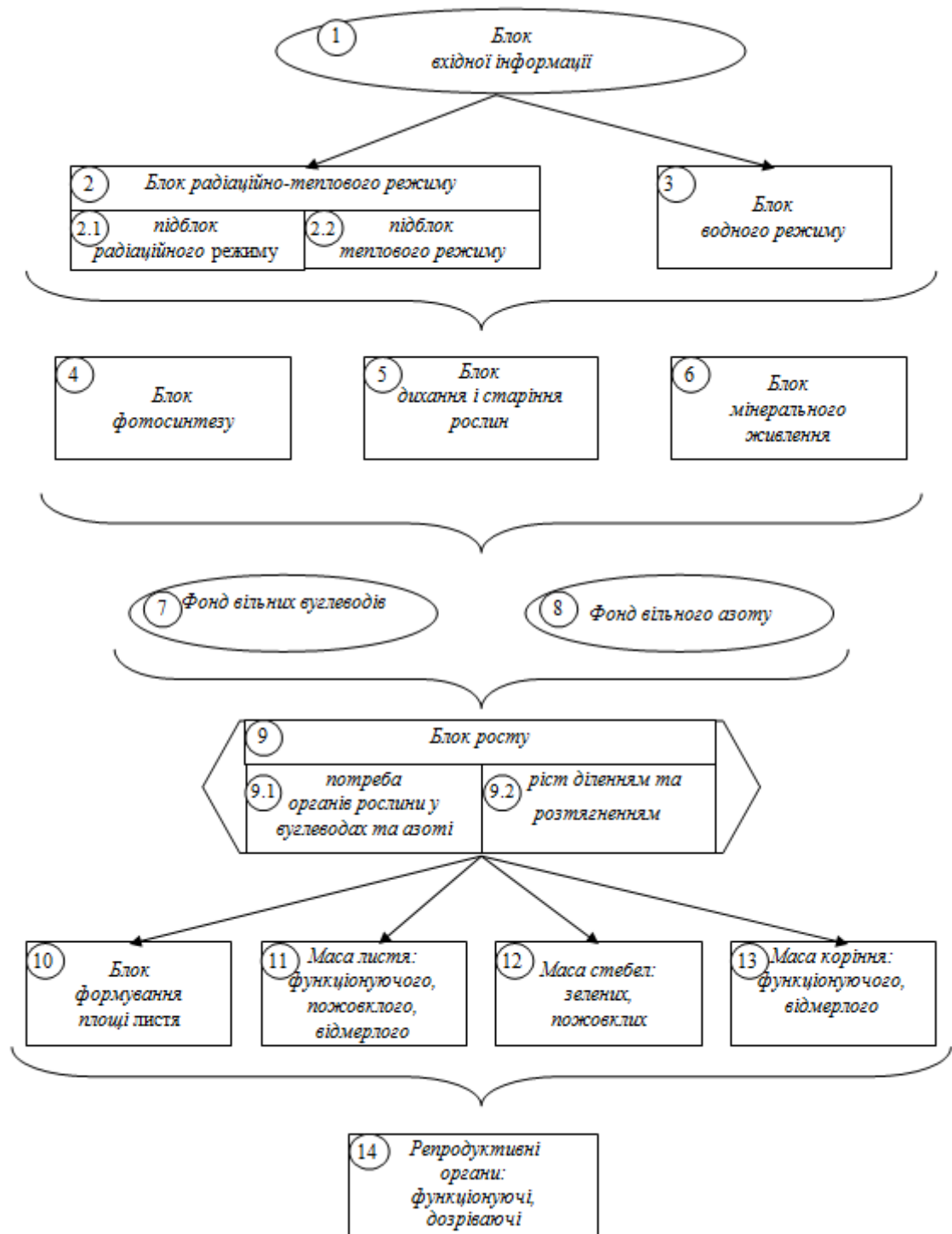


Рисунок 3.1 – Блок-схема базової динамічної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур.

1. Блок вхідної інформації.
2. Блок радіаційно-теплогового режиму рослинного покриву.
3. Блок водного режиму рослинного покриву.
4. Блок фотосинтезу.
5. Блок дихання і старіння рослин.
6. Блок росту (розподіл структуроутворюючих компонентів - вуглеводів і азоту);
7. Блок формування площі листя.

Розглядається, що рослина складається з двох функціонально пов'язаних частин: надземної (*shoot*) і підземної (*root*), які у свою чергу поділяються на окремі органи або їх складові частини. Виділяються: функціонуючі листки (l_{func}), пожовклі листки (l_{yel}), відмерлі листки (l_{mor}), зелені стебла (s_{gr}), пожовклі стебла (s_{yel}), функціонуючі корені (r_{func}), відмерлі корені (r_{mor}), функціонуючі репродуктивні органи (p_{func}), дозріваючі репродуктивні органи (p_{rip}).

Маса m окремих i -х органів та їх окремих частин складається з двох компонентів – маси вуглеводів C і маси азоту N . Моделюється, що під впливом екзогенних і ендогенних чинників у рослині відбувається формування єдиного фонду вільних вуглеводів C_{lab} та єдиного фонду вільного азоту N_{lab} .

У моделі розглядається, що ґрунт має 12 шарів: 0-2см, 2-5 см, 5-10 см, 10-20 см і так далі через 10 см до глибини 100 см.

Моделюються потоки води і азоту у ґрунті, який розглядається одночасно як насичене та ненасичене вологою середовище.

Модель реалізовано в двох варіантах - з добовим кроком в часі та з декадним кроком [14].

3.3 Моделювання радіаційного та теплового режимів рослинного покриву

Радіаційний баланс рослинного покриву можна представити у вигляді суми довгохвильової і короткохвильової радіації

$$R_L = Q_L + F_L, \quad (3.1)$$

$$R_S = Q_S + F_S, \quad (3.2)$$

де R_L і R_S - радіаційний баланс рослинного покриву (РП) і поверхні ґрунту;

Q_L , і Q_S - величини поглиненої короткохвильової радіації РП і поверхні ґрунту;

F_L і F_S - величини балансу довгохвильової радіації РП і поверхні ґрунту.

Величини *поглиненої короткохвильової радіації* рослинного покриву і поверхні ґрунту визначаються за співвідношеннями:

$$Q_L = Q_o (1 - \alpha_{LS}), \quad (3.3)$$

$$Q_S = Q_o a_Q (1 - \alpha_S), \quad (3.4)$$

де Q_o - сумарна короткохвильова радіація над верхньою межею РП;

α_{LS} і α_S - альbedo РП і поверхні ґрунту;

a_Q - функція пропускання сумарної радіації РП.

Альbedo рослинного покриву визначається за формулою

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_o} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_o}) \exp[-L(1 + ctgh_o / \pi)] \quad (3.5)$$

де

$$\alpha_{Lh_o} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sinh_o}.$$

Альbedo поверхні ґрунту визначається в залежності від зволоження ґрунту за допомогою рівняння:

$$\alpha_S^{\max} \quad \text{при } W_{SS} < W_{WP}$$

$$\alpha_S = \alpha_S^{\max} - (\alpha_S^{\max} - \alpha_S^{\min}) \frac{W_{SS} - W_{WP}}{W_{FC} - W_{WP}} \quad \text{при } W_{WP} \leq W_{SS} \leq W_{FC} \quad (3.6)$$

$$\alpha_S^{\min} \quad \text{при } W_{SS} > W_{FC},$$

де α_S - альbedo поверхні ґрунту;

$\alpha_S^{\max}, \alpha_S^{\min}$ - альbedo сухого і досить зволоженого ґрунту;

W_{SS} - вологість поверхневого шару ґрунту;

W_{WP} - вологість стійкого в'янення;

W_{FC} - найменша вологоємність ґрунту.

Функцію пропускання сумарної радіації знаходимо за формулою

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right), \quad (3.7)$$

де c_2, c_3 - емпіричні постійні;

k_s^L - емпірична постійна, що характеризує вплив геометричної структури РП на пропускання сонячної радіації [29].

Величини балансу довгохвильової радіації визначаються за такими формулами:

$$F_L = (F_A + \varepsilon_S \sigma T_S^4 - 2\varepsilon_L \sigma T_L^4)(1 - e^{-kL}), \quad (3.8)$$

$$F_S = F_A e^{-kL} - \varepsilon_S \sigma T_S^4 + \varepsilon_L \sigma T_L^4 (1 - e^{-kL}), \quad (3.9)$$

де F_A - противипромінювання атмосфери

ε_L і ε_S - коефіцієнти сірості листя і ґрунту;

σ - постійна Стефана-Больцмана;

T_L, T_S - температура листя і ґрунту;

k - емпіричний параметр орієнтації листя.

Противипромінювання атмосфери визначається за виразом

$$F_A = \varepsilon_a \sigma T_a^4, \quad (3.10)$$

де T_a - температура повітря;

ε_a - коефіцієнт довгохвильового випромінювання, який може бути визначений за емпіричною формулою

$$\varepsilon_a = 0,398 \cdot 10^{-5} \cdot T_a^{2,148}. \quad (3.11)$$

Потік тепла у ґрунті приймається пропорційним радіаційному балансу поверхні ґрунту

$$B_S = c_{BS} R_S, \quad (3.12)$$

де c_{BS} - емпірична постійна.

Сумарна короткохвильова радіація визначається за формулою

$$Q_o = A_1 \left(\frac{S}{\tau} + S \right)^{A_2} \exp \left(-A_3 \frac{S}{\tau} \right) + A_4 \exp \left[-A_5 \left(-\frac{S}{\tau} \right) \sinh \left(\frac{A_6}{\tau} \right) \right] \quad (3.13)$$

де $A_1 - A_6$ - константи;

τ - тривалість світлого часу доби, від сходу до заходу Сонця.

3.4 Моделювання водного режиму рослинного покриву

Вологоперенесення у ґрунті. Рівняння потоку води в системі ґрунт - корінь розглядається одночасно як для насиченого так і ненасиченого середовища

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{1}{C(\psi)} \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\Theta) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(\psi)}{C(\psi)}, \quad (3.14)$$

де ψ - потенціал тиску ґрунтової вологи;

$$C(\psi) = \frac{d\Theta}{d\psi} \text{ - диференціальна вологоємність;}$$

$K(\Theta)$ - гідравлічна провідність;

Θ - об'ємна вологість;

$S(\psi)$ - поглинання води коренями;

t - час; z - вертикальна координата.

Як початка умова ($t = 0$) задається

$$\psi(z, t=0) = \psi_o(z) \quad (3.15)$$

За граничні умови приймається:

- на нижній межі (z_{so}) потенціал тиску задається як

$$\psi(z = z_{so}, t) = \psi_{so}(t), \quad (3.16)$$

- на рівні ґрунтових вод величини $C(\psi) = 0$ і $\psi(z_{so}, t) = 0$;

- на поверхні ґрунту z_o (верхня межа)

$$P_s - E = -K \Theta \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \quad \text{при } P_s - E < J_{\max}; \quad (3.17)$$

$$\Theta = \Theta_{\max} \quad \text{при } P_s - E \geq J_{\max}$$

де P_s - кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту;

E - випаровування з поверхні ґрунту;

J_{\max} - максимально можлива інтенсивність інфільтрації при вологості ґрунту на його поверхні, дорівнює Θ_{\max} .

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, знаходиться як

$$P_s = P_o - P_L, \quad (3.18)$$

де P_o - кількість опадів, що випали;

P_L - кількість опадів, перехоплених рослинним покривом, яка залежить від величини листкової поверхні

$$P_L = 0,2 L, \quad (3.19)$$

де L - відносна площа листкової поверхні (листяний індекс).

Величина джерельно-стокового члена $S(\psi)$ визначається в залежності від потенціалу тиску і максимальної швидкості поглинання води S_{\max}

$$S(\psi) = \alpha_s(\psi) S_{\max} / f_{\text{depth}}^{\text{root}} \quad (3.20)$$

приймаємо, що

$$S_{\max} = T_r, \quad (3.21)$$

де T_r - транспірація;

$f_{\text{depth}}^{\text{root}}$ - функція розподілу коренів на глибині;

$\alpha_s(\psi)$ - функція впливу водного потенціалу ґрунту на поглинання води кореневою системою.

Транспірація рослинного покриву визначається за формулою Пенмана

$$T_r = \frac{\Delta \left(\frac{R_L}{\lambda} \right)}{\Delta + \gamma_{ef}} + \frac{ET_{pot}}{\Delta + \gamma_{ef}}, \quad (3.22)$$

де Δ - нахил кривої залежності тиску насиченої водяної пари від температури повітря;

γ_{ef} - ефективна психрометрична постійна;

R_L - радіаційний баланс РП;

ET_{pot} - випаровуваність;

λ - прихована теплота пароутворення.

Випаровуваність визначається за допомогою рівняння

$$ET_{pot} = \frac{(e_s - e_a) \rho c_p}{r_a}, \quad (3.23)$$

де e_s - тиск насиченої пари при даній температурі повітря;

e_a - фактичний тиск водяної пари;

ρ - густина повітря;

c_p - теплоємність повітря;

r_a - опір примежового шару.

Ефективна психрометрична постійна знаходиться за формулою

$$\gamma_{ef} = \gamma \frac{r_a + r_{st}}{r_a}, \quad (3.24)$$

де γ - психрометрична постійна;

r_{st} - продиховий (устячковий) опір дифузії водяної пари для листя.

Опір примежового шару визначається за виразом

$$r_a = \frac{\ln \left[(z - d_o) / z_o \right]^{-2}}{\chi^2 u}, \quad (3.25)$$

де d_o - висота шару витіснення;

z_o - висота шару шорсткості;

χ - постійна Кармана;

u - швидкість вітру на висоті z .

Продиховий опір визначається за формулою

$$r_{st} = \frac{1}{g_n + \frac{g_x Q_o}{Q_o + p_r}} \quad (3.26)$$

де g_n, g_x, p_r - емпіричні параметри.

Випаровування з поверхні ґрунту E_S визначається як

$$E_S = \frac{(\Delta R_S) \cdot 1,26}{\Delta + \gamma}. \quad (3.27)$$

Рівень ґрунтових вод визначається за методом Шебеко:

$$H_{gr.w.}^{j+1} = H_{gr.w.}^j + \Delta H_{gr.w.}^j; \quad (3.28)$$

$$\Delta H_{gr.w.} = I_w / k_w \cdot 10 \quad (3.29)$$

або

$$\Delta H_{gr.w.} = -V_p / k_w \cdot 10, \quad (3.30)$$

де

$$I_w = W_n + P_o - ET_{opt} - W_{FC} \quad (3.31)$$

і величина V_p знаходиться як

$$0 \leq W_{PC} - (W_n + P_o - ET) \geq V_p \leq V_{\max},$$

де $H_{gr.w.}$ - рівень ґрунтових вод;

I_w - інфільтрація;

V_p - розрахункове підживлення в зону аерації з ґрунтових вод;

W_n - початковий вміст вологи у ґрунті;

ET - сумарне випаровування;

V_{\max} - максимально можливе підживлення в зону аерації з ґрунтових вод;

k_w - коефіцієнт водовіддачі.

3.5 Моделювання процесів фотосинтезу, дихання та старіння рослин

Фонд вільних вуглеводів рослин на кожному часовому кроці являє собою баланс продуктів фотосинтезу і продуктів розпаду тканин (при стресових умовах або старінні рослин), а також витрат на дихання

$$\frac{dC_{lab}}{dt} = \Phi + C_{hydr} - R, \quad (3.32)$$

де C_{lab} - фонд вільних вуглеводів;

Φ - маса продуктів фотосинтезу;

C_{hydr} - маса вуглеводів, що утворюються при розпаді тканин, які старіють;

R - витрати вуглеводів на дихання рослин.

Процес фотосинтезу листя описується з врахуванням впливу на фотосинтез рівня мінерального живлення, фази розвитку рослин, температурного режиму і вологозабезпеченості рослин

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{1/\Phi_{pot}K_{\Phi}(N_{str}^L) + 1/a_C C_0 + 1/a_{\Phi}\Pi} \min\left\{\alpha_{\Phi}, \Psi_{\Phi}, \frac{ET}{ET_{pot}}\right\}, \quad (3.33)$$

де Φ_{pot} - інтенсивність потенційного фотосинтезу;

a_C - нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу;

C_0 - концентрація CO_2 у повітрі;

a_{Φ} - нахил світлової кривої фотосинтезу;

Π - поглинена рослинним покривом фотосинтетично активна радіація;

α_{Φ} - онтогенетична крива фотосинтезу;

Ψ_{Φ} - температурна крива фотосинтезу;

$K_{\Phi}(N_{str}^L)$ - коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

При стресових умовах і старінні рослин відбуваються процеси розпаду тканин. Ці процеси описуються рівняннями кінетики ферментативного каталізу. При достатньо високій концентрації гідролізуемого субстрату, швидкість розпаду може бути описана рівнянням реакції нульового порядку, а при достатньо низькому - рівнянням реакції першого порядку [20]:

$$\frac{dC_{i\text{hydr}}}{dt} = K_{\text{hydr}}^0 K_{\text{hydr}}(T_a) K_{\text{hydr}}(W) \quad \text{при} \quad C_i \geq C_{\text{icrit}} \quad (3.34)$$

і

$$\frac{dC_{i\text{hydr}}}{dt} = K_{\text{hydr}}^1 K_{\text{hydr}}(T_a) C_i K_{\text{hydr}}(W) \quad \text{при} \quad C_i < C_{\text{icrit}} \quad (3.35)$$

де K_{hydr}^0 - константа швидкості реакції нульового порядку;

K_{hydr}^1 - константа швидкості реакції першого порядку;

$K_{\text{hydr}}(T_a), K_{\text{hydr}}(W)$ - функції впливу температури повітря T_a і вологості ґрунту W на швидкість розпаду;

C_{icrit} - критична кількість вуглеводів, що визначають початок реакції розпаду як реакції першого порядку;

C_i - кількість вуглеводів тканин, які старіють.

Витрати на дихання росту і дихання підтримки моделюються з використанням концепції Мак-Крі і з врахуванням зміни інтенсивності дихання в онтогенезі та під впливом температури повітря

$$\frac{dR}{dt} = \alpha_R \left[C_G \frac{dm}{dt} + C_m m \varphi_R \right] \quad (3.36)$$

де C_G - коефіцієнт витрат на дихання росту;

C_m - коефіцієнт витрат на дихання підтримки;

α_R - онтогенетична крива дихання;

dm/dt - приріст біомаси рослин;

m - маса рослин;

φ_R - температурна крива дихання.

3.6 Моделювання росту рослин

Динаміка біомаси надземної і підземної частин рослин та окремих органів визначається з врахуванням потреб цих частин рослин в асимілятах.

Приріст маси вуглеводів та азоту розподіляється між надземною і підземною частинами рослин за допомогою таких рівнянь:

$$\frac{dmC(N)_{shoot}}{dt} = \left(-\beta_{root}^{mC(N)} \right) \frac{dC(N)_{lab}}{dt}, \quad (3.37)$$

$$\frac{dmC(N)_{root}}{dt} = \beta_{root}^{mC(N)} \frac{dC(N)_{lab}}{dt}, \quad (3.38)$$

де $mC(N)_{shoot}$ і $mC(N)_{root}$ - кількість відповідно вуглеводів і азоту у надземній і підземній частинах рослин;

$\beta_{root}^{mC(N)}$ - функції розподілу вуглеводів і азоту у підземну частину рослин.

Розподіл структуроутворюючих компонентів між надземними органами рослин та їх окремими частинами виконується за допомогою наступної системи рівнянь [29]:

$$\begin{aligned} \frac{dmC(N)_{l_{func}}}{dt} &= \beta_l^{mC(N)} \frac{dmC(N)_{shoot}}{dt} - v^{C(N)} mC(N)_{l_{func}} ; \\ \frac{dmC(N)_{l_{yel}}}{dt} &= \frac{dmC(N)_{l_{func}}}{dt} \frac{1}{K_{st}^{C(N)}} \text{ при } \frac{dmC(N)_{l_{func}}}{dt} < 0 ; \\ \frac{dmC(N)_{s_{gr}}}{dt} &= \beta_{s_{gr}}^{mC(N)} \frac{dmC(N)_{shoot}}{dt} - v_s^{C(N)} mC(N)_{s_{gr}} ; \\ \frac{dmC(N)_{s_{yel}}}{dt} &= \frac{dmC(N)_{s_{gr}}}{dt} \frac{1}{K_{st}^{C(N)}} \text{ при } \frac{dmC(N)_{s_{gr}}}{dt} < 0 ; \\ \frac{dmC(N)_{p_{func}}}{dt} &= \beta_{p_{func}}^{mC(N)} \frac{dmC(N)_{shoot}}{dt} + v_l^{C(N)} mC(N)_{l_{func}} + \\ &+ v_s^{C(N)} mC(N)_{s_{gr}} + v_r^{C(N)} mC(N)_{r_{func}} ; \\ mC(N)_{prip} &= mC(N)_{p_{func}} k_{prip}, \end{aligned} \quad (3.39)$$

де

$mC(N)_{l_{func}}, mC(N)_{l_{yel}}, mC(N)_{s_{gr}}, mC(N)_{s_{gr}}, mC(N)_{s_{yel}}, mC(N)_{p_{func}}, mC(N)_{p_{rip}}$ -

кількість вуглеводів і азоту відповідно у функціонуючих та поживклих листях, зелених та поживклих стеблах, функціонуючих та дозріваючих репродуктивних органах;

$\beta_l^{mC(N)}, \beta_{s_{gr}}^{mC(N)}, \beta_{p_{func}}^{mC(N)}$ - функції розподілу вуглеводів та азоту в ростучі

листя, зелені стебла, функціонуючі репродуктивні органи;

$v^{C(N)}$ - функції перетоку вуглеводів та азоту із листя, стебел та коріння при їх старінні.

Приріст маси окремого i -го органа або окремої його частини знаходиться як сума вуглеводів та азоту, що надійшли в цей орган:

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{dC_i}{dt} + \frac{dN_i}{dt}. \quad (3.40)$$

Приріст стебел у висоту визначається як

$$\frac{dh_s}{dt} = \frac{dm_s}{dt} \frac{1}{\rho_s \pi r_s^2} \frac{1}{N_s}, \quad (3.41)$$

де dh_s/dt -- швидкість росту стебел у висоту;

dm_s/dt - приріст маси стебел;

ρ_s - питома щільність стебел;

r_s - радіус стебел;

N_s - кількість стебел на одну рослину.

При моделюванні *старіння листя* зроблено припущення, що поживкли листя відпадають всі відразу при закінченні вегетаційного періоду:

$$m_{l_{fal}} = m_{l_{yel}} \quad \text{при} \quad t = t_{end}^{gr.s.}, \quad (3.42)$$

де $m_{l_{fal}}$ - маса опалого листя;

$t_{end}^{gr.s.}$ - термін закінчення періоду вегетації рослин.

При моделюванні кореневої системи приймається, що всі вуглеводи та азот, що надійшли у підземну частину рослин направляються у функціонуючі корені:

$$\frac{dmC(N)_{r\ func}}{dt} = \frac{dmC(N)_{root}}{dt}, \quad (3.43)$$

де $mC(N)_{r\ func}$ - кількість вуглеводів та азоту у функціонуючих коренях.

Маса відмерлих коренів знаходиться за співвідношенням

$$m_{r\ mor} = \beta_{r\ mor} m_{r\ funk}, \quad (3.44)$$

де $\beta_{r\ mor}$ - функція відмирання функціонуючих коренів рослин [29].

Ріст коренів у глибину і їхня щільність у ґрунті визначається рівняннями виду:

$$z_r = \frac{d_r m_r}{\rho_r} f_r, \quad (3.45)$$

$$\rho_r = \rho_r^{\max} \left(-e^{-d_\rho z} \right), \quad (3.46)$$

де z_r - нижня межа кореневої системи;

m_r - маса коренів;

ρ_r - щільність коренів у ґрунті;

ρ_r^{\max} - максимальна щільність коренів у ґрунті;

f_r -функція впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на ріст коренів;

d_r, d_ρ - емпіричні параметри.

Приведена вище система рівнянь (3.1) - (3.46) описує формування гідрометеорологічного режиму в системі ґрунт - рослина - атмосфера, основні процеси життєдіяльності рослин, їхній ріст та формування врожаю. Вона записана у загальному вигляді і трансформується в залежності від морфологічних та біологічних особливостей сільськогосподарських культур [17].

4.ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Зернові культури – найважливіша група сільськогосподарських рослин, які дають зерно - основний продукт харчування людини, сировину для багатьох галузей промисловості та корм сільськогосподарським тваринам. Урожайність їх залежить від технології вирощування, клімату, сортів та багатьох інших факторів.

Ярий ячмінь вирощують в Україні як продовольчу, кормову та технічну культуру. Проте за обсягом використання його продукції в народному господарстві він є, насамперед, однією з цінних зернофуражних культур, частка якої в балансі концентрованих кормів є значною. Ячмінь є важливою продовольчою культурою. Із зерна скловидного крупнозернистого дворядного ячменю виробляють перлову та ячмінну крупу, у складі якої міститься 9 – 11 % білка і 82 – 85 % крохмалю. Зерно ячменю також використовують для виробництва пива.

Зважаючи на важливість цієї культури, розглянемо як будуть змінюватись умови розвитку ярого ячменю під впливом змін клімату.

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період з 2015 по 2050 рр. нами розглядалися такі варіанти:

- базовий період (1986 – 2005 рр.)
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм *rsp 45* за період 2015 – 2050 рр.;
- кліматичні умови періоду 2015 – 2050рр.за сценарієм *rsp 45* (кліматична норма + CO₂;
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм *rsp 85* за період 2015 – 2050 рр.;
- кліматичні умови періоду 2015–2050 рр. за сценарієм *rsp 85* при збільшенні CO₂ в атмосфері .

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур:

- модель формування продуктивності агроекосистеми;
- модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO₂ в атмосфері;

Розрахунки виконувались для Миколаївської області.

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності сільськогосподарських культур розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів ярого ячменю в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів розглядалась нами у розрізі Миколаївської області за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату були використані сценарії змін клімату в Україні *rsp 45* та *rsp 85*:

Розглянемо як під впливом змін клімату будуть змінюватись дати настання фаз розвитку ярого ячменю, показники розвитку його по міжфазних періодах, показники фотосинтетичної продуктивності та урожай

Як видно із табл. 4.1 середні багаторічні терміни сівби ярого ячменю в Миколаївській області спостерігались 29 березня.

За умов реалізації сценаріїв змін клімату *rsp 45* та *rsp 85*, терміни сівби ярого ячменю мало відрізнятимуться за сценаріями і змістяться на більш ранні строки в порівнянні з середніми багаторічними. Терміни настання сівби за сценарієм *rsp 45* становитимуть не більше 3 днів, а за сценарієм *rsp 85* – 8 днів.

Відповідно змістяться і строки появи сходів. Сходи ярого ячменю за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалися 14 квітня. За сценаріями зміни клімату *rsp 45* та *rsp 85* відхилення термінів сходів очікуються однакові за обома сценаріями і наставатимуть раніше середніх багаторічних на 4 дні.

Таблиця 4.1 – Фази розвитку ярого ячменю за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*

Період	Посів	Сходи	Колосіння	Воскова стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Миколаївська область					
1986-2005	29.III	14.IV	4.VI	30.VI	93
<i>rsp 45</i>	26.III	18.IV	7.VI	2.VII	98
Різниця	-3	-4	+3	+2	+5
<i>rsp 85</i>	21.III	18.IV	6.VI	3.VII	103
Різниця	-8	-4	+2	+3	+10

Наступні за сходами фази розвитку ярого ячменю колосіння та воскова стиглість за обома сценаріями в Миколаївській області наставатимуть пізніше, ніж в базовий період на 2-3 дні.

В наслідок зміни термінів настання фаз розвитку ярого ячменю зміниться і тривалість його вегетаційного періоду. Вона зросте до 98 днів за сценарієм *rsp 45* та до 103 днів за сценарієм *rsp 85*.

Під впливом змін клімату зміняться агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю (табл. 4.2).

В період від сходів до колосіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями становила 13,8°C в Миколаївській області.

За сценарієм зміни клімату *rsp 45* від сходів до колосіння середня температура буде вищою середніх багаторічних значень на 0,5 °C.

Середня температура повітря за сценарієм зміни клімату *rsp 85* в період сходи – колосіння збільшиться від базового на 0,8°C.

Таблиця 4.2 – Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*

Періоди розрахунку	сходи – колосіння						колосіння – воскова стиглість						Вегетаційний період	
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровування, мм	дефіцит вологості, мм	волого з вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровування, мм	дефіцит вологості, мм	вологозабезпеченість, відн. од	сума опадів, мм	вологозабезпеченість, відн.од
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Миколаївська область														
1986 – 2005	13,8	65	90	155	65	0,78	20,1	55	44	132	88	0,45	120	0,62
<i>rsp 45</i>	14,3	73	95	173	79	0,73	21,8	34	31	111	80	0,38	107	0,59
Різниця	+0,5	+12%	+6%	+12%	+22%	-6%	+1,7	-38%	-30%	-16%	-9%	-16%	-11%	-5%
<i>rsp 85</i>	14,6	85	94	154	61	0,81	20,9	36	34	110	76	0,41	121	0,48
Різниця	+0,8	+31%	+5%	-1%	-6%	+10%	+0,8	-35%	-23%	-17%	-14%	-9%	-0,8%	-23%

Сума опадів в період від сходів до колосіння за середніми багаторічними даними складала 65 мм.

Кількість опадів від сходів до колосіння за сценарієм *rsp 45* збільшиться на 12 %. За сценарієм *rsp 85* сума опадів від сходів до колосіння зросте на 31 % від середніх багаторічних сум.

Сумарне випаровування за сценаріями зміни клімату *rsp 45* та *rsp 85* збільшиться на 6 % та 5% відповідно.

Як показують розрахунки за сценарієм зміни клімату *rsp 45* в період від сходів до колосіння випаровуваність збільшиться в порівнянні з базовим значенням на 12%.

Від сходів до колосіння випаровуваність за сценарієм зміни клімату *rsp 85* буде однаковою як і в базовому періоді (табл. 4.2).

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів ярого ячменю від сівби до колосіння становила 0,78 відн. од. За умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 45* вологозабезпеченість посівів ячменю зменшиться на 6 %.

В період від сівби до колосіння вологозабезпеченість за сценарієм зміни клімату *rsp 85* збільшиться на 10 % в порівнянні з базовим періодом.

Середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями в період від колосіння до воскової стиглості складала 20,1 °С.

В період з 2011 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату *rsp 45* від колосіння до воскової стиглості середня температура складатиме 21,8 °С, що 1,7 % більше базового періоду.

За сценарієм зміни клімату *rsp 85* середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості підвищиться на 0,8 °С.

В період від колосіння до воскової стиглості сума опадів становила в середньому багаторічному 55 мм. За сценаріями зміни клімату *rsp 45* та *rsp 85* сума опадів зменшиться на 38 % та 35 % відповідно.

Сумарне випарування в період від колосіння до воскової стиглості за середніми багаторічними значеннями становило 44 мм в Миколаївській області.

В період від колосіння до воскової стиглості за сценарієм зміни клімату *rsp 45* сумарне випарування зменшиться на 30 %.

За сценарієм зміни клімату *rsp 85* сумарне випарування зменшиться і становитиме до 34 мм, що на 23% нижче середнього багаторічного.

Від колосіння до воскової стиглості випаровуваність за сценарієм зміни клімату *rsp 45* зменшиться на 16 % (табл. 4.2).

Випаровуваність в період від колосіння до воскової стиглості за сценарієм зміни клімату *rsp 85* зменшиться на 23 %.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів ярого ячменю від колосіння до воскової стиглості становила 0,45 відн.од. За умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 45* за період 2015 – 2050 рр. вологозабезпеченість зменшиться до 0,38 відн. од., що на 16 % менше від середньо багаторічного значення.

Вологозабезпеченість в період від колосіння до воскової стиглості за сценарієм зміни клімату *rsp 85* зменшиться на 9 %.

Кількість опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 45* за вегетаційний період зменшиться на 11 %.

За умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 85* сума опадів за вегетаційний період буде близька до середньо багаторічних значень.

Вологозабезпеченість за умов реалізації сценаріїв змін клімату *rsp 45* та *rsp 85* зменшиться на 5 % та 23 % відповідно (табл. 4.2).

Зміни агрокліматичних умов спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю, що обумовить рівень його урожайності. Такими показниками будуть розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай

загальної біомаси посівів та урожай біомаси зерна, коефіцієнт господарської ефективності, який показує долю урожаю господарсько-цінної частини врожаю в загальному врожаї біомаси посівів.

Розглянемо розподіл цих показників у Миколаївській області при зміні кліматичних умов за сценаріями *rsp* 45 та *rsp* 85 в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 4.3).

Динаміка окремих показників фотосинтетичної діяльності наводиться на рис. 4.1 – 4.4.

Як видно із табл. 4.3 та рис. 4.1 *площа листя* в період максимального розвитку в базовий період становила $2,66 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Розрахунки за сценаріями *rsp* 45 по варіанту «клімат» показують, що збільшення площі листя відбудеться за сценарієм *rsp* 45 на 10 %.

Розрахунки за варіантом «клімат + CO₂» вказують на збільшення площі листя в порівнянні із її середнім багаторічним значенням і в порівнянні з варіантом «клімат» в Миколаївській області - на 16 %.

В разі реалізації сценарію *rsp* 85 за варіантом «клімат» розрахунки показують, що відбудеться більш значне збільшення площі листя в порівнянні із середніми багаторічними значеннями та значеннями першого сценарію – на 29%.

Результати розрахунків за варіантом «клімат + CO₂» за цим же сценарієм дають можливість стверджувати, що і в порівнянні з середнім багаторічним значенням і в порівнянні з варіантом «клімат» *площа листя* зросте – на 39 %. (рис 4.1).

За умови реалізації будь-якого із сценаріїв зміни клімату буде очікуватись більш інтенсивне формування площі асимілюючої поверхні в порівнянні з середніми багаторічними даними.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності посівів ячменю є *суха біомаса рослин*. Середні багаторічні величини сухої маси і розрахунки її

Таблиця 4.3 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*

Період	Варіант	Площа листя в період максимального розвитку, м ² /м ²	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м ² дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м ² дек	Суха біомаса, г/м ²	Фотосинтетичний потенціал, м ² /м ²	Урожай, ц/га
Миколаївська область							
1986-2005	Базовий	2,66	89	174	499	114	26
rsp 45	Клімат	2,92	90	188	579	127	29
	Клімат + CO ₂	3,08	91	202	617	133	31
rsp 85	Клімат	3,42	100	296	714	137	36
	Клімат + CO ₂	3,69	102	324	778	150	39

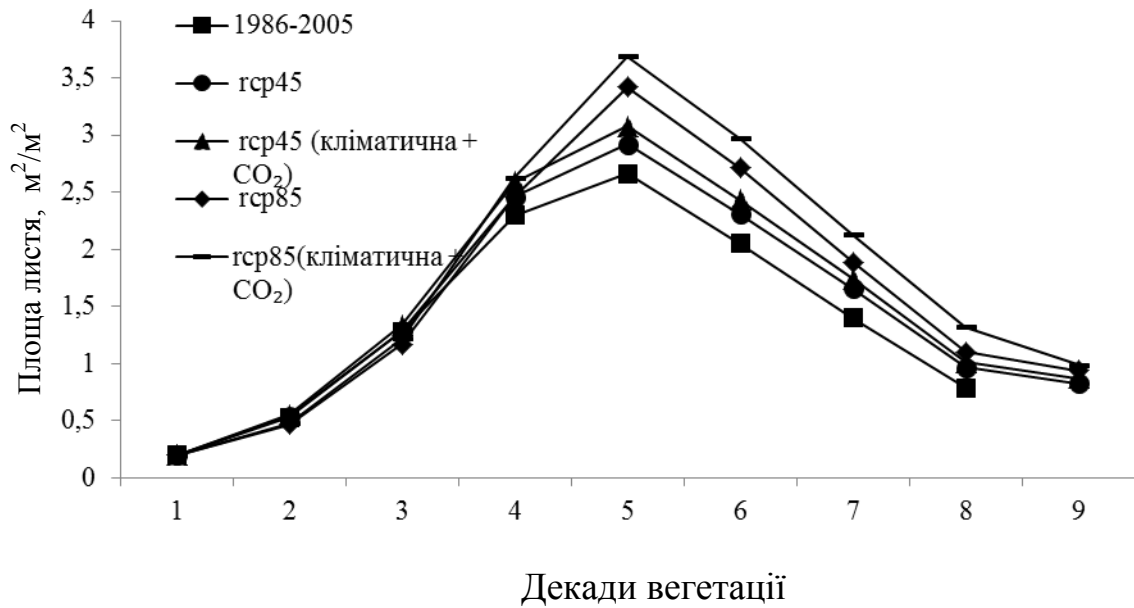


Рисунок 4.1 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Миколаївській області за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *rcp 45* і *rcp 85*.

величин за варіантами наводяться в табл. 4.3, а її динаміка впродовж вегетаційного періоду на рис. 4.2.

В базовий період середні багаторічні значення сухої маси досягли до 499 г/м^2 .

Розрахунки сухої маси за сценаріями *rcp 45* та *rcp 85* показують, що як і площа листя, суха маса збільшується в усіх варіантах, але темпи збільшення різні.

Так, в разі реалізації сценарію *rcp 45* у варіанті «клімат» збільшення буде на 16 %. У розрахунках за цим же сценарієм у варіанті «клімат + CO₂» збільшення сухої маси буде вище в порівнянні як із середньою багаторічною, так і в порівнянні зі значеннями варіанту «клімат» і становитиме 617 г/м^2 , що більше середніх багаторічних значень сухої маси на 24 % (рис. 4.2).

В разі реалізації сценарію *rcp 85* розрахунки за варіантом «клімат» теж показують збільшення сухої маси рослин у порівнянні із середніми багаторічними, а саме на 43 %.

У варіанті «клімат + CO₂» збільшення сухої маси в порівнянні із варіантом «клімат» становитиме на 56 %, що на 13 % вище, ніж у варіанті «клімат».

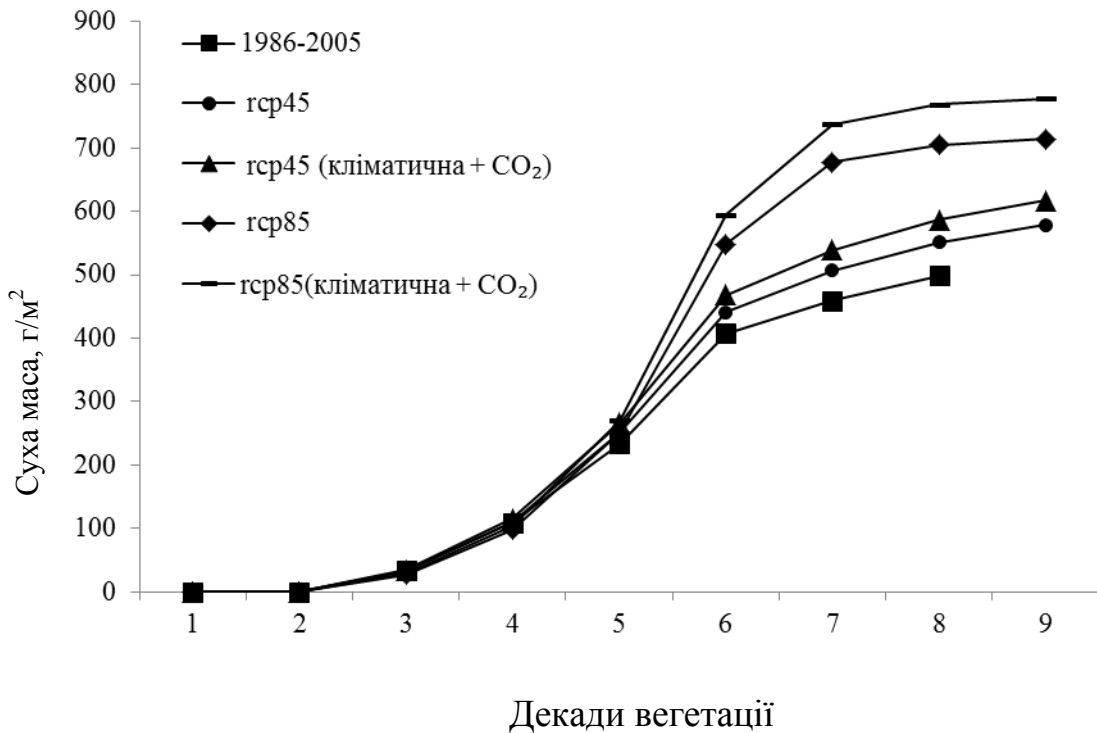


Рисунок 4.2 – Суха маса ярого ячменю в Миколаївській області за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*.

У відповідності із змінами площі листя, сухої маси рослин буде змінюватись і значення *фотосинтетичного потенціалу* (табл. 4.3, рис. 4.3).

Розрахунки за обома сценаріями, що в період з 2015 по 2050 рр. відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність збільшення різна за різними сценаріями і за варіантами.

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу, розрахованого за двома сценаріями *rsp 45* та *rsp 85* до п'ятої декади вегетації співпадає із середніми багаторічними за базовий період в Миколаївській області.

Розглянемо як зміниться фотосинтетичний потенціал до кінця вегетації ярого ячменю в Миколаївській області.

Середні багаторічні значення фотосинтетичного потенціалу складає - $114 \text{ м}^2/\text{м}^2$, але ріст за розрахунками за сценаріями в обох варіантах становитиме за сценарієм *rsp 45* відповідно 11 та 17 % , за сценарієм *rsp 85* – 20 та 32 % відповідно (рис. 4.3).

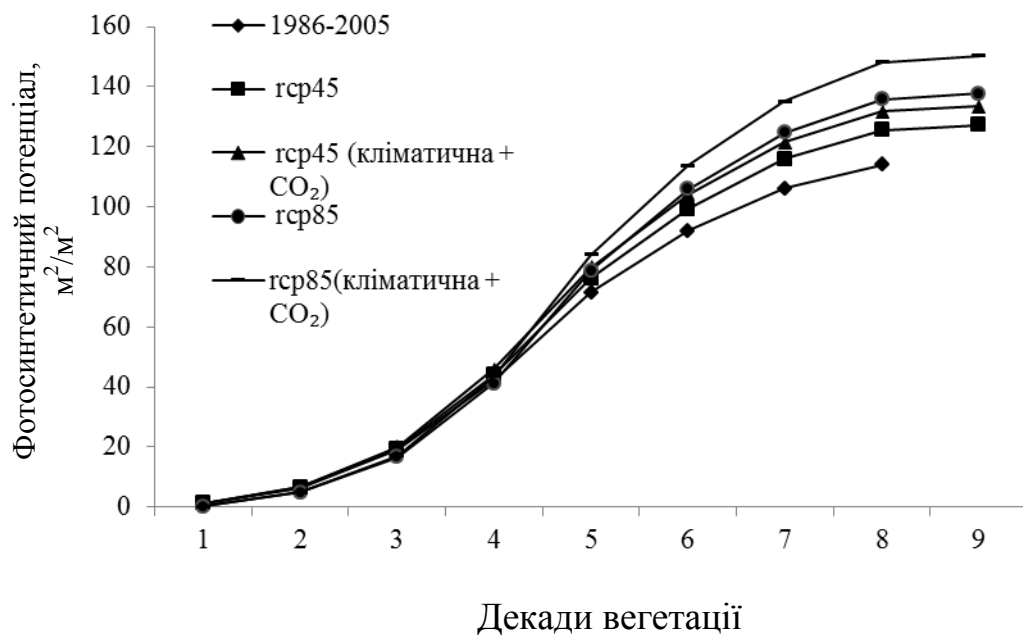


Рисунок 4.3 – Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю в Миколаївській області за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності рослин є чиста продуктивність фотосинтезу. Чиста продуктивності фотосинтезу за середніми багаторічними даними становила $89 \text{ г}/\text{м}^2$.

В Миколаївській області чиста продуктивність фотосинтезу за сценарієм *rsp 45* зросте в обох варіантах до 90 та $91 \text{ г}/\text{м}^2$, що вище середньої багаторічної всього на 2-3 $\text{г}/\text{м}^2$. За сценарієм *rsp 85* вона зростатиме

інтенсивніше, і становитиме відповідно 100 та 102 г/м², що на 11 та 19 г/м² більше, ніж середня багаторічна (рис. 4.4.).

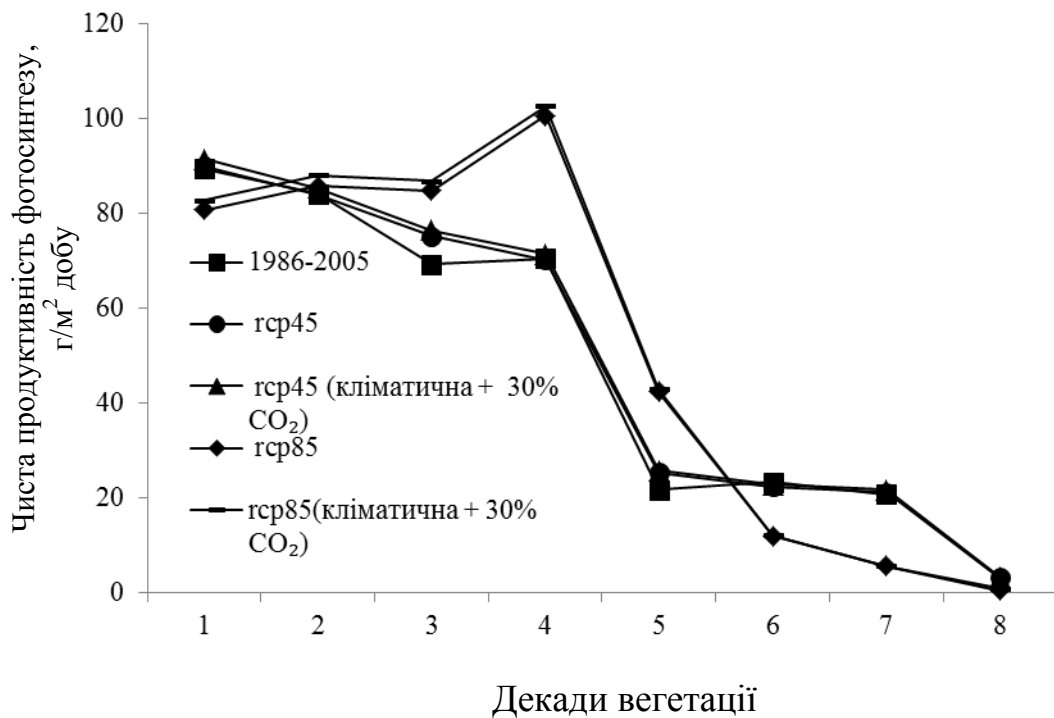


Рисунок 4.4 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Миколаївській області за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *rsp 45* і *rsp 85*.

Збільшення до 2050 р. усіх показників фотосинтетичної продуктивності посівів ярого ячменю спричинить підвищення його врожаїв.

Як видно із табл. 4.3 в базовий період врожаї становили 26 ц/га.

За сценарієм *rsp 45* урожаї збільшаться в обох варіантах відповідно на 12 та 19 % і становитимуть 29 – 31 ц/га. За другим сценарієм в цій області урожаї в обох варіантах зростуть відповідно на 28 та 34 % в порівнянні з середнім багаторічним і становитимуть 38 та 50 ц/га відповідно.

В цілому можна сказати, що за обома сценаріями в Миколаївській області очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності ярого ячменю. Оцінка коливань його

урожайності показала, що при зміні клімату за сценаріями *rsp 45* та *rsp 85* складуться сприятливі умови для вирощування ярого ячменю. При чому за реалізації сценарію *rsp 85* умови будуть сприятливішими, ніж за реалізації сценарію *rsp 45*.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи були отримані наступні основні результати:

1. Вивчено агрокліматичні ресурси Миколаївської області. Розглянуто основні показники ресурсів тепла і вологи.
2. Вивчено біологічні особливості ярого ячменю і його вимоги до факторів зовнішнього середовища.
3. Вивчено сучасний стан моделювання продуктивності ярого ячменю.
4. Аналіз тенденції впливу зміни клімату на темпи розвитку ярого ячменю в Миколаївській області виконано шляхом порівняння показників за базовий період (1986 – 2005 рр.) і розрахованих за кліматичними сценаріями *rsp 45* та *rsp 85*.

В Миколаївській області сівба ярого ячменю за середніми багаторічними даними відбувалась наприкінці третьої (29.III) декади березня.

За умов реалізації сценаріїв змін клімату *rsp 45* та *rsp 85*, терміни сівби ярого ячменю мало відрізнятимуться за сценаріями і змістяться на більш ранні строки в порівнянні з середніми багаторічними. Терміни настання сівби за сценарієм *rsp 45* становитимуть не більше 3 днів, а за сценарієм *rsp 85* – 8 днів.

В наслідок зміни термінів настання фаз розвитку ярого ячменю зміниться і тривалість його вегетаційного періоду. Вона зросте до 98 днів за сценарієм *rsp 45* та до 103 днів за сценарієм *rsp 85*.

В період від сходів до колосіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями становила 13,8°C в Миколаївській області. За сценарієм зміни клімату *rsp 45* від сходів до колосіння середня температура буде вищою середніх багаторічних значень на 0,5 °C. Середня температура повітря за сценарієм зміни клімату *rsp 85* в період сходи – колосіння збільшиться від базового на 0,8°C.

Кількість опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 45* за вегетаційний період зменшиться на 11 %. За умов реалізації сценарію зміни клімату *rsp 85* сума опадів за вегетаційний період буде близька до середньо багаторічних значень.

Вологозабезпеченість за умов реалізації сценаріїв змін клімату *rsp 45* та *rsp 85* зменшиться на 5 % та 23 % відповідно.

5. Для розробки сценарію зміни клімату *rsp 45* та *rsp 85* з 2021 по 2050 рр. використовувалась базова динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового.

Проведено порівняння показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату *rsp 45* та *rsp 85* (2021-2050 рр.). За сценарієм *rsp 85* очікувані умови будуть більш сприятливі для формування фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю і, отже, для формування більш високих врожаїв зерна.

В цілому можна сказати, що за обома сценаріями очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності ярого ячменю в Миколаївській області. Оцінка коливань його урожайності показала, що при зміні клімату за сценаріями *rsp 45* та *rsp 85* складуться сприятливі умови для вирощування ярого ячменю. При чому за реалізації сценарію *rsp 85* умови будуть сприятливішими, ніж за реалізації сценарію *rsp 45*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматический справочник по Николаївській області. – Л.: Гидрометеиздат, 1958.
2. Агрокліматичний довідник по території України. /За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. – Кам'янець-Подільськ: 2011. – 107 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. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. –Одеса.:»ТЕС», 2012.- 635 с.
7. Кулик М. С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 138 с.
8. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений. – ДАН АН СССР, 1966, 171, № 2. – С. 481 – 483.
9. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
- 10.39. Thornley J. H.M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. – London; New York: Acad. Press, 1976, p. 318.
- 11.40. Idso S. B. A holocoenotic analysis of environment-plant relationships. – Agr. Exper. Station Univ. Minn., Tech. Bull. N 264, 1968, p. 1 – 147.
- 12.41. 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.
- 13.42. 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.
14. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем – К.: КНТ, 2007. – 344 с.

15. Полевой А.Н. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений С-3 и С-4 при изменении концентрации CO_2 в атмосфере // В сб. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 2010. – Том XXIII. – С. 297-316.
16. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
17. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
18. Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов // Метеорология и гидрология. – 1971. №5. – С. 84–91.
19. Антоненко В. С. Моделирование влияния агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование урожая озимой пшеницы. // Метеорология, климатология и гидрология, – Одесса, 1998. № 38. – С. 145 – 153.
20. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 2001. – Вып. 43. – С. 128 – 135.
21. Simulating Biomass and Grain Yields of Barley and Oat Crops with the Sirius Wheat Model A. L. Fletcher, R. J. Martin, J. M. de Ruiter, P. D. Jamieson, R. F. Zyskowski Crop Modeling and Decision Support 2009, pp 192-202.
22. PH—Postharvest Technology: Numerical Simulation Static-Bed Drying of Barley N. Mandasa, M. Habteb Biosystems Engineering Volume 82, Issue 3, July 2002, Pages 313–319.
23. Simulation of competition between barley and wild oats under different managements and climates Robert Grant Ecological Modelling Volume 71, Issue 4, February 1994, Pages 269–287.

24. Growth, yield and grain quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) in response to nitrogen uptake R.P. Ellis and B. Marshall *Journal of Experimental Botany* Volume 49, Issue 323Pp. 1049-1057.
25. Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. *Field Crops Research* Volume 133, 11 July 2012, Pages 23–36.
26. Prediction of crop yield in Sweden based on mesoscale meteorological analysis Valentin L Foltescu *Meteorol. Appl.* 7, 313–321 (2000).
27. Using CropSyst Model to Predict Barley Yield under Climate Change Conditions in Egypt Samiha A. Ouda, Fouad A. Khalil, Gamal El Afandi, Mohamed M. Ewis *The African Journal of Plant Science and Biotechnology* ©2010 Global Science Books.
28. Selection of a Barley Yield Model Using Information–Theoretic Criteria. Marie Jasieniuk, Mark L. Taper, Nicole C. Wagner, Robert N. Stougaard, Monica Brelford, and Bruce D. Maxwell* *Weed Science* 56(4):628-636. 2008.
29. Development and use of a barley crop simulation model to evaluate production management strategies in north-eastern Australia P.J. Goynes, H. Meinke, S. P. Milroy, G. L. Hammer and J. M. Hare *Australian Journal of Agricultural Research* 47(7) 997 - 1015 Published: 1996.
30. Воскресенская Е.Н., Зеленько А.А., Полонский А.Б. Эль-Ниньо 1991-1992 г.г. и его проявление в Тропической Атлантике // *Морской гидрофизический журнал.* – 1992. – № 6. – С.28-36.
31. Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике // *Морской гидрофизический журнал.* – 2004. – № 4. – С.19-38.
32. Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б. Североатлантические колебания и их связь с Эль-Ниньо – южными осцилляциями // *Морской гидрофизический журнал.* – 1992. – № 4. – С.23-30.
33. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. /За ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. – Одеса: Екологія. 2011. – 694 с.

34. Польовий А.М., Кульбіда М.І., Трофімова І.Т., Адаменко Т.І. Моделювання впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці в Україні //Український гідрометеорологічний журнал. – 2007.–№ 2.-С.76-91.
35. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. – С-Пб.:Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. – 396 с.
36. <http://leshoz.zp.ua/about/59-fziko-geografchna-harakteristika-sumckoyi-oblast.html> 1
37. <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/279-ref19951106>
38. http://uk.wikipedia.org/wiki/Глобальне_потепління

ДОДАТОК

с БАЗОВА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ
с СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

```

common w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15)
common n,t0,n2,n1,fi
Character*4 a1,a2,a3,a4
real inf
integer t0,dv
kb=1
open (unit=5,file='model1.dat',status='old',form='formatted')
Open (UNIT=6,FILE='RESULT1.dat')
read(5,100)kb
do 30 i=1,kb
  read(*,116) a1,a2,a3,a4
  read(*,100)n,t0,n1,n2,fi
  read(*,102)(tmax(j),j=1,n)
  read(*,102)(w0(j),j=1,n)
  read(*,102)(ts(j),j=1,n)
  read(*,102)(ss(j),j=1,n)
  read(*,115)(dv(j),j=1,n)
  read(*,101)(inf(j),j=1,28)
  write(*,119)
  WRITE(6,234)
  WRITE(6,236)
234 FORMAT(10X, "БАЗОВА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ")
236 FORMAT(10X, " ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ")
  write(*,119)
  write(6,117)
117 format(10x, " ВХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ")

```



```

write(6,118)
write(*,116) a1,a2,a3,a4
write(*,100) n,t0,n1,n2,fi
write(*,102) (tmax(j),j=1,n)
write(*,102) (w0(j),j=1,n)
write(*,102) (ts(j),j=1,n)
write(*,102) (ss(j),j=1,n)
write(*,115) (dv(j),j=1,n)
118 format(1x,72('-'))
write(*,118)
write(*,101)(inf(j),j=1,28)
write(*,119)
119 format(1x,72('='))
write(*,120)
120 format(1x," РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ")
write(*,119)
call dmpp
100 format(4i3,f6.2)
101 format(10f8.3)
102 format(14f5.1)
115 format(24i3)
116 format(4a4)
30 continue
stop
end
subroutine dmpp
dimension llm(15),qm(15),ts1m(15),ts2m(15)
common w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15)
dimension j1m(15),gim(15),flm(15),ksi(15),gamfm(15),blm(15),1
bsm(15),brm(15),bpm(15),aflm(15),arlm(15),tss(150),

```

```

ts11(15)
  real ksi,llm
  real*8 ksifl,top,td
  integer t0,dv,gi,g2,gim
  common n,t0,n1,n2,fi
  real m,ml,ms,mr,mp,ll,ls,lp,mu,ksifp,inf,
j0,jj,mz
  drost(ts2,topt,cc)=(2.3026*(2./topt)*10.**(2.- (2./topt)*ts2)*
* 1000.*cc)/(1.+10.**(2.-(2./topt)*ts2))**2
  ff0l(bk,b,jj)=bk*b*jj/(bk+b*jj)
  j1=1
  gi=0
  ml=inf(1)
  ms=inf(2)
  mr=inf(3)
  mp=inf(4)
  sss=inf(25)
  sss1=inf(26)
  ll=inf(5)
  ts2=0
  j2=0
c  write(*,331)ml,ms,mr,mp
331 format(1x,4f7.3)
  write(*,121)
121 format(' ')
  write(*,122)
122 format(10x,' “ СУХА БІОМАСА ОРГАНІВ, (Г/М2) ”)
  write(*,120)
109 format(4x,'i'dek',1x,'i','cyt',2x,'i',3x,'ml',3x,
'i',3x,'ms',3x,'i',3x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,

```

```
'i',3x,'m',4x,'i')
  write(*,109)
120 format(4x,70('-'))
  write(*,120)
  do 300 j=1,n
    nn=dv(j)
    do 310 i=1,nn
      ts1=ts(j)-inf(27)
      if(ts1.lt.0)ts1=0
      ts2=ts2+ts1
      tss(i+j2)=ts2
310  continue
    j2=j2+dv(j)
    ts11(j)=ts1
300  continue
  do 99 j=1,n
    s1=0
    s2=0
    s3=0
    s4=0
    s5=0
    s6=0
    s7=0
    s8=0
    s9=0
    s10=0
    s11=0
    ts1=ts11(j)
    m=ml+ms+mr+mp
    fm=ml+ms
```

```

c   write(*,334)m

334  format(1x,f10.2)
      nn=dv(j)
      do 400 i=1,nn
444  format(1x,i5,2x,f7.3)
      ts2=tss(gi+1)
c   write(*,444)gi,tss(gi)
      delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-0.196e-2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
*   (t0+gi)**3-0.616)
      a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
      b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
      tz=12+3.8197*acos(-a/b)
      tv=24-tz
      s1=s1-delta
      s2=s2+a
      s3=s3+b
      s4=s4+tz
      s5=s5+tv
C   write(6,335)tv,delta
335  format(1x,2f8.2)
      a1=-100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
      alf=exp(-a1*((ts2-inf(8))/10)**2)
      a1=-100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
      arl=exp(-a1*((ts2-inf(9))/10)**2)
      dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
      dms=drost(ts2,inf(11),inf(22))
      dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
      r1=ts2-inf(14)
      if(r1.lt.0) goto 62

```

```

    dmp=drost(r1,inf(13)-inf(14),inf(24))
    goto 63
62    dmp=0.0
63    s6=s6+alf
        s7=s7+arl
        s8=s8+dml
        s9=s9+dms
        s10=s10+dmr
        s11=s11+dmp
        gi=gi+1
400  continue
    delta=s1/dv(j)
    a=s2/dv(j)
    b=s3/dv(j)
    tz=s4/dv(j)
    tv=s5/dv(j)
    taud=tz-tv
    afl=s6/dv(j)
    arl=s7/dv(j)
    dml=s8/dv(j)
    dms=s9/dv(j)
    dmr=s10/dv(j)
    dmp=s11/dv(j)
    dm=dml+dms+dmr+dmp
c    write(6,336)dml,dms,dmp,dmr,dm
336  format(1x,5f10.3)
    bl=dml/dm
    bs=dms/dm
    br=dmr/dm
    bp=dmp/dm

```

```

    if( n2.eq.1 ) goto 1
    if( n2.eq.2 ) goto 2
    if( n2.eq.3 ) goto 3
    nn1=30-n1+1
    if (gi.le.nn1) goto 7
    if (gi.le.nn1+31) goto 8
    td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
1  nn1=31-n1+1
    if (gi.le.nn1) goto 4
    if (gi.le.nn1+30) goto 5
    if (gi.le.nn1+61) goto 6
    if (gi.le.nn1+91) goto 7
    if (gi.le.nn1+122) goto 8
    td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
2  nn1=30-n1+1
    if (gi.le.nn1 ) goto 5
    if (gi.le.nn1+30) goto 6
    if (gi.le.nn1+61) goto 7
    if (gi.le.nn1+92) goto 8
    td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
3  nn1=31-n1+1
    if (gi.le.nn1 ) goto 6
    if (gi.le.nn1+30) goto 7
    if (gi.le.nn1+61) goto 8
    td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
4  td=tmax(j)-3.

```

```

goto 9
5  td=0.835*tmax(j)-1.365
   goto 9
6  td=0.856*tmax(j)-1.008
   goto 9
7  td=0.891*tmax(j)-1.081
   goto 9
8  td=0.823*tmax(j)+0.559
9  q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
   j0=0.5*q/(taud*60)
   top=inf(28)
   w1=w0(j)/inf(7)
   ksifl=((td+10)/32)**(0.11174*(td-top)/10)*
6   ((36-td)/14)**(0.9041*(td-top)/10)
c   ****uvcvjic
   if( ksifl.gt.1 ) ksifl=1
   if( ksifl.lt.0.1 ) ksifl=0.1
   if(inf(7).le.85)gamf=2.899*exp(-0.9117*w1)-3.64*exp(-2.73*w1)
   if(inf(7).gt.85)gamf=4.200*exp(-0.703*w1)-5.48*exp(-1.648*w1)
   if( gamf.gt.1 ) gamf=1
   if( gamf.lt.0.1 ) gamf=0.1
   jj=j0/(1.+0.5*ll)
   f0l=ff0l(sss,sss1,jj)
   ftl=afl*f0l*ksifl*gamf
   fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1
   dmm=fl-arl*(0.015*m+0.20*fl)
   v1=0.3*m1*ts1/(tss(j2)-2.*inf(10))
   v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-2.*inf(11))
   v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-2.*inf(12))
   if(ts2.lt.2*inf(10)) v1=0

```

```

if(ts2.lt.2*inf(11)) v2=0
if(ts2.lt.2*inf(12)) v3=0
ml=ml+(bl*dmm-v1)*dv(j)
ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)
mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)
c  write(6,337)ml,ms,mp,mr
337 format(1x,4f10.3)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).ge.0) ll=ll+(bl*dmm-v1)*dv(j)/inf(20)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).lt.0) ll=ll+(bl*dmm-v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
if(ll.lt.0) ll=0.001
j1m(j)=j
gim(j)=gi
flm(j)=fl
ksi(j)=ksifl
gamfm(j)=gamf
blm(j)=bl
bsm(j)=bs
brm(j)=br
bpm(j)=bp
aflm(j)=afl
arlm(j)=arl
llm(j)=ll
qm(j)=q
ts1m(j)=ts1
ts2m(j)=ts2
write(*,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,m
139 format(4x,'i',i5,'i',i3,2x,'i',f7.3,1x,'i',1x,f7.3,'i',1x,f7.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
j1=j1+1

```


99 continue

write(*,120)

j1=j-1

write(*,121)

write(*,170)

170 format(10x,'Площа листя, радіація, суми т-р функції впливу')

write(*,140)

write(*,143)

143 format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',2x,'i',2x,'LL',1x,'i',3x,'q',4x,

1'i',2x,'ts1',2x,'i',3x,'ts2',2x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1x

1,'i','gamf','i')

write(*,140)

do 154 ji=1,j1

write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(ji),qm(ji),ts1m(ji),ts2m(ji)

1,flm(ji),ksi(ji),gamfm(ji)

154 continue

151 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',f5.2,

1'i',f8.3,'i',f7.3,'i',f8.3,'i',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5.2,'i')

write(*,121)

write(*,140)

write(*,153)

153 format(15x,'Ростові функції, онтоген.крива фотосинт. I дихання')

write(*,140)

write(*,149)

write(*,140)

149 format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,'CYT',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',13x,'bs',3x,'i',3x,'br',

3x,'i',3x,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3x,

1'arl',3x,'i')

do 141 i5=1,j1

write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blm(i5),

```
1 bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),aflm(i5),arlm(i5)
141 continue
    write(*,140)
150 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',2x,
    1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,
1x,'i',11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i')
140 format(4x,67('-'))
C  CLOSE (UNIT=6)
    return
    end
```