

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

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Оцінка зміни агрокліматичних умов зростання проса у зв'язку зі зміною клімату в Північному Степу України**

Виконав студент 2 курсу групи МЗА-18
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,
(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)

Тутова Станіслава Григорійовича
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.
Данілова Наталія Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Бояринцев Євген Львович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2019 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут гідрометеорологічний
Кафедра агromетеорології та агроекології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Агromетеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агromетеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 28 » жовтня 2019 року

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

Тутову Станіславу Григорійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка зміни агрокліматичних умов зростання проса у зв'язку зі зміною клімату в Північному Степу України
керівник роботи Данілова Наталія Василівна, к.геогр.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 18 » жовтня 2019 року № 235 «С»

2. Строк подання студентом роботи 09 грудня 2019 року
3. Вихідні дані до роботи: Середньо обласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агromетеорологічних станцій Української Гідрометслужби. Дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RASMO2.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Описати фізико-географічне районування та агрокліматичні умови Північного Степу та біологічні особливості культури проса. Провести експерименти з моделлю, дати оцінку впливу агрокліматичних умов формування продуктивності проса в умовах зміни клімату в Північному Степу України.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Декадний хід ФАР проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу. Декадний хід сумарної радіації за добу в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу. Динаміка площі листя проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних

розрахункових даних в Північному Степу. Динаміка фотосинтетичного потенціалу проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу. Динаміки декадних приростів ПУ, ММУ, ДМУ проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу. Динаміка врожайності проса у Дніпропетровській області (а) і відхилень урожайності від тренду в окремі роки.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою магістерської кваліфікаційної роботи. Підготовка першого та другого розділу.	28.10.2019 р. - 04.11.2019 р.	88	4(добре)
2	Підготовка третього розділу. Дослідження впливу агрометеорологічної оцінки умов на формування продуктивності проса.	05.11.2019 р. - 17.11.2019 р.	82	4(добре)
	<i>Рубіжна атестація</i>	18.11.2019 р. - 23.11.2019 р.	85	4(добре)
3	Підготовка четвертого розділу. Оцінка динаміки врожайності проса.	24.11.2019 р. - 01.12.2019 р.	82	4 (добре)
4	Узагальнення отриманих результатів.	02.12.2019 р. - 4.12.2019 р.	85	4(добре)
5	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	5.12.2019 р. - 09.12.2019 р.	88	4 (добре)
6	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.	-	-	-
7	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85,0	

Студент _____
(підпис)

Тутов С.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Данілова Н.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
Тутову Станіславу Григорійовичу
на тему: «Оцінка зміни агрокліматичних умов зростання проса у
зв'язку зі зміною клімату в Північному Степу України»

Зміна клімату може впливати на сільськогосподарські культури різними шляхами. Просо відоме своїми кліматичними властивостями і володіє декількома морфо-фізіологічними, молекулярними і біохімічними характеристиками, які забезпечують кращу стійкість до стресів навколишнього середовища, ніж інші злаки. Оперативне введення в сівозміну проса, здатного витримати періодично посухи, які повторюються, особливо в Степу України, є одним із шляхів, що дозволяють подолати наслідки подібних екстремальних умов. Із-за потепління клімату в Україні складаються гарні умови для вирощування південних культур до яких відноситься просо. Зважаючи на обставини, вирощування проса має бути відновлено шляхом визнання варіантів виробництва в контексті зміни кліматичних сценаріїв України з використанням методів моделювання посівів.

В ході даної роботи розглядається можливий вплив на ріст та розвиток проса, враховуючи сценарій майбутніх кліматичних змін RCP4.5, а також наукові дані середньо багаторічних агрокліматичних показників в Північному Степу України. Дослідження включає оцінку температурного, радіаційного режиму та вологозабезпечення посівів проса. Планується, що урожайність проса підвищиться у сценарних періодах, в порівнянні з середньо багаторічним.

Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг складає 69 сторінок, містить 8 рисунків, 7 таблиць, список використаної літератури складається з 51 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: просо; зміна клімату; кліматичні сценарії; урожайність; температурний режим, агрокліматичні показники.

SUMMARY

for master qualification work

to Stanislav Tutov

on the topic: “Assesment of changes in the agro-climatic conditions of millet growth due to climate change in the Northern Steppe of Ukraine”

Climate change can affect crops in various ways. Millet is known for its climatic properties and has several morpho-physiological, molecular and biochemical characteristics that provide better resistance to environmental stresses than other cereals. The prompt introduction to millet rotation of millet, able to withstand periodically droughts that recur, especially in the Steppes of Ukraine, is one of the ways to overcome the consequences of such extreme conditions. Due to climate warming in Ukraine there are good conditions for growing southern crops, which include millet. Given the circumstances, millet cultivation should be restored by recognizing production options in the context of changing climatic scenarios in Ukraine using crop modeling methods.

In the course of this work, a possible effect on the growth and development of millet is considered, taking into account the scenario of future climatic changes RCP4.5, as well as scientific data on the average long-term agroclimatic indicators in the Northern Steppe of Ukraine. The study includes an assessment of the temperature, radiation regime and moisture supply of millet crops. It is planned that the yield of millet will increase in scenario periods, compared with the long-term average.

The master's work consists of introduction, four chapters, conclusion, list of used literature. The total volume is 69 pages, contains 8 figures, 7 tables, the list of used literature consists of 51 titles.

KEY WORDS: millet climate change; climate scenarios; productivity; temperature regime, agroclimatic indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ	10
1.1 Характеристика природних умов території.....	10
1.2 Агрокліматичні особливості клімату території.....	13
РОЗДІЛ 2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ ПРОСА.....	16
2.1 Коротка ботанічна характеристика проса.....	16
2.2 Вимоги проса до тепла.....	18
2.3 Вимоги проса до світла.....	18
2.4 Вимоги проса до вологи.....	19
2.5 Вимоги проса до ґрунтів та до поживних речовин	20
2.6 Сорти проса.....	22
2.7 Шкідники та хвороби проса.....	26
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ ПРОСА У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ	31
3.1 Сучасний стан моделювання формування продуктивності проса	31
3.2 Оцінка зміни агрокліматичних умов росту проса.....	36
РОЗДІЛ 4 ПРОСТОРОВО-ТИМЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЮ ПРОСА.....	49
4.1. Методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур	49
4.2 Динаміка врожайності проса.....	55
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Актуальність теми. Зміна клімату і особливо підвищення температури навколишнього середовища призведе до зниження врожайності основних зернових культур. Отже, для досягнення наших цілей продовольчої безпеки нам необхідно приділяти особливу увагу використанню та виробництву продовольчих культур, які можуть протистояти триваючим змінам клімату, щоб замінити або стати альтернативою нинішнім основним зерновим культурам, особливо в посушливих і напівпосушливих регіонах по всьому світу, які піддаються більшому ризику відсутності продовольчої безпеки. Просо є однією з таких культур, яка стійка до підвищених температур і здатна рости на ґрунтах низької якості. Крім того, виробництво проса може допомогти пом'якшити зміну клімату, оскільки воно виділяє менше парникових газів, ніж інші зернові культури, і чинить менший вплив на навколишнє середовище, оскільки вимагає невеликої кількості або взагалі не вносять добрив і води при вирощуванні на маргінальних землях. Тому необхідно докласти зусиль, щоб спонукати фермерів вирощувати ці культури і підвищити їх ринкову вартість, особливо в країнах, що розвиваються.

Просо - поширена круп'яна культура в світовому землеробстві. Словом «просо» називають кілька культурних рослин, що відносяться до різних видів і навіть родів сімейства Тонконогі. Крім проса звичайного або посівного, розповсюдженого в Україні, обробляють просо головчате, або італійське (чумиза, могар), просо дрібне (південне), просо африканське та інші форми проса.

У пшоні містяться мінеральні солі калію, натрію, кальцію, магнію, фосфору, цинку, міді, органічні кислоти і вітаміни. Зерно проса в цілому вигляді - неперевершений корм для птиці (1 кг його містить 0,97 корм. од.). У розмолотому вигляді його використовують в якості концентрованого корму при відгодівлі свиней та інших тварин. При роздільному збиранні під час

скошування рослина залишається ще зеленою, в ній міститься багато цукрів і каротину, тому просяна солома перевершує за змістом перетравного протеїну солому всіх зернових злаків (1 кг містить 0,51 корм. Од.).

Мета та задачі дослідження. Робота присвячена оцінці впливу агрокліматичних показників на формування урожайності проса в умовах зміни клімату.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних задач:

- охарактеризувати фізико-географічне районування і агрокліматичні умови Північного Степу;
- вивчити біологічні особливості культури та її вимоги до чинників довкілля, дати характеристику шкідникам, хворобам та сортам проса;
- на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів дати характеристику агрометеорологічних умов формування продуктивності проса в Північному Степу в умовах зміни клімату.

Об'єкт дослідження. Посіви проса в Північному Степу.

Предмет дослідження. Закономірності впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування продуктивності проса, оцінка агрокліматичних ресурсів Північного Степу стосовно до вирощування проса в умовах зміни клімату.

Методи дослідження. Аналіз тенденції виконувався шляхом порівняння різних періодів: базового періоду (1981-2010) та трьох сценарних періодів (2021-2030, 2031-2040 та 2041-2050) за сценарієм RCP4.5, який передбачає стабілізацію викидів парникових газів в атмосферу та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників.

В якості вихідної інформації використовувалися середньо обласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Української Гідрометслужби, дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RACMO2, яка поєднує в

собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (*ECMWF*), і динамічну основу від моделі *HIRLAM*.

В якості теоретичної основи використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що для умов Північного Степу:

- ідентифіковано параметри моделі формування продуктивності проса стосовно ґрунтово-кліматологічних умов України;
- дано комплексну оцінку агрокліматичних ресурсів стосовно до вирощування проса в умовах зміни клімату;
- встановлено закономірності впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність проса в умовах зміни клімату.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

1.1 Характеристика природних умов території

Північно-стєпова фізико-географічна підзона займає майже всю північну і східну частини степової зони. Не відносяться тільки крайні південні території Херсонської, Миколаївської та Запорізької областей, які прилягають до Чорного та Азовського морів.

Однією з типових форм рельєфу Північного Степу є яри.

У північній частині степової зони розташовані південна частина Придніпровської низовини (лівобережжя Дніпра) і розчленовані ярами і балками південні відроги Придніпровської височини (правобережжя Дніпра).

На північному заході в степову зону заходять південні відроги Центральномолдавської і Подільської височини, густо розчленовані глибокими балками. На сході виділяються глибоко розчленовані річковими долинами Донецька і Приазовська височини.

У степовій зоні рівнинної частини України найбільші теплові ресурси, найдовший вегетаційний період, найменша зволоженість.

Середня температура січня від 2 до 9 градусів нижче нуля, липня +20 - +24 °С. Безморозний період триває 220 днів на заході зони, 150 - на північному сході, вегетаційний період (час для росту рослин) триває 210-245 днів. Річна сума опадів змінюється від 450 мм на півночі зони до 350-300 мм в Причорномор'ї. Максимум опадів випадає в першій половині літа. Разом з тим часті весняно-літні посухи, особливо на південному сході зони. Сніговий покрив нестійкий, взимку звичайні відлиги [1, 2].

У степовій зоні особливості переважаючих повітряних мас зумовлюють меншу кількість опадів, ніж в лісостепу, що в поєднанні з високою

випаровуваністю створює значний дефіцит вологи. Тому степові річки маловодні, особливо влітку.

Річкова мережа сформувалася в умовах недостатнього зволоження, тому її щільність незначна. Стік формується в основному за рахунок талих снігових вод (до 80%). Степові річки характеризуються короткочасною і високою весняною повінню. Рівні річок можуть різко змінюватися влітку під час злив. Великі річки мають мало приток.

Тут протікають великі транзитні річки - Дніпро і Південний Буг. Високою мінералізацією відрізняються місцеві річкові і ґрунтові води. Зміст солей в них сильно змінюється, іноді досягає 50 г/л.

Серед ґрунтів переважають звичайні чорноземи, що займають близько 90% площі зони.

В індустріально розвиненому Північному Степу функціонують природоохоронні території, в тому числі і території високого рівня заповідники.

У крайній східній частині Луганської області в 1968 р створено Луганський природний заповідник (1,6 тис.га) У складі трьох територіально відокремлених філій - Станично-Луганський, Стрілецький Степ і Луганський Степ.

Станично-Луганський філіал заповідника розташований на сході центральної частини області (в Станично-Луганському районі). Тут охороняють заплавні і байрачні ліси з переважанням дубів. Важливе значення має вивчення та охорона трав'яної рослинності.

У північно-східній частині центральної прикордонній території Луганщини (Крейдовий район) розташований невеликий за площею філія Стрілецький Степ, де досліджуються і охороняються масив ковилового степу, велика колонія бабака європейського та ін.

На південному сході області (Свердловський район) знаходиться філія Луганського Степу. Тут охороняються унікальні біоценози цілинного ковилового степу і байрачні ліси.

У 1961 р три окремі невеликі заповідники, розташовані в східних регіонах України, були об'єднані в Український степовий заповідник (2,8 тис.га). До його складу як філії увійшли заповідники: Хомутовський Степ, Кам'яні Могили і Михайлівська Цілина. У 1988 році був створена ще одна філія заповідника - Крейдова Флора.

Хомутовський Степ (Новоазовський район Донецької області), створений в 1926 році як заповідник місцевого значення. Він знаходиться в крайній північно-східній частині Приазовської низовини. Тут охороняються біоценози сухого степу, зокрема їх типові північно-східні скасування. Поблизу Хомутовського Степу розташована філія Кам'яні Могили, де вивчається і охороняються флора і фауна природно-географічних комплексів. Філія Михайлівська Цілина знаходиться в лісостеповій зоні.

Крейдова Флора - найбільша з числа філій. Розташована в північно-східній частині Донецької області. Тут добре представлені рослини і тварини різних регіонів Степу. Фауна заповідника типова для різних природно-географічних регіонів степової зони України.

У північній придніпровській частині Дніпропетровської області на кордоні з Полтавщиною в 1990 р. організовано Дніпровсько-Орільський природний заповідник (3,8 тис.га). Тут охороняються і досліджуються рідкісні види флори і фауни в умовах великого забруднення навколишнього середовища [2].

На мальовничих схилах Донецького кряжа і лівобережній рівнинній долині Сіверського Донця організовано в 1997 р. національний природний парк Святі Гори (Слов'янський і Червонолиманський райони Донецької обл.). Площа парку становить 40 тис.га. У ньому охороняються дубово-соснові ліси на правих високих берегах Сіверського Донця та трав'яна степова рослинність на низинному правобережжі. Тут є унікальні рекреаційні ресурси.

1.2 Агрокліматичні особливості клімату території

Опади. Їх розподіл за порами року і території Північної степу відрізняється великою нерівномірністю: середні річні суми становлять від 475 мм на границі з лісостепом до 300 мм на крайньому півдні. У теплу пору року (квітень-жовтень) опадів в середньому 330-350 мм.

Температура повітря нижче нуля, з чим пов'язаний початок зимового періоду, настає в Північному Степу в третій декаді листопада. У найхолоднішому місяці (січні) середньомісячна температура коливається від 8 до 2 °С нижче нуля, а мінімальна (мінус 35-42 °С) буває раз в 50-60 років. Разом з тим зима характеризується частими відлигами з підвищенням температури до 5 - 15 °С.

Весна починається 22-26 березня. Початок вегетаційного періоду відноситься до часу, коли середньодобова температура повітря встановиться вище 5 °С і відповідає календарним термінам до 10-15 квітня. Тривалість вегетації рослин коливається від 200 до 240 днів.

Літній період характеризується високими температурами без значних відмінностей їх по території зони. У самому теплом місяці року (липні) середня температура становить 21-23 °С, максимальна досягає 39-41 °С. Закінчується літо в центральній частині в середині вересня, на півдні - в кінці вересня - початку жовтня. Тривалість літа 120-150 днів. Суми температур вище 5 °С - 3200-3800 °С, вище 10 °С - 2800-3400 °С і вище 15 °С - 2400-2800 °С. Безморозний період дорівнює 160-220 дням.

Відносна вологість повітря. Північний Степ відноситься до районів з найменшою вологістю повітря влітку. У північних районах Дніпропетровської та Кіровоградської областей можуть бути періоди без дощів 55-60, а південніше - 90-94 дні. Це зазвичай призводить до ґрунтової посухи. Імовірність її на півдні - раз на два роки, на півночі - раз в п'ять-шість років. Для літнього періоду степової зони характерні суховії - від 15 до 24, пилові бурі - від 9 до 12 днів на рік.

Сонячна радіація помітно впливає на хімічний склад рослин. При достатньому освітленні рослини і посіви формують високу врожайність хорошої якості. Так, зерно сільськогосподарських культур містить більше білка, клейковини, мінеральних речовин, вітамінів. Вміст цукру в коренеплодах і плодах овочевих, баштанних культур зростає зі збільшенням кількості сонячних днів протягом вегетаційного періоду.

Однією з важливих характеристик радіаційного режиму є тривалість сонячного саява. У Північному Степу мінімальні значення тривалості сонячного саява складають до 35-45 год (15-20% можливої), а в південному збільшуються до 45-60 год (19-25% можливої).

У житті сільськогосподарських культур важливу роль відіграє сонячна радіація і для умов зони Степу вона має свої особливості [1, 3].

У річному ході найбільше зростання сумарної радіації спостерігається від зими до весни. У березні сумарна радіація збільшується в порівнянні з лютим від 44-48%. Істотні зменшення її (на 35-45%) спостерігається з жовтня по листопад і обумовлено зменшенням прямої радіації. Добові суми сумарної радіації більше, ніж при хмарності: в грудні в 2,0-2,7 рази, в червні - в 1,2-1,4 рази. Добові суми збільшуються з грудня по червень в 5-7 разів.

У сільському господарстві використовують ряд науково обґрунтованих агротехнічних заходів з регулювання, збільшення або зменшення кількості сонячної радіації, одержуваної окремою рослиною. Серед них поширені: проріджування посівів, зменшення або збільшення норми висіву, напрямки сівби, сумісні посіви, екранізація рослин захисною плівкою, додаткове штучне освітлення і т.п.

Рослинні ценози - це складна оптична система, яка здатна перерозподіляти потік сонячної енергії. Основним фактором, від якого залежить поглинання і пропускання ФАР, є відношення площі листової поверхні до площі поля. Встановлено, що найбільше ФАР поглинається, коли площа листової поверхні перевищує площу поля в 4 рази і більше, тобто коли вона становить не менше 40 тис. м² на 1 га.

Поглинання ФАР залежить від густоти стояння рослин в посівах. Для кожної культури вона різна. Оптимальна густота стояння для озимої пшениці становить 3-3,5 млн. шт/га, ярих зернових 3,5-4, кукурудзи на зерно 45-55, цукрових буряків 80-100, картоплі - не менше 50-60 тис. шт/га.

У збільшенні поглинання сонячної радіації важливе значення має спосіб сівби. Для рівномірного використання сонячного світла застосовують сучасні способи сівби: пунктирні, смугові, перехресні. Зернові хліба не можна висівати дуже густо, щоб рослини не затінювали одного. Льон, навпаки, висівають густо, щоб стебла були тонкі, з кращою якістю волокна. При вирощуванні просапних культур важливе значення має своєчасне проріджування рослин, якщо з цим запізнитися, то рослини від нестачі світла "стікають". Для поліпшення світлового режиму необхідно своєчасно знищувати бур'яни, оскільки вони забирають у культурних рослин, крім поживних речовин і води, багато світла.

У першому розділі розглянуто характеристику природних умов і агрокліматичні особливості клімату в Північному Степу.

РОЗДІЛ 2

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ ПРОСА

2.1 Коротка ботанічна характеристика проса

Просо звичайне (*Panicum miliaceum* L.) - однорічна рослина. Розрізняють п'ять його підвидів:

1. Розкидисте, або рідкорозлоге (*Patentissimum* Popov) - вісь волоті пряма і довга, а гілки сильно відхилені від осі, подушечки знаходяться біля основи всіх гілок;

2. Розлоге (*Effusum* A1.) - вісь волоті пряма і довга, але бічні гілки менше відхилені від осі, подушечки зустрічаються тільки у нижніх гілок;

3. Стиснуте або поникле (*Contractum* A1.) - вісь довга, вигнута, всі бічні гілки притиснуті до головного стрижня, подушечок немає або вони слабо виражені;

4. Овальне (*Ovatum* Popov) - волоть укорочена, щільна, нижні гілки відхилені, а верхні притиснуті до осі, подушечки є лише у нижніх гілок;

5. Комове (кім'ясте), або компактне (*Comractum* Korn.) - волоть найбільш коротка, пряма, щільна, з сильно притиснутими до головної осі короткими бічними гілками, подушечки відсутні.

Підвиди проса відрізняються не тільки морфологією, а й біологічними властивостями. Овальне і Комове просо характеризується теплолюбністю і посухостійкістю, його обробляють на південному сході країни, а просо розкидисте та розлоге відноситься до північних екотипів, райони обробітку сортів цих підвидів досягають Нечорноземної зони [4, 5].

Коренева система мичкувата. Зернівка проростає одним первинним корінцем. При пересиханні верхнього шару ґрунту вузлові корені не утворюються і рослини розвиваються на зародкових коренях. При нормальній вологості ґрунту з нижніх підземних вузлів з'являється безліч

додаткових коренів. Утворення цих коренів починається після утворення 2-го листа, через 15...20 днів вони досягають глибини понад 40 см і формують мичкувату кореневу систему. Період найбільш активного розвитку кореневої системи збігається з другою половиною кущіння і початком викидання волотті. Коріння проса поширюються в сторону до 1,1 м і проникають на глибину до 1 м і більше, але основна маса коренів (80%) розміщується в шарі 0...40 см. Просо утворює і повітряні корені, що підвищують стійкість до вилягання та посухи.

Стебло проса просте або гіллясте, майже циліндричне, всередині порожнє, з невеликим поздовжнім жолобком, зверненим до листа, сильно-або слабо опушене. Висота досягає 1 м, але може значно змінюватися в залежності від кліматичних факторів і умов живлення. Число між вузлів коливається від 2 до 10. При рядовому посіві просо формує 2...3 стебла з волоттю, інші стебла частіше непродуктивні. При необмеженій площі живлення просо може розвивати до 20 стебел.

Листя проса сильно або середньо опушені, язичок короткий, війчастий, вушка відсутні. Листова пластинка лінійно-ланцетної форми, по краях гостра, широка (1...4 см), з сильно вираженою центральною жилкою. Забарвлення листа зелене, різних відтінків, а у деяких різновидів з антоціаном. У листа проса краще розвинені судинно-волокнисті пучки, паренхіма, склеренхіма, хлорофілоносні тканини в порівнянні з іншими зерновими культурами. Устячка дрібні, рідкісні, завдяки чому рослина економно витрачає вологу.

Суцвіття - волоть, завдовжки 10...50 см, без опушення, зелене або світло-жовте, з антоціаном або без нього. Головна вісь суцвіття пряма або вигнута з 10...40 гілочками. Кожна гілка, що відходить від осі, несе на собі гілки 2...5-го порядків. Колоски розміщені по одному на кінці кожної гілочки. У колоску частіше дві квітки, з яких нижня недорозвинена. Нормально розвинений колосок має три колоскові луски. Колоски верхньої

частини суцвіття розвинені краще, колоски нижньої частини волоті, що сформувалися пізніше, часто недорозвинені.

Плід – плівчата зернівка. Плівки, утворені квітковими лусками, що не приростають до зерна. Плівчастість сучасних сортів становить 16...18%. Форма зернівки округла, овально-округла або овально-подовжена. Забарвлення біле, світло-жовте, жовто-буре, червоне, сіре, кремове, коричневе. Маса 1000 насінин 5...10 м.

2.2 Вимоги проса до тепла

Просо, яке належить до хлібів другої групи, високо вибагливе до тепла. Насіння проса починають проростати при температурі не нижче ніж 6-8 °С, але дружнє проростання спостерігається при прогріванні ґрунту до 15-16 °С. Якщо в період проростання температура знижується до 8-9 °С, сходи з'являться тільки на 15-18 день. Сходи проса витримують незначні заморозки до 2 °С., А при мінус 3,5 °С більша частина гине або сильно пошкоджується. Дуже шкідливо на просо впливає тривала одночасна дія низьких позитивних температур (6-10 °С) і хмарна погода. У проса при цьому різко знижується фотосинтез, що може стати причиною загибелі [4].

Сума ефективних температур для ранньостиглих сортів проса становить близько 1500 °С, середньо стиглих - понад 1600 °С, а в прохолодні і вологі роки - понад 2000 °С.

2.3 Вимоги проса до світла

Просо – самозапилююча світлолюбна рослина короткого дня. Вегетаційний період його 60-120 днів. Середня продуктивна кущистість 2-3 стебла, при широкорядному посіві до 7-10 стебел і більше. У перші 2-3 тижні після сходів просо повільно зростає і погано протистоїть бур'янам. Кушіння і відростання вузлових коренів при несприятливих умовах розтягуються.

Рослини при цьому часто вилягає, може статися видування і обрив коренів. Цю особливість враховують в системі обробки ґрунту і при посіві. Інтенсивному кущінню і відростанню вузлових коренів сприяє хороший запас вологи у верхньому шарі ґрунту і засвоюваних поживних речовин, нормальні терміни і глибина посіву, чистота поля від бур'янів [5, 6].

Так як просо рослина короткого дня, то при знижених температурах сповільнюється проходження генеративної стадії. Рослини, захоплені осінніми заморозками, формують щупле зерно. Недостатня інтенсивність освітлення під час цвітіння викликає безпліддя колосків. При дощовій прохолодній погоді білка в зерні накопичується менше (до 11%).

2.4 Вимоги проса до вологи

Біологічні особливості проса по відношенню до вологи проявляються в тому, що просо краще за інших злакових культур витримує ґрунтову й повітряну посуху. Просо відзначається високою жаростійкістю. Параліч продихів у проса спостерігається при температурі 38 - 40 °С лише через 49 годин, тоді як у ячменю - через 25 - 35 годин, ярої пшениці - 17 годин а у вівса вони паралізуються вже через 5-7 годин. Просо економно витрачає вологу. Для проростання насіння проса достатньо всього 25-30% води від його маси. Просо здатне формувати вузлові корені при мінімальній вологості ґрунту.

Все ж ріст кореневої системи і надземної маси при тривалій посузі (1-1,5 місяці) гальмується, суцвіття формується невеликим, часто буває безплідним. Тому для проса так само необхідна достатня кількість вологи в ґрунті, особливо в період формування генеративних органів – приблизно за декаду до викидання волоті [4, 5].

У проса рідко спостерігається запал зерна, його коренева система добре забезпечує суцвіття водою навіть тоді, коли в ґрунті кількість вологи наближається до мертвого запасу. Транспіраційний коефіцієнт проса низький

(130-280). Слід, однак, враховувати, що просо, відрізняючись високою посухостійкістю, інтенсивно підвищує свою продуктивність при зрошенні.

Максимум споживання вологи припадає на період від початку виходу в трубку до кінця викидання і утворення зерна (критичний період).

2.5 Вимоги проса до ґрунтів та до поживних речовин

До ґрунту просо не надто вимогливе, вдається на найрізноманітніших ґрунтах - від легких супісків до важких суглинків, але найбільшій врожаї дає на пухких, багатих органічними речовинами родючих чорноземах і каштанових ґрунтах.

Просо добре вдається на родючих структурних ґрунтах, з великим запасом легкозасвоюваних поживних речовин.

У початковий період розвитку просо особливо має потребу у фосфорі, до фази кущіння - в азоті. Найбільш інтенсивно рослини використовують поживні речовини в період кущіння - цвітіння, коли посилено розвивається вегетативна маса і формується волоть. Тому недолік основних елементів живлення в цей час призводить до зниження врожаю зерна. За даний період рослини споживають 70% азоту, 60% фосфору і практично весь калій. Крім основних елементів просо має потребу у мікроелементах, що підвищують активність ферментів і беруть участь в біохімічних процесах [7, 8].

Коренева система проса відзначається недостатньою здатністю засвоювати поживні речовини, тому просо краще росте на ґрунтах, добре забезпечених легкодоступними сполуками поживних речовин. Кращими ґрунтами для проса є чорноземи і каштанові, причому при сухій погоді більше урожай проса отримують при вирощуванні на ґрунтах середнього і важкого механічного складу, за умов достатнього зволоження - на легких ґрунтах.

Просо належить до солевитривалих культур, не витримує кислих ґрунтів і найкраще росте при нейтральній реакції ґрунтового розчину (рН 6,5-7,5).

На початку вегетації у проса спостерігається повільне зростання через те, що просо часто пригнічується бур'янами. При окремих посівах, просо здатне утворювати на одну рослину від 50-100 до 200 пагонів, до 20 г зерна, близько 3000 зерен [9, 10]. Просо є факультативною самозапилюючою рослиною короткого світлового дня. Вегетаційний період залежно від сорту і умов вирощування становить від 70-90 у скоростиглих сортів, до 155-120 днів в пізньостиглих.

На початку розвитку просо особливо чутливе до нестачі азоту та до кушіння найбільше споживає його (7-8 % загальної потреби) та у зворотньому порядку – калію, кальцію, фосфору. Найбільш інтенсивно рослини використовують поживні речовини в період кушіння – цвітіння. У цей час посилено розростається вегетативна маса та формується волоть, тому достатня забезпеченість проса саме в цих фазах азотом, фосфором і калієм – одне з найважливіших умов формування його високої продуктивності [11, 12, 13].

Фосфорні та калійні добрива вносять восени під оранку або зерновими сівалками на глибину 3-4 см до обробітку ґрунту плоскорізами, азотні повною розрахунковою нормою – під передпосівну культивуацію. У рядки з насінням під час сівби необхідно внести гранульовані фосфорні добрива в дозі 10-15 кг/га. Просо – одна з найбільш чутливих культур на цей спосіб внесення добрив. Від застосування рядкового добрива врожай проса стійко підвищується на 2,0-2,6 ц/га, кожен кілограм фосфору оплачується 16-19 кг додаткового зерна.

2.6 Сорти проса

Виведення і впровадження у виробництво нових більш продуктивних комплексно-цінних сортів проса є одним з високоефективних і економічно найбільш вигідних шляхів подальшої інтенсифікації сільського господарства, підвищення врожайності, боротьби з хворобами і шкідниками, а також поліпшення якості продукції.

Сільськогосподарському виробництву потрібні нові, більш врожайні, пластичні сорти, здатні максимально використовувати кліматичні і ґрунтові умови зростання і протистояти крайнім відхиленням метеорологічних факторів. Необхідні сорти, що поєднують високу продуктивність, посухостійкість, холодостійкість, стійкість до вилягання, осипання зерна, ураження сажкою і меланозом, запалу та захопленню зерна, дружність викидання волоті, різну скоростиглість, високі технологічні показники якості зерна (крупність, висока вирівняність, високий вихід крупи), високі споживчі переваги крупи (скло видимість пшона, високий вміст каротиноїдів, яскраво-жовтий колір ядра, високі смакові якості каші), підвищений вміст білка в зерні, легко-засвоюваних його фракцій і незамінних амінокислот, придатність до механізованого збирання [14, 15].

В Україні вирощують сорти проса, які належать в основному до підвидів із розлогою або стиснутою волоттю.

Для території України районовані такі сорти проса.

Сорт Харківське 57. Виведений методом хімічного мутагенезу в результаті обробки насіння 0,025%-ним розчином N-нітрозометілмочевини форми гібридного походження від схрещування сортів Веселоподільського 403 і Харківське 25. Різновид - ауреум. Відноситься до лісостепової еколого-географічної групи. Волоть велика, стисла, добре озерненість, неламка, подовжена. Зерно золотисто-жовтого кольору, овально-подовжене, досить велике, добре вирівняне. Сорт середньо пізньостиглий, викидання волотті та дозрівання проходить дружно. Посухостійкість вище середньої, стійкий до

осипання зерна. Сорт відрізняється високими технологічними якостями зерна і споживчими перевагами крупи. Плівчастість зерна 14-16%, вихід крупи - 78-80%. Пшоно яскраво-жовте, склоподібне. Каша яскраво-жовта і жовта, розсипчаста, з високими смаковими якостями. За високі споживчі переваги крупи віднесений до цінних сортів за якістю. Сорт на інфекційному фоні уражається сажкою середньо (від 12,9 до 36,6%), ураження зерна меланозом (підплівкова поразку ядра) слабке і коливається в межах 0,3-0,8%. Сорт має стабільної високою врожайністю. На сортодільницях України середня врожайність 35-45 ц / га, перевищує стандарти на 2,0-6,5 ц/га. Найвищий урожай в Харківській області отриманий в 1985 році на Куп'янській сортодільниці - 50,6 ц / га, в Одеській області в 1984 році на Ізмаїльській сортодільниці - 60,1 ц / га. Сорт Харківське 57 ефективно використовує підвищений агрофон кращих попередників і підвищені дози мінеральних добрив. Відноситься до сортів інтенсивного типу. Внесений до Реєстру сортів рослин України.

Сорт проса Харківське 31. Виведений методом багаторазового індивідуального добору на інфекційному фоні з мутантної форми, отриманої шляхом обробки насіння гібридної комбінації (Миронівське 51 х імунно 366) 0,08% розчином Нем в поєднанні з ПАБК 0,05%. Внесений до Реєстру сортів рослин України з Лісостепу і Степу з 1996 року. Різновид - ауреум. Сорт відноситься до лісостепової еколого-географічної групи. Волоть велика, стисла, добре озерненість, неламка, середньо рихла, подовжена (довжина волоті коливається від 28 до 35 см), світло-жовта без антоціанового забарвлення. Зерно золотисто-жовтого кольору, овально-подовжене, досить велике. Кущ прямостоячий, стебло міцний, стійкий до вилягання. Сорт середньо пізньостиглий (вегетаційний період коливається 90-105 днів), викидання волоті і дозрівання проходить дружно. Посухостійкість вища середньої, стійкий до осипання зерна. Поразка зерна меланозом слабка (0,5 - 1,0%). Сорт відрізняється гарними технологічними якостями зерна і високими споживчими перевагами крупи. Плівчастість зерна - 15,2-17,0%,

вихід крупи - 78-81%, вміст білка - 11,2 -11,6%. Пшоно яскраво-жовтого кольору, каша розсипчаста, смак каші - 4,3-4,5 балів. Віднесено до цінних сортів за якістю. Сорт має стабільно високу врожайність. Врожайність зерна 35-50 ц/га. За роки державного сортовипробування перевищив в Лісостепу і Степу національні стандарти на 2,5-5,7 ц/га.

Сорт Слобожанське. Виведений методом гібридизації сортозразків мутантного походження Харківське 57 і лінії 82-8361. Різновид - ауреум. Волоть стисла, велика, добре озерненість. Зерно золотисте, велике, маса 1000 зерен - 8,0-8,2 г. Сорт середньо пізньостиглий, викидання волоті і дозрівання відбувається дружно. Посухостійкість вища середньої. Врожайність в середньому склала 35,1 ц/га. Сорт Слобожанське відрізняється високими технологічними якостями зерна і споживчими перевагами крупи.

Сорт Пригоже. Виведений методом хімічного мутагенезу шляхом обробки насіння сорту Благодатне 0,0125% розчином НЕС. Різновид - сангвінеум. Зерно червоне, волоть стисла, добре озерненість. Сорт середньостиглий, відрізняється високою посухостійкістю. Стійкий до I раси сажки, слабо уражається III расою (до 12,0%). Врожайність в середньому склала 35,0 ц/га. Сорт відрізняється високими споживчими перевагами крупи.

Просо має важливе кормове значення. Є форми, здатні забезпечити врожаї в 250-300 зеленої маси і 50-70 центнерів сіна з гектара.

Відомо, що просяна солома і просяне сіно по перетравного протеїну, вмісту кальцію і кормових одиниць перевершує пшеничну, ячмінну і вівсяну солому. В одному кілограмі просяного сіна міститься 37 грамів перетравного білка, 3,8 грама кальцію, 1,4 грама фосфору і 0,52 кормові одиниці. Високі поживні властивості відрізняється і зелена маса проса. Тому приділяється велика увага, поряд зі створенням сортів зернового, виведенню сортів кормового напрямку.

Вперше в Україні районований сорт проса Харківське кормове. Сорт Харківське кормове відрізняється високою рослістю (висота досягає 1,6-1,8

метрів), стебло товсте, стійке проти вилягання. Посухостійкий, має потужну кореневу систему, здатну витримувати більшу вегетативну масу і високу кустистість. Листя широкі, темно-зеленого забарвлення. Важливою ознакою сорту є його ремонтантність (збереження зеленого забарвлення листя при повній стиглості зерна). Викидання волоті дружнє, від сходів до викидання в умовах Лісостепу України проходить 50-55 днів. Для сорту характерна висока врожайність зеленої маси. У дослідному господарстві Харківського Державного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва за останні три роки урожай зеленої маси склав 270-330 центнерів з гектара. Висока врожайність цього сорту підтвердилася і на сортодільницях в різних регіонах країни. Становить значний інтерес вирощування проса Харківське кормове в суміші з соєю. У господарствах Харківської області врожайність зеленої маси в змішаних посівах кормового проса та сої становила 230-370 центнера, тоді як соя в чистому вигляді давала 175-250 центнерів з гектара. Гороха ж в суміші з ячменем виходило тільки по 177 центнерів. При цьому слід врахувати ту обставину, що витрата насіння при змішаних посівах кормового проса з соєю становив 61 кілограм (45 сої і 16 проса), тоді як для змішаних посівів ячменю з горохом потрібно на один гектар 300 кілограмів насіння (100 ячменю і 200 гороху). Причому, зелена маса змішаних посівів проса з соєю відрізняється підвищеним вмістом білка і жиру. Висівається кормове просо в першій декаді травня, широкорядним способом з шириною міжрядь 45 сантиметрів. Норма висіву 3,5 мільйона схожих насінин, що складає 30 кілограмів на гектар. Забирають кормове просо на початку серпня, в фазі молочної стиглості зерна. Воно заповнює вікно між багаторічними травами і кукурудзою і служить гарним доповненням до зеленого конвеєру перед прибиранням кукурудзи на зелений корм. Зелена маса кормового проса є хорошою сировиною для приготування вітамінно-трав'яного борошна, гранул і брикетів. У ній міститься білка - 10,6, жиру - 4,4 і безазотистих екстрактивних речовин - 52,4 відсотків на суху речовину, вміст сухої речовини - 22,5 відсотка. Збір сухої речовини з гектара при врожайності зеленої маси 250-300 становить 55-65

центнерів. Кормове просо є надійним, високопоживним доповненням в раціонах великої рогатої худоби як влітку, так і взимку.

Для збільшення виробництва зерна, особливо в умовах зміни клімату, важливе значення мають поживні посіви проса.

Досліди, проведені у відділі рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва і кафедрою рослинництва Харківського Державного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва показують, що при посіві проса 15-20 липня збирали урожай зерна в другій половині вересня 12-16 ц/га в залежності від року. При післяжнивних посівах скорочується вегетаційний період у сортів проса на 10-15 днів і за 55-60 днів настає повна стиглість зерна, особливо слід використовувати середньостиглі сорти - Чарівне і Пригоже [15].

2.7 Шкідники та хвороби проса

Просо відрізняється підвищеною посухостійкістю і витривалістю до високих температур, що дозволяє щорічно отримувати високі врожаї. Однак в останні роки врожаї цієї культури різко знизилися, посівні площі скоротилися в два рази. Це пов'язують в першу чергу з несприятливими погодними умовами. З цим не можна не погодитися, але в той же час в ці роки зазначався масовий розвиток одного з найбільш небезпечних шкідників цієї культури - стеблового метелика. Щорічно просо пошкоджується і іншими шкідниками, уражається фітопатогенами і заростає бур'янами.

Питання, які стосуються захисту проса від шкідливих об'єктів в зоні досліджень, судячи з літературних даних, вивчені недостатньо. Необхідно уточнення біології і втрат від шкідливих організмів в умовах сучасного землеробства. Особливо слабо вивчено спільний вплив шкідливих видів на урожай проса, як і інших культурних рослин. Тому оцінка комплексної шкоди чинності шкідників, хвороб і бур'янів у посівах проса з використанням біоценологічного підходу видається актуальною і з позиції удосконалення захисту рослин на основі економічних порогів шкоди чинності [16, 17].

Найбільш поширені шкідники проса - смугаста хлібна блішка, просяна жужелиця, просяний комарик, стебловий метелик, південна стеблова совка, тля.

Смугаста хлібна блішка. Навесні пошкоджує сходи злакових культур, диких злаків і деякі інші культури. Жуки згризають з верхньої сторони листків м'якоть у вигляді вузьких довгастих смужок або плям. При великій щільності та сильному пошкодженні посіви набувають жовтувато-сірого забарвлення.

Просяна жужелиця. В Україні поширена всюди. Найбільш розповсюдженою є в Одеській, Миколаївській, Херсонській областях. Рідше завдає шкоди в Кіровоградській, Дніпропетровській, Запорізькій, Донецькій, Луганській областях. На решті території шкодить рідко. Шкодять жуки й личинки. Жук довжиною 12-15 мм, чорний, блискучий, вусики і ноги червоно-бурі. Надкрила з боків покриті рідкісними точками і волосками. Голова зверху і передня спинки гладкі. Лапки зверху в рідкісних волосках. Личинка довжиною до 23 мм. Голова трохи розширена на рівні очок і звужена біля шиї. Листва дрібно зазубрена по всій ширині. Зимують переважно личинки першого-другого віків, а також жуки. Останні виходять з міст зимівлі в другій половині квітня і зустрічаються до кінця жовтня. Жуки нового покоління виходять в червні.

Просяний комарик. Основний спеціалізований шкідник проса. Дрібний - 2-2,5 мм, комарик яскраво-червоного кольору, з бурою спинкою. Самки мають довгий, тонкий яйцеклад. Личинка довжиною до 2 мм, безнога, подовжено-овальна, жовтувато-оранжева. У рік розвивається 3-4 покоління. Зимують личинки старшого віку всередині зернівок культурного і курячого проса, в падалиці на полях. Навесні личинки цього шкідника проса оляльковуються. Самки відкладають по кілька яєць за колоскові луски. Личинки проникають в квітки, харчуються соком квіткових лусок і інших частин. У квітці розвивається 1-4 личинки протягом 1-2 тижнів. З

пошкоджених квіток утворюються плоскі, знебарвлені-матові, легковагі зернівки.

Стебловий (кукурудзяний) метелик. В Україні поширений повсюдно. Гусениці пошкоджують листя, стебла, волоті, квітки, зав'язь, проникають всередину стебел, які після пошкодження ламаються.

Південна стеблова совка. В Україні шкодить в степовій зоні. Метелик з розмахом крил 25-33 мм. Передні крила білувато-жовті зі світлою поздовжньою смужкою, по середині кругла і ниркоподібні плями у вигляді світлих точок. Задні крила світлі. Яйце світло-жовте, діаметром 0,5-0,6 мм. Гусениця довжиною до 30 мм, жовтувато-зелена з чотирма темними поздовжніми смужками. Передній щит жовтий зі світлою поздовжньою смужкою і чотирма плямами по передньому краю і темною лінією по задньому. Лялечка завдовжки 15 мм. Зимують гусениці в яйцевій оболонці, які плодяться при середньодобовій температурі повітря 6-8 °C (квітень – початок травня). Вони проникають в середину стебла злаків біля основи, де проточують поздовжній хід. Пошкоджена рослина жовтіє, верхівка висихає. Згодом гусениці пошкоджує волоть, яка потім деформується, засихає або виколошується частково. Тривалість розвитку гусениці близько 50 днів. На початок молочної стиглості зернових (в червні) оляльковується в ґрунті на глибину 5-10 см. Самки відкладають яйця в один-два ряди по 8-10 яєць в пазухи листя, на нижню частину стебла злаків, сходи падалиці, стерню і бур'яни (пирій, миші, вівсюг та ін.). Плідність самок до 350 яєць. Розвивається в одному поколінні [18, 19].

Своєчасне прибирання, видалення післяжнивних залишків та обробка ґрунту знищують значну частину личинок, які залишаються на зимівлю. При високій чисельності в період масового льоту ефективним методом боротьби з шкідниками проса є обприскування посівів дозволеними інсектицидами.

Розглянемо основні хвороби проса.

Вилягання сіянців проса. Збудник - *Pythium debaryanum*. Симптоми: захворювання проявляється тільки на сходях. Коренева шийка буріє, тоншає;

іноді уражені органи покриваються брудно-білим павутинним нальотом. Збудник цієї хвороби проса зберігається у вигляді спор і міцелію в ґрунті.

Загнивання сходів проса. Збудник - *Fusarium oxysporum*. Симптоми: сходи, що розвинулися із зараженого насіння, гинуть. Якщо рослина пережила пригнічений стан у фазі сходів, то вона залишається недорозвиненою, спостерігається гниль кореневої шийки, коріння і вузлів стебел. Основа соломини забарвлюється в бурий колір і потім загниває. Уражені тканини рослин і насіння покриваються нальотом рожевого або кармінного кольору. Джерела інфекції: міцелій і склероції, що зберігаються на рослинних рештках і в ґрунті.

Головня. Збудник - *Sphacelotheca panisimiliacei*. Симптоми: захворювання проявляється у фазі викидання волоті. Суцвіття перетворюється в чорне тверде, покрите тонкою, яка легко розривається сірувато-брудною плівкою із залишками осьових органів волоті. Зараження проса цим захворюванням відбувається в ґрунті при проростанні насіння.

Ріжки. Збудник - *Claviceps purpurea*. Симптоми: навесні під час цвітіння проса на уражених віничках з'являються крапельки цукрової рідини («медяної роси»). Пізніше, до часу дозрівання рослин, в уражених колосках волоті замість зерен утворюється темно-фіолетовий ріжок - склероцій. Утворюються міко токсини.

Меланоммоз. Збудник - *Melanomma panici-miliacea*. Симптоми: у період сходів на рослинах утворюється рясний білий або рожево-ліловий повітряний міцелій. Уражені рослини відрізняються слабким зростанням і розвитком. Після дозрівання насіння грибницю легко виявити в ендоспермі і в зародку. Інфекція зберігається на рослинних рештках і насінні.

Меланоз. Збудники - бактерії *Xanthomonas campestris*pv. Симптоми: у період дозрівання проса спостерігається потемніння і некроз насіння. Іноді їх плівки набувають чорне забарвлення, і зерно виявляється повністю зруйнованим. Збудники зберігаються з рослинними залишками і насінням.

Захист проса від хвороб. Необхідно дотримуватися сівозміни. Кращий попередник - чорний пар, багаторічні трави, зернові бобові культури, цукровий буряк і картопля. Глибока зяблева оранка з мінералізацією рослинних залишків у значній мірі погіршує умови резервації патогенів. Потрібно ретельно очищати і калібрувати насіння, протруювати насіння. Висівати просо слід з оптимальною нормою висіву і в оптимальні терміни, встановлені для кожного регіону. Після проведення маршрутних обстежень і обліків поширення і розвитку хвороб при необхідності потрібно проводити обприскування, дотримуючись регламент застосування фунгіцидів. Добрива необхідно вносити на підставі даних агрохімічного аналізу ґрунтів і цілей посіву. Потрібно знищувати бур'яни до сівби, так як в початковий період просо росте дуже повільно. Слід боротися з фітофагами - переносниками вірусів [20, 21].

У другому розділі розглянуто біологічні особливості культури проса, вимоги до ґрунтів і мінерального живлення. Наведена характеристика сучасних сортів та розглянуто основні шкідники та хвороби проса.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ ПРОСА У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

3.1. Сучасний стан моделювання формування продуктивності проса

Короткий огляд досліджень впливу агрометеорологічних умов росту проса на його врожайність в умовах зміни клімату свідчить про те, що, по-перше, всі результати отримані статистичними методами, по-друге, для оцінки вимог проса до умов росту автори використовували різні критерії, неоднакові за обсягом і повноті вибірки; отримані висновки віднесені до різних територій і не завжди порівнюються.

Просо є однією з найбільш посухостійких культур завдяки своїй сильній кореневій системі, яка дозволяє їм рости в районах, де часто бувають сухі погодні умови. Багато досліджень показали, що урожай проса в сухих місцях збільшується зі зростанням температури.

Дослідження показали [22], що середньорічний приріст врожайності проса становить від 30 кг/га -1 до 121 кг/га -1, оскільки температура зросла в трьох різних містах Китаю (Сіфен, Андінна і Ганьчжоу). Вчені рекомендують розширення плантацій проса в провінції через підвищення температури. Крім того, дослідження імітувало вплив зміни температури на урожай проса за допомогою модифікованої імітаційної моделі проса CSM-CERES-Pearl [23]. Результати показали, що врожайність проса збільшилася на 6% після посухи (нижня межа наявності води в ґрунті) і на 8% після імітації спеки (збільшилася з 27 °C до 29 °C). Стійкість до посухи та спеки разом показали збільшення врожайності проса, яка становить 14% при зміні клімату. Крім того, просо також має здатність рости в горбистій місцевості і в гірських районах, де вирощування інших злаків утруднено [24, 25]. Це показує, що просо має потенціал стати життєво важливою культурою, яка може рости при

обмеженому надходженні азоту в посушливих, високотемпературних і горбистих регіонах по всьому світу. Це одна культура, яка, очевидно, має потенціал зменшення вуглецевого сліду, оскільки володіє найменшим потенціалом глобального потепління, і в той же час стійка до впливу глобального потепління, таким як збільшення частоти засух і підвищення середніх температур.

Система підтримки прийняття рішення для Агро-технологій Трансфер (DSSAT)/CSM [26] моделює ріст, розвиток та урожайність рослинництва на однорідних територіях під заздальгідь зареєстрованих або змодельованих управлінням. Детальний опис моделі була представлена Ritchie, Alagarswamy (1989) [27], Hoogenboom та ін. (2003) [28].

Існує явне свідчення мінливості клімату протягом певного періоду часу в країнах, що розвиваються, і ці країни уразливі перед спустошенням, викликаним посухою і повеннями. Отримані результати [29] дозволять підвищити рівень життя в сільській місцевості, схильній до частих кліматичних потрясінь. Автори розглядали південний штат Індії, а саме Карнатаку, який відноситься до субтропічного регіону і має величезну загрозу від зміни клімату. Автори пов'язують сільськогосподарське виробництво з кліматичними змінами і вивчають вплив мінливості клімату на врожайність. Дотримуються чіткого підходу, використовуючи нелінійне перетворення кліматичних змінних для підтвердження збитку, що наноситься кліматом для урожаїв рису та проса. Запропонований економетричний метод, який використовується, регресійна модель з фіксованим ефектом для виявлення причинно-наслідкових зв'язків. У моделі використовується зв'язок між врожайністю і кліматичними змінними (кількість опадів і температура) за період 1992-2013 рр. з необхідними вхідними даними. Аналіз заснований на меншому просторовому масштабі (по районах), який допомагає краще зрозуміти наслідки зміни клімату і пом'якшити збитки.

Важливим варіантом адаптації до клімату буде розвиток культурних сортів із ознаками, які можуть підвищити та підтримувати продуктивність в

умовах зміни клімату. Модифіковану модель CSM-CERES-Pearl проса використовували [30] для оцінки приросту врожаю, модифікуючи риси рослин, що визначають тривалість дозрівання сільськогосподарських культур, потенційну врожайність та толерантність до посухи та тепла у сортів проса, вирощених у шести засушливих місцях (Хісар, Джодхпур, Біканер) та напівзасушливих (Джайпур, Аурангабад та Біджапур) тропічної Індії та два місця в напівзасушливій тропічній Західній Африці (Садор в Ніамеї та Сінзана в Малі). У всіх досліджуваних місцях врожайність зменшилася, коли тривалість дозрівання сільськогосподарських культур зменшилась на 10% як у нинішніх, так і в майбутніх кліматичних умовах; однак, на 10% збільшення сільськогосподарських культур значно ($p < 0,05$) збільшило врожайність в Аурангабаді та Біджапурі, але не в інших місцях. Збільшення потенціалу урожайності на 10% збільшило врожайність як в кліматичних умовах в Індії, так і в Західній Африці. Засухостійкість забезпечила найнижчий приріст урожаю в Аурангабаді (6%), найвищий в Садоре (30%) і проміжний в інших місцях за нинішніх умов клімату. В умовах змін клімату внесок посухостійкості у врожайність сортів або збільшується, або зменшується залежно від зміни кількості опадів у місцях. Вигода від термостійкості істотно зросла в умовах зміни клімату в більшості місць, найбільший вплив на Біканер (17%) в Індії та Садор (13%) у Західній Африці. Таким чином, посухостійкість та жаростійкість збільшили врожайність проса при зміні клімату як у посушливому, так і напівзасушливому тропічному кліматі з більшою користю у відносно теплих умовах. Це дослідження [30] допоможе фермерам в оцінці нових перспективних особливостей культури проса для адаптації до зміни клімату в обраних місцях та інших подібних умовах.

Протягом двох вегетаційних періодів, тобто у 2009 та 2010 роках, було проведено [31] два польові експерименти на фермах дослідної станції сільськогосподарського факультету університету Айна Шамса в Шалакан, щоб дослідити реакцію на ріст та урожайність кормів із проса. Були внесені

чотири норми азоту (аміачна селітра 33,5% N), 0, 30, 45 та 60 кг на основні ділянки та двох рівнях висоти (10 та 20 см над поверхнею ґрунту). У другому сезоні внесення азоту зросло до 75 кг. Основні результати полягали в наступному: помітно збільшилися висота рослин (см), кількість культиваторів на м^2 , кількість листя на м^2 та індекс площі листя протягом двох вегетаційних сезонів, оскільки показники удобрення азоту зростали. Врожайність проса на зелений корм було значно збільшено із збільшенням норм внесення азоту протягом двох вегетаційних періодів.

Родючість ґрунту та кліматичні ризики перешкоджають рослинництву в Сахеліанському регіоні [32]. Оскільки експерименти з декількома варіантами управління родючістю на обмеженому числі ділянок і років не можуть повністю охопити складні і вкрай нелінійні взаємодії ґрунт-клімат-урожай, імітаційні моделі зростання сільськогосподарських культур можуть відповідним чином доповнювати експериментальні дослідження для підтримки прийняття рішень щодо родючості ґрунту і управління водними ресурсами. За допомогою довгострокового (23 роки) аналізу сценаріїв з використанням моделі сільськогосподарського виробничого системного моделювання (APSIM) в цьому дослідженні досліджується реакція проса на азот. До цього модель APSIM тестувалася в експериментальному рандомізованому повному блоковому експерименті, що проводився в сезон посівів 1994 і 1995 років, з контрастними умовами опадів. Експеримент об'єднував три рівні: внесення гною великої рогатої худоби (300, 900 і 2700 кг/га), залишків проса (300, 900 і 2700 кг/га) і мінеральних добрив (15 кг N/га-1 + 4 , 4 кг P/га-1 і 45 кг N/га-1 + 13,1 кг P/га-1) в Сахельському центрі в Нігерії. 23-річний аналіз довгострокових сценаріїв, що поєднує різні норми внесення гною великої рогатої худоби, залишків проса і мінеральних добрив, показав, що помірне внесення азоту (15 кг азоту/га-1) покращує як довгострокові середні, так і мінімальні річні гарантовані врожаї без збільшення міжрічної мінливості в порівнянні з відсутністю N-вхідних даних.

Спираючись на мережу приблизно з 60 датчиків, були використані дані для обчислення за допомогою моделі імітації сільськогосподарських культур APSIM, біомаси проса та врожаю зерна на піксельній шкалі. Імітовані врожаї поєднувались із картою землеволодінь села Банізумбо в ГІС для оцінки врожаю проса. Автори [33] виявили, що просторова мінливість щорічних дощів зменшується в більшій частині, величина просторової мінливості змінного виробничого пікселя.

Більш велике або більш щільне перлове просо та сорго поліпшило формування поля в помірних умовах. Оскільки температура ґрунту в напівзасушливих тропіках вища і часто є перешкодою для успішного вкорінення, [34] було оцінено вплив розміру і щільності насіння на схожість і вкорінення при високих температурах (до 50 °C). Вплив розміру насіння і щільності насіння на схожість проса Сенегал Балк і сорго Segalane були досліджені при температурі 26-50 °C з використанням термоградієнтної пластини. Комбінації розміру і щільності насіння, часу і тривалості стресу 40-45 °C оцінювали на схожість в інкубаторі. Вплив розміру насіння проса і щільності насіння на укорінення визначали при постійних температурах 35, 43 і 50 °C. У сорго було найвище проростання при 32-40 °C і 32-42 °C для середнього і великого насіння відповідно. Насіння проса середнього розміру показало більш високу схожість в більш широкому діапазоні температур, ніж дрібне або велике насіння. Частота проростання проса була оптимальною при 37-38 °C. Насіння проса високої щільності мало більш високу схожість, ніж насіння низької щільності при постійній температурі 43 °C. Через 7 днів після посадки саджанці з великих і середніх насіння високої щільності були вищі, ніж з дрібних або насіння низької щільності.

Один гібрид перламутрового проса, 841A×J104, вирощували на чотирьох популяціях рослин [35], що охоплюють діапазон 2-20 рослин м² при 13,5 або 15,5-годинному фотоперіоді під час вегетативної фази (від викидання волоті) до короткого ефекту (75-денна) або тривала (90-денна) тривалість посіву відповідно. Описано вплив цього обробітку на ріст пагонів,

ріст листя, накопичення сухої речовини і урожай зерна, а також взаємозв'язок між радіаційним перехопленням (Q_i) під час фази від викидання волотті до цвітіння (GS2) і кількістю зерен (потенціал врожайності) і урожай зерна розглядається.

Температура дуже впливає на швидкість [36], з якою розвиваються сільськогосподарські рослини, а також на процеси росту і поширення. Світло визначає швидкість росту (тобто, виробництво сухої речовини) на будь-якій стадії розвитку. Але три важливих взаємодії: розвиток може сповільнюватися при слабкому освітленні, а зростання може сповільнюватися, коли температура занадто висока або занадто низька. Найпростіша відповідь розвитку - це проростання, коли світло не є фактором. Просо сорту ВК 560 лінійно зростало з температурою від основи 10-12 °C до чітко визначеного оптимуму при 33-34 °C і знижувався до нуля при температурі близько 45-47 °C. Інші процеси розвитку, такі як ініціація і перекидання листя і колосків, реагували аналогічно температурі. Наявна обмежена інформація дозволяє припустити, що базова температура, при якій розвиток припиняється, відрізняється для заражених сортів: швидкість і тривалість певних процесів розвитку також різняться.

3.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов росту проса

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних і агрокліматичних показників за чотири періоди: 1981 – 2010 рр. (базовий період), 2021 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2040 рр. (II-й сценарний період), 2041 – 2050 рр. (III-й сценарний період). Була використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [37].

За умов реалізації сценарію RCP4.5 зміни клімату терміни сівби проса змістяться на більш пізні строки: для I-го періоду на 4 дні, для II-го періоду –

на 3 дні, для III-го періоду – на 2 дні (табл. 3.1). Відповідно, змістяться і строки появи сходів: для I-го періоду на 3 дні, для II-го періоду – на 2 дні, для III-го періоду – на 1 день. Строки викидання волоті змістяться відповідно на 6, 7 та 1 день пізніше. Повна стиглість в I-й та II-й періоди настане на 6-7 днів пізніше, а в III-му періоді залишиться незмінною, порівняно з базовим періодом. Тривалість вегетаційного періоду посів – повна стиглість для I-го та II-го періодів збільшиться на 2 та 4 дні, а для III-го – зменшиться на 2 дні.

Таблиця 3.1 – Фази розвитку проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу

Період	Сівба	Сходи	Викидання волоті	Повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
1981-2010	17.04	5.05	24.06	26.07	100
RCP4.5					
2021-2030	21.04	8.05	30.06	1.08	102
Різниця	+3	+5	+6	+6	+4
2031-2040	20.04	7.05	1.07	2.08	104
Різниця	+3	+2	+7	+7	+4
2041-2050	19.04	6.05	26.06	26.07	98
Різниця	+2	+1	+1	0	-2

За умовами сценарію RCP4.5 період сівба – викидання волоті буде проходити при підвищеній температурі на 1,4 °C у I-й період і зниженій на 1,4 та 0,5 °C у II-й та III-й періоди (табл. 3.2). Сума опадів в I-й та III-й періоди зменшиться на 10 мм та 15 мм, в II-й період спостерігається збільшення на 21 мм в порівнянні з базовим періодом.

Водний режим посівів дещо погіршиться (табл. 3.3).

За сценарієм RCP4.5 за міжфазний період сходи – викидання волоті знизиться сумарне випаровування в порівнянні з базовим (116 мм) до 103 мм у I-й період, до 119 мм у II-й період і до 95 мм і III-й період. Сумарна випаровуваність знизиться на 4 мм у I-й період, а у II-й період підвищиться на 10 мм.

Таблиця 3.2 - Агрокліматичні умови вирощування проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу

Період	Період сходи – викидання волоті			Період викидання волоті – повна стиглість			Весь вегетаційний період			
	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1981 – 2010	17,9	895	88	21,5	689	61	19,3	1584	149	105,0
RCP4.5										
2021 – 2030	19,3	905	78	21,6	690	42	20,2	1595	120	132,1
Різниця	+1,4	+10	-10	+0,1	+1	-19	+0,9	+11	-29	+27,1
2031-2040	16,5	908	106	21,8	697	29	18,4	1605	138	128,7
Різниця	-1,4	+13	+21	+0,3	+8	-32	-0,9	-21	-11	+23,7
2041 – 2050	17,4	871	73	22,1	686	24	19,2	1557	97	120,9
Різниця	-0,5	-24	-15	-0,4	-3	-37	-0,1	-27	-52	+15,9

Дещо завищеним буде температурний режим в період викидання волоті – повна стиглість в I-й та II-й періоди на 0,1 та 0,3 °C, а в III-й період середня температура повітря знизиться на 0,4 °C, порівняно з базовим періодом. Сума опадів за цей міжфазний період знизиться відповідно на 19 мм, 32 мм та 37 мм.

Сумарне випаровування зменшиться на 20 мм в I-й період, на 38 мм в II-й період та на 79 мм в III-й період, порівняно з базовим 86 мм. Сумарна випаровуваність в I-й період збільшиться на 34 мм, в II-й – на 48 мм, а в III-й – на 49 мм, в порівнянні з базовим 157 мм (табл. 3.3).

За весь період вегетації проса ріст і розвиток в I-й період будуть проходити на фоні підвищеної температури на 0,9 °C, а в II-й та III-й періоди температура повітря знизиться на 0,9 °C та 0,1 °C в порівнянні з базовим періодом.

Сума опадів за вегетаційний період проса в середньо багаторічному складає 149 мм. За період вегетації в I-й період сума опадів зменшиться 29 мм і складатиме 120 мм. В II-й період сума опадів зменшиться на 11 мм і складатиме 138 мм. Найнижча кількість опадів спостерігається в III-й період і складає 97 мм, що на 52 мм менше за середньо багаторічну (табл. 3.2).

Таблиця 3.3 – Порівняння показників режиму вологозабезпеченості проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу

Період	I період сходи – викидання волоті			II період викидання волоті – повна стиглість			Вегетаційний період		
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпеченість, відн. од.	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпеченість, відн. од.	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Вологозабезпеченість, відн. од.
1981-2010	116	197	0,59	86	157	0,55	202	354	0,57
RCP4.5									
2021-2030	103	195	0,53	66	191	0,35	169	386	0,44
Різниця	-13	-2	-0,6	-20	+34	-0,2	-33	+32	-0,13
2031-2040	119	177	0,67	48	205	0,23	167	382	0,45
Різниця	+3	-20	+0,08	-38	+48	-0,32	-35	+28	-0,12
2041-2050	95	173	0,55	37	206	0,18	132	379	0,37
Різниця	-21	-24	-0,04	-49	+49	-0,37	-70	+25	-0,2

Такі умови зволоження погіршать умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відносно 63%, 41% та 33% від середньо багаторічної.

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси посівів проса визначається приходом ΦAP за період і коефіцієнтом її використання.

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування проса відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури до яких відноситься ΦAP .

За середніми багаторічними даними сума фотосинтетичної активної радіації (Сума ΦAP) за період сходи – повна стиглість складає $105,0 \text{ кДж/см}^2$. За сценарієм RCP4.5 в I-й та II-й періоди очікується збільшення суми ΦAP до $132,2$ та $128,7 \text{ кДж/см}^2$, що складає 126 та 123% від середньо багаторічного. В III-й період сума ΦAP буде нижчою, ніж в I-му та II-му сценарних періодах, але вищою за середньо багаторічну і складатиме $120,9 \text{ кДж/см}^2$ – 115% (табл. 3.2).

Максимальне значення приходу ΦAP за базовий період припадає на десятку декаду вегетації та складає $271,8 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$. За сценарієм RCP4.5 прихід ΦAP зросте. Так найвищі значення будуть спостерігатись в II-й сценарний період в восьмій декаді вегетації – $308,7 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$ та в III-й сценарний період в восьмій і дев'ятій декадах вегетації – $312,7 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$. В I-й сценарний прихід ΦAP буде дещо нижчим, ніж в II-й та III-й сценарні періоди, але вищим від середньо багаторічного і складатиме $302,3 \text{ кал/см}^2/\text{добу}$ в дев'ятій декаді вегетації (рис. 3.1).

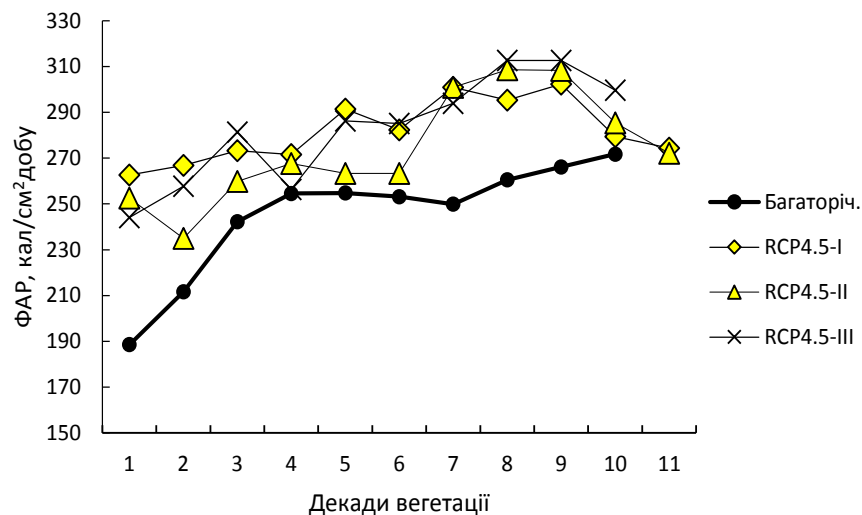


Рисунок 3.1 – Декадний хід ΦAP проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

Максимальне значення сумарної радіації за добу в середньому багаторічному складає 490,1 кал/см²добу (рис. 3.2). В сценарні періоди спостерігається підвищення сумарної радіації до 581,4 кал/см²добу в I-й період, до 593,6 кал/см²добу в II-й період. Найвищий показник сумарної радіації спостерігається в III-й період і складає 601,4 кал/см²добу.

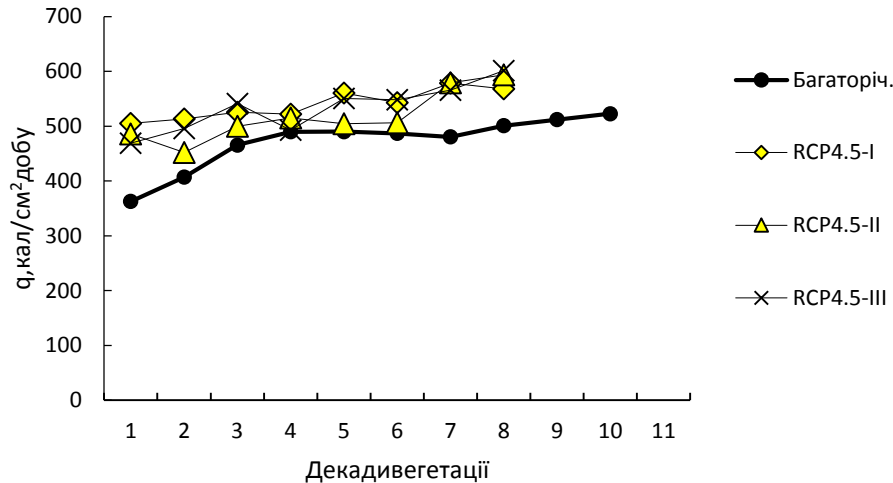


Рисунок 3.2 – Декадний хід сумарної радіації за добу в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування проса, які розглянуто вище, відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

За умовами реалізації сценарію RCP4.5 із-за зміни агрокліматичних умов вирощування проса рівень динаміки площі листя за сценарні періоди буде нижчим (рис. 3.3), порівняно з середньо багаторічним періодом. Так, із-за зниження вологозабезпеченості в I-й та II-й періоди площа листової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 4,74 м²/м² до 4,04

та $3,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В III-й період очікується трохи вищий рівень площі листя і складатиме $4,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Фотосинтетичний потенціал за базовий період та за умовами реалізації сценарію (рис. 3.4) максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. За сценарними показниками $\Phi\P$ знизиться з $217,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $210,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в I-й період, до $189,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в II-й період і до $194,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в III-й період.

$\Pi\P$ всієї сухої маси проса в середньому багаторічному складає $1651 \text{ кДж}/\text{см}^2$. Так як $\Pi\P$ залежить від $\Phi A P$, то в I-й та II-й періоди $\Pi\P$ збільшиться до 2057 та $1999 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 126 та 121% від середньо багаторічного. В III-й період із-за зниження $\Phi A P$ $\Pi\P$ зменшиться до 115% (табл. 3.4).

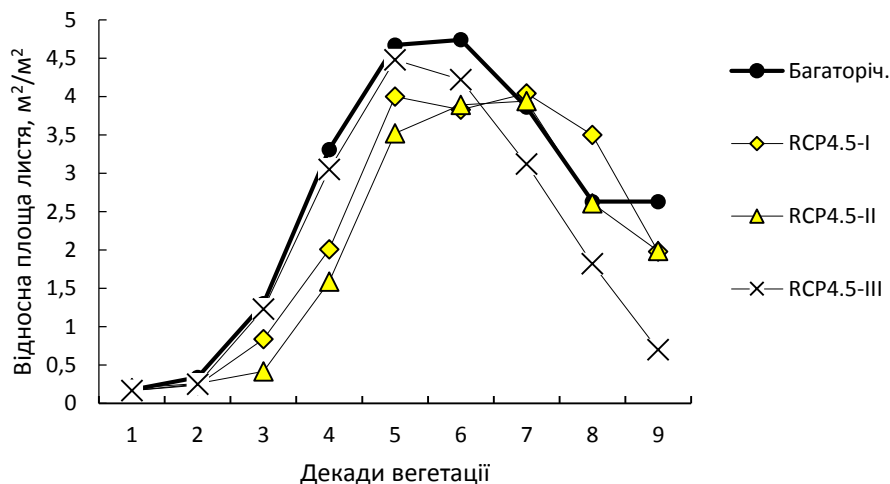


Рисунок 3.3 – Динаміка площі листя проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

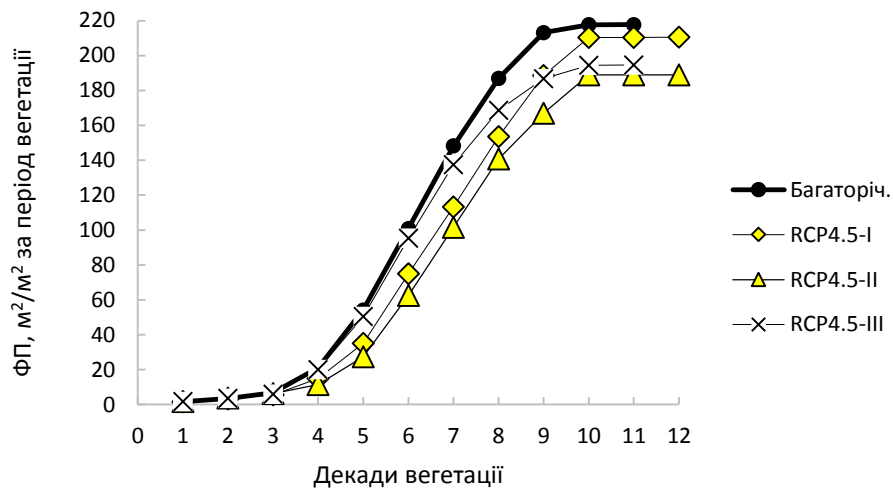


Рисунок 3.4 – Динаміка фотосинтетичного потенціалу проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

Таблиця 3.4 – Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м²дек			Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю		
1981-2010	1651	852	528	0,074	24,1
RCP4.5					
2021–2030	2057	897	556	0,078	25,4
Різниця	+406	+45	+28	+0,004	+1,3
2031–2040	1999	865	536	0,075	24,4
Різниця	+348	+13	+8	+0,001	+0,3
2041–2050	1899	767	476	0,067	21,7
Різниця	+248	-85	-52	-0,007	-2,4

Рівень *ММУ* всієї сухої маси, який залежить від факторів тепла і вологи, в середньо багаторічному складає 852 м²/м². В I-й та II-й періоди *ММУ* зростає до 897 та 865 г/м²дек, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період із-за гірших умов вологозабезпеченості *ММУ*

зменшиться до 767 г/м²дек, що складатиме 90% від середньо багаторічного (табл. 3.4).

За умовами сценарію RCP4.5 з урахуванням природної родючості ґрунту рівень *ДМУ* всієї сухої маси в I-й та II-й сценарні періоди зросте до 556 та 536 г/м²дек, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період *ДМУ* зменшиться до 476 г/м²дек, що складатиме 90% від середньо багаторічного.

Урожай проса при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах становить 24,1 ц/га (табл. 3.4). В перші два сценарні періоди урожай зросте до 25,4 та 24,4 ц/га, що становить 105 та 101% від середньо багаторічного, а в III-й період зменшиться до 21,7 ц/га, тобто до 90% від середньо багаторічного.

Баланс гумусу під посівами проса складатиме для двох перших сценарних періодів 105 та 101%, а в III-й період зменшиться до 91% від середньо багаторічного (табл. 3.4).

Максимальне значення приростів *ПУ* проса в середньому багаторічному складає 179,4 г/м²дек. В сценарні періоди спостерігається ріст приростів *ПУ* до 182,4 г/м²дек в I-й період, до 188,4 г/м²дек в II-й період. В III-й період спостерігається найвище значення приростів *ПУ* і складає 197,8 г/м²дек (рис. 3.5).

Максимальне значення приростів *ММУ* проса в середньому багаторічному складає 134,7 г/м²дек. Найнижче значення приростів *ПУ* спостерігається в I-й період і складає 126,7 г/м²дек. В II-й та III-й періоди прирости *ПУ* дещо зростуть, в порівнянні з I-м періодом, але будуть нижчі за значення багаторічного періоду і складатимуть 133,4 та 128,0 г/м²дек (рис. 3.6).

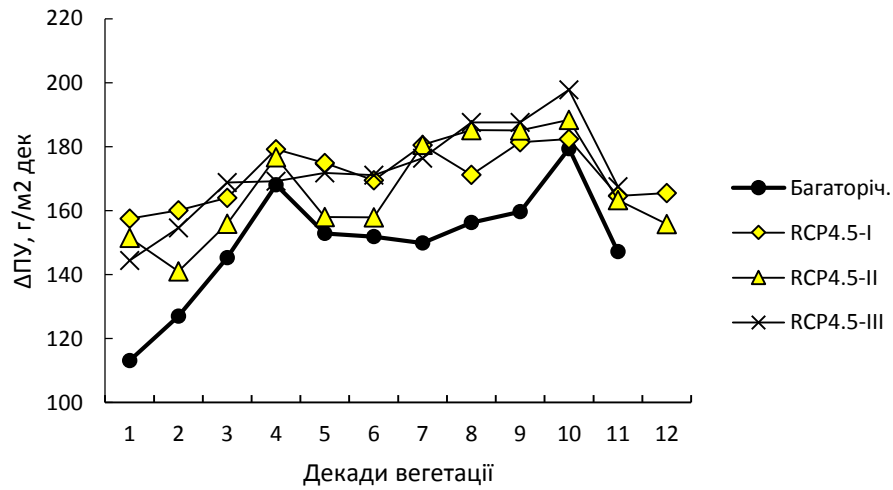


Рисунок 3.5 – Динаміка декадних приростів *ЛУ* проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

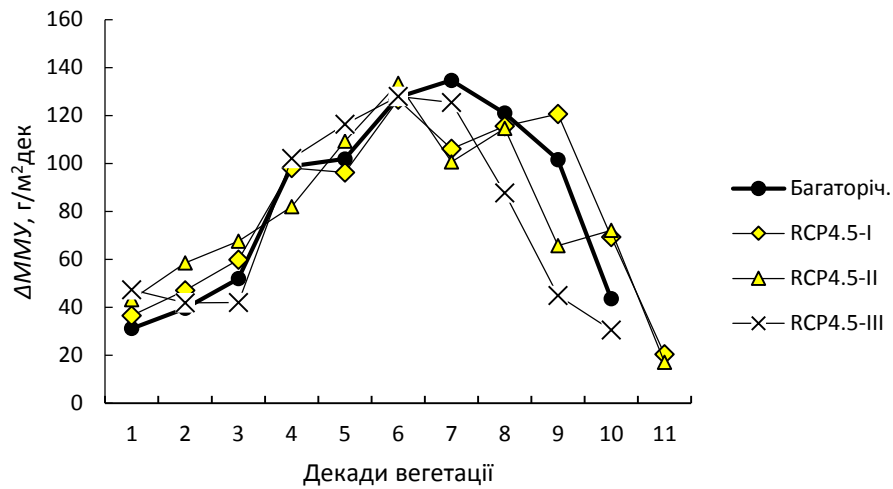


Рисунок 3.6 – Динаміка декадних приростів *ММУ* проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

Максимальне значення приростів *ДМУ* проса в середньому багаторічному складає $83,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$. В сценарні періоди спостерігається зниження приростів від середньо багаторічного до $78,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в I-й період, до $82,7 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в II-й період та до $79,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в III-й період (рис. 3.7).

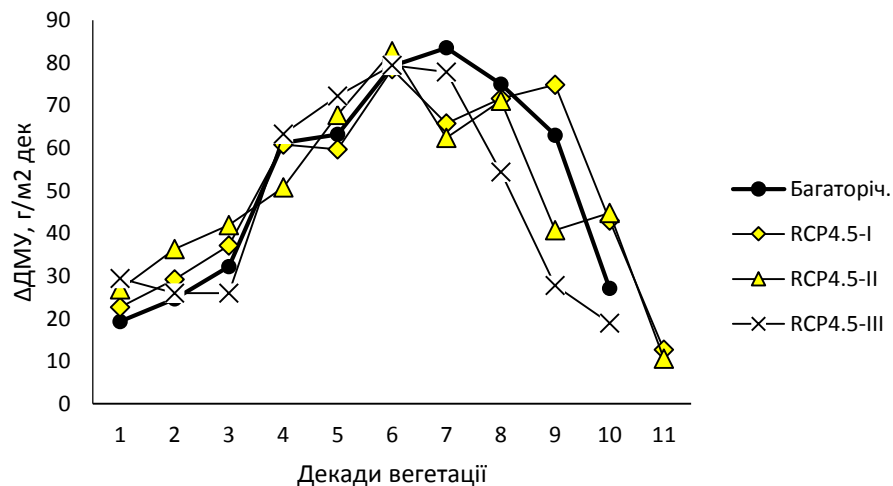


Рисунок 3.7 – Динаміка декадних приростів *ДМУ* проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

3.3 Комплексні оцінки агрокліматичних ресурсів

В даний час під агрокліматичними ресурсами розуміються кліматичні можливості територій для отримання сільськогосподарської продукції. У зв'язку з цим відповідними характеристиками агрокліматичних ресурсів є дані про продуктивність і врожайність культур в залежності від показників клімату [39, 40]. Однак, адекватне вираження агрокліматичних ресурсів при такому підході досить складне, оскільки фактори погоди впливають на рослини безперервно і комплексно, а результат впливу залежить від фізіологічних параметрів самих рослин і ценотичних взаємодій в агрофітоценозах. У цьому аспекті видається обґрунтованим розгляд значень агроекологічних категорій продуктивності, що відображають комплексний

вплив агрометеорологічних умов на продукційний процес, причому ресурси продуктивності оцінюються за відношенням до конкретної культури і, навіть, сорту [40, 41].

У зв'язку з тим, що найбільш адекватне вираження агрокліматичних ресурсів може бути реалізовано в агроекологічних категоріях урожайності, нами була проведена оцінка продуктивності території України стосовно до культури проса в розрізі основних агроекологічних категорій урожайності.

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (*СВУ*) вирощування проса з табл. 3.5 видно, що в середньо багаторічному він складає 0,516 відн.од. В І-й та ІІ-й періоди *СВУ* знизиться до 0,436 та 0,432 відн.од, що складатимуть 84% від середньо багаторічного. В ІІІ-й період очікується найнижче значення *СВУ* – 0,404 відн.од., що становить 78% від середньо багаторічного.

Таблиця 3.5 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період	СВУ, відн.од	С _о , відн.од.	С _д , відн.од.	С _а , відн.од
1980-2010	0,516	0,620	0,385	0,746
2021-2030	0,436	0,620	0,309	0,709
Різниця	-0,08	0	-0,076	-0,037
2031-2040	0,432	0,620	0,318	0,736
Різниця	0,084	0	-0,067	-0,01
2041-2050	0,404	0,620	0,395	0,829
Різниця	-0,112	0	+0,01	+0,083

Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів (C_0) для вирощування культури проса показала, що в середньому багаторічному та у всі сценарні період показник C_0 очікується на рівні 0,620 відн.од.

Аналіз рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для культури проса показав, що в середньому багаторічному він складає 0,385 відн.од. В I-й та II-й періоди рівень C_d зменшиться до 0,309 та 0,318 відн.од., що становить 80 та 83%, в порівнянні з середньо багаторічним. В III-й період C_d зросте до 0,395 відн.од., що становить 102% від середньо багаторічного.

З даних табл. 4.5 видно, що в середньо багаторічному значення оцінки культури землеробства C_a для проса на території Північного Степу складає 0,746 відн.од. В I-й та II-й періоди спостерігається зниження C_d до позначки 0,709 та 0,736 відн.од., тобто до 95 та 99%, в порівнянні з середньо багаторічним. В III-й період очікується найвищий рівень C_d , який складатиме 111% від середньо багаторічного.

У третьому розділі представлений аналіз тенденції зміни клімату шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 і середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за чотири періоди: 1980 – 2010 рр., 2021 – 2030 рр., 2031 – 2040 рр., 2041 – 2050 рр. Виконані оцінки рівня використання агрокліматичних ресурсів показують, що вони досить низькі, є великі резерви щодо їх використання.

РОЗДІЛ 4

ПРОСТОРОВО-ТИМЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЮ ПРОСА

4.1. Методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур

Для ефективного виробництва кінцевої продукції особливе значення має адекватна оцінка природно-кліматичних і агрономічних чинників, що впливають на процес вирощування сільськогосподарських культур. Облік їх взаємодії при одночасному підвищенні родючості ґрунтів і економії витрат дозволяє отримувати високі врожаї.

Кліматичні та погодні умови дуже впливають на сільськогосподарське виробництво. Вони значною мірою визначають урожай сільськогосподарських культур, якість продукції, витрати не її виробництво і особливості агротехнічних заходів.

При вирощуванні зернових культур облік умов клімату і погоди необхідний при виборі сорту, розробці заходів щодо кращого використання ресурсів тепла і вологи, плануванні термінів польових робіт, сівби, збирання і т.д. Впроваджуваний в виробництво сорт повинен мати високу продуктивністю, - максимально використовувати ресурси світла, тепла і вологи, якими володіє дана територія, а також давати високу якість продукції.

У зв'язку з цим для отримання високих і сталих врожаїв зернових культур в Україні актуальним є необхідність оцінки потенціалу врожайності зернових культур, агрокліматичних умов її формування, їх кореляційної залежності, а також впровадження у виробництво адаптивних сортів як основного елемента стабілізації виробництва зерна в регіоні.

Урожай - це загальний обсяг продукції в натуральному вираженні, отриманої з усієї площі прибраних основних, повторних і міжрядних посівів

сільськогосподарських культур. Урожай, вимірюваний в простих абсолютних одиницях маси (тонах, кілограмах і т.п.), характеризує загальні масштаби виробництва по кожному окремо взятому виду рослинницької продукції.

Точні дані про розміри врожаю можна встановити лише після збирання. Однак відомості про врожай необхідні в більш ранні періоди, наприклад, для визначення очікуваного виробництва продукції рослинництва, розрахунку потреб в техніці і транспортних засобах до початку проведення збиральних робіт. З цією метою використовуються показники врожаю стосовно до різних періодів (наприклад, фазами) розвитку рослин і періодів сільськогосподарського виробництва.

При загальному рості урожайності проса коливання їх по роках значні. І, чим вище середня урожайність, тим більше коливання. Тому для отримання планованих урожаїв поряд з детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне вивчення часової мінливості врожаїв в різних агрокліматичних зонах. За даними [42, 43, 44] все різноманіття чинників, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, у тому числі і проса, можна розділити на дві групи. Перша група включає ряд факторів, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів, від яких залежить рівень культури землеробства, різноманітний. Це і досягнення генетики та селекції, технологія вирощування культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також озброєння енергією сільського господарства. Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня.

Урожайність сільськогосподарських культур визначається рівнем культури землеробства, ґрунтово-кліматичними та погодними умовами району обробітку. Тимчасові ряди урожайності культур розглядаються як сума двох доданків - детермінованою складовою і випадкових відхилень від неї. У такій постановці ряд урожайності ($Y_l = 1, 2, \dots, n$) можна подати загальної статистичної моделі такого вигляду

$$Y_t = f(t) + U_t, \quad (4.1)$$

де $f(t)$ – стаціонарна послідовність; U_t – випадкова послідовність.

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності в періоді, який розглядається. Вона представляється плавною лінією, яка отримана в результаті згладжування ряду, називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування урожайності та представляється відхиленнями від лінії тренду [45]. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства виявляє помітний вплив на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренду досить точно характеризує середній рівень урожайності, який обумовлений рівнем культури землеробства, економічними та природними особливостями конкретного району.

Для оцінки врожайності сільськогосподарських культур в різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонійних вагів [46-51].

Метод найменших квадратів полягає в знаходженні параметрів моделі тренду, що мінімізують її відхилення від точок вихідного тимчасового ряду, тобто в мінімізації суми квадратичних відхилень, що спостерігаються і розрахунковими величинами. Модель тренду може відрізнятися по виду. Її вибір у кожному конкретному випадку здійснюється відповідно до низки статистичних критеріїв. Метод найменших квадратів широко застосовується в прогнозуванні в силу його простоти і можливості реалізації на ЕОМ. Недолік даного методу полягає в тому, що модель тренду жорстко

фіксується, а це робить можливим його застосування тільки при невеликих періодах попередження, тобто при короткостроковому прогнозуванні.

Основна ідея методу гармонійних вагів (МГВ), який вперше був запропонований З. Хельвігом., полягає в тому, що більш пізнім значенням тимчасового ряду врожайності присвоюються більші ваги. В результаті вплив більш пізніх значень врожайності мусить сильніше відобразитися на прогнозованій трендовій складовій, ніж вплив більш ранніх. Пізніше цей метод отримав подальший розвиток в дослідженнях А.А. Френкеля, А.М. Польового та інших.

При використанні МГВ як деякого наближення істинного $f(t)$ тимчасового ряду врожайності сільськогосподарських культур

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n)$$

приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок часового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзаючого тренду) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзаючого тренду вибираємо число років, що утворюють окрему фазу, причому $k < n$, і за допомогою методу найменших квадратів знаходимо рівняння лінійних відрізків

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (4.2)$$

причому:

для $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$;

для $i = 2, t = 2, 3, \dots, k + 1$;

для $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n$.

Параметри a_i і b_i рівняння (4.1) визначаються методом найменших квадратів.

Потім визначаємо значення кожної функції $Y_i(t)$ в точках

$$t = i + h - 1 \quad (h = 1, 2, \dots, k).$$

З цих значень відбираємо ті, для яких $t = 1$, і через $Y_j(t)$ позначимо функції $Y_i(t)$ для $t = i$. Нехай таких значень буде g_i . Середні можна визначити за виразом

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (4.3)$$

Прирости w_{t+1} функція $f(t)$ визначається як

$$w_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (4.4)$$

обчислюється середня приростів

$$\bar{w} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (4.5)$$

де C_{t+1}^n – коефіцієнти, що задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{n+1}^n = 1.$$

Гармонійні коефіцієнти визначаються за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (4.6)$$

де m_{t+1} – гармонійні ваги.

Вираз (4.4) дозволяє надавати більш пізнім спостереженнями великі ваги. Якщо найраніші спостереження мають вагу:

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (4.7)$$

то вага інформації m_3 , що відноситься до наступного моменту часу, буде визначатися як

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (4.8)$$

Таким чином, ряд гармонійних вагів визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (4.9)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (4.6).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності проводиться за виразом

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w}, \quad (4.10)$$

при початковій умові $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду врожайності за *МГВ*, а також дозволяє за тенденцією часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1 - 2 роки [46-51].

Тенденція урожайності визначалася за допомогою методу гармонійних вагів. Аналіз часових рядів проса проводився за такою схемою:

- виділення тенденції урожайності;
- оцінка правильності вибору тренду.

4.2 Динаміка врожайності проса

Нами був проведений аналіз динаміки врожайності проса в Північному Степу України за 30 років з 1987 по 2016 рік, розраховані лінії трендів методом гармонійних вагів і проведена оцінка правильності вибору тренду врожайності проса.

На рис. 4.1 як приклад представлена динаміка врожайності, тенденції (а) і відхилення від тренду в Дніпропетровській області (б).

Вирівняний рівень урожайності (рис. 4.1а) на початок аналізованого періоду склав 24,9 ц/га. Наприкінці досліджуваного періоду врожай зменшився на 7,5 ц/га і склав 17,4 ц/га. Під впливом погодних умов окремих років урожай значно варіював. Мінімальне значення урожаю проса (7,0 ц/га) спостерігалось в 1996 році, а максимальне значення – в 1987 році і склало 24,9 ц/га.

Вплив погодних умов на врожайність у вигляді відхилень представлено на графіку відхилень урожайності проса від лінії тренду (рис. 4.2б) в Дніпропетровській області.

З розглянутого періоду в 17 роках спостерігалися сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,07 до 5,22 ц/га. В інші роки погодні умови негативно вплинули на врожай, що виразилося в негативному відхиленні урожаю від тенденції від -0,02 до -6,62 ц/га (рис. 4.1б).

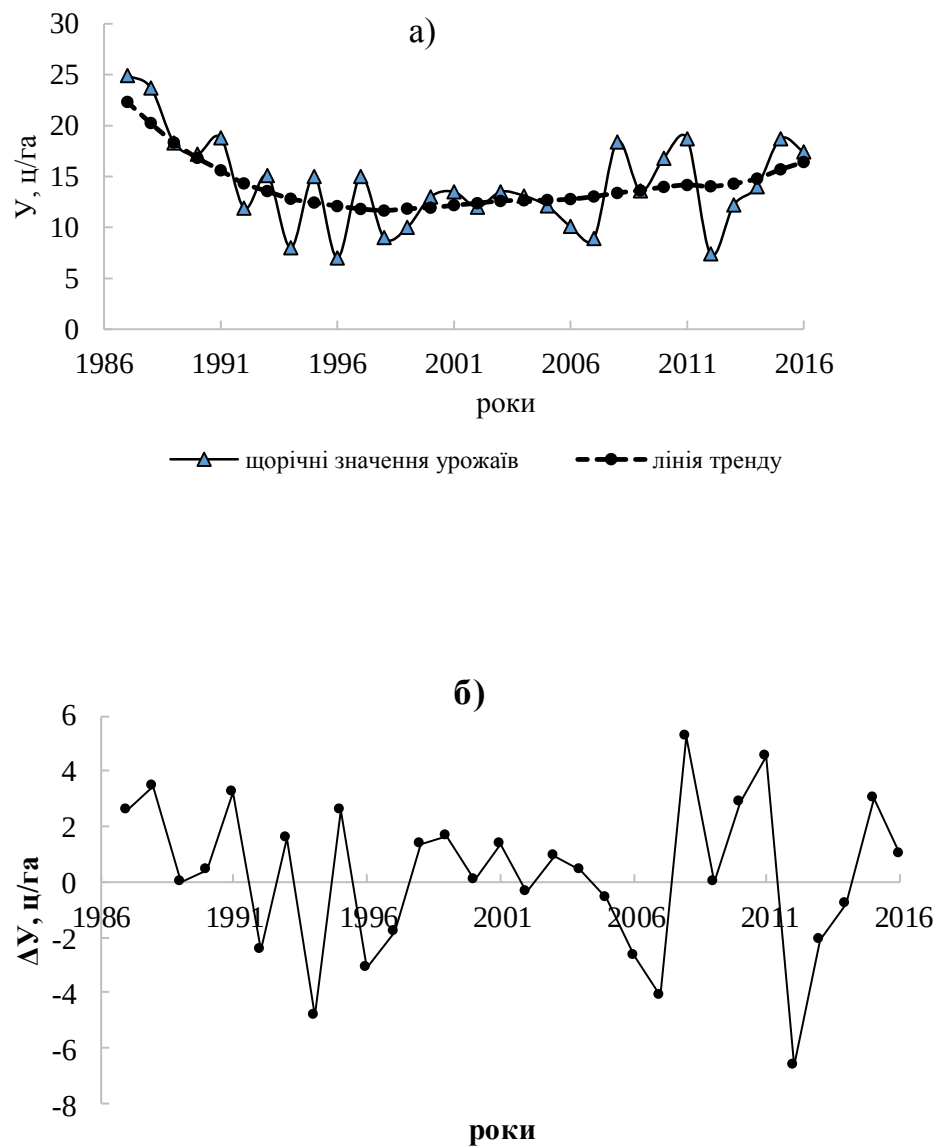


Рисунок 4.1 – Динаміка врожайності проса у Дніпропетровській області (а) і відхилень урожайності від тренду в окремі роки (б). Період 1987-2016рр.

При правильному виборі виду тренду відхилення від нього, будуть носити випадковий характер.

Для перевірки основної гіпотези (зміна випадкової величини ε_t не пов'язано зі зміною часу) ми скористалися критерієм серій, заснованих на медіані ε_{med} вибірки.

Для того щоб вхідний ряд представляв випадкову вибірку, протяжність $[K_m(n)]$ найдовшої серії (послідовність плюсів чи мінусів, отриманих шляхом зіставлення кожного члена ряду з медіаною) не повинна бути занадто великою, а загальне число серій $v(n)$ – занадто маленьким. Вибірка визнається випадковою, якщо виконується наступна нерівність (для 5%-ного рівня значущості):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ v(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (4.11)$$

де $K_m(n)$ – протяжність самої довгої серії;

$V(n)$ – загальна кількість серій для кожного регіону.

Щоб отримати ліві частини нерівностей (4.11) з відхилень від тренду $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, створюємо для кожного з розглянутих економічних районів варіаційний ряд, $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$, де $\varepsilon^{(1)}$ – найменше з усіх відхилень, а ε_{med} – медіана цього варіаційного ряду. Далі отримуємо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i -му місці ($i = 1, 2, \dots, n$) ставиться знак плюс, якщо i -те спостереження у вхідному ряді перевершує медіану, і знак мінус, якщо воно менше медіани. Якщо i -е спостереження дорівнює медіані, воно опускається. (Приклад такого розрахунку наведено в табл. 4.1 відповідно для Північного Степу на прикладі Дніпропетровської області). Потім підраховуємо протяжність самої довгої серії $K_m(n)$ і загальне число серій $v(n)$ для кожного економічного району (табл. 4.2).

Порівняння лівих і правих частин нерівностей показує, що обидві нерівності справедливі. У результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренду.

Таблиця 4.1 - Оцінка випадковості відхилень урожайності проса від тренду (Північний Степ – Дніпропетровська область)

Роки	Е	ε в спадному порядку	Серії
1987	2,58	5,22	+
1988	3,47	4,54	+
1989	-0,02	3,47	-
1990	0,39	3,21	+
1991	3,21	3,02	+
1992	-2,48	2,84	-
1993	1,56	2,58	+
1994	-4,8	2,57	-
1995	2,57	1,68	+
1996	-3,09	1,56	-
1997	-1,81	1,35	-
1998	1,35	1,34	+
1999	1,68	1,00	+
2000	0,07	0,91	+
2001	1,34	0,45	+
2002	-0,37	0,39	-
2003	0,91	0,07	+
2004	0,45	-0,02	+
2005	-0,57	-0,03	-
2006	-2,67	-0,37	-
2007	-4,12	-0,57	-
2008	5,22	-0,79	+
2009	-0,03	-1,81	-
2010	2,84	-2,09	+
2011	4,54	-2,48	+
2012	-6,62	-2,67	-
2013	-2,09	-3,09	-
2014	-0,79	-4,12	-
2015	3,02	-4,8	+
2016	1,0	-6,62	+

$$\varepsilon = 0,22$$

Таблиця 4.2 - Оцінка правильності вибору тренду урожайності проса в Північному Степу України

Зони	$K_m(n)$	$v(n)$	$3,3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
Північний Степ	4	17	8,17	10,23

В четвертому розділі представлені методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур. Оцінена динаміка врожайності проса в Північному Степу України. Оцінка правильності вибору тренду урожайності проса в Північному Степу України.

ВИСНОВКИ

З виконаної нами магістерської роботи можна зробити наступні висновки:

1. Вивчені фізико-географічне районування й агрокліматичні ресурси Південного Степу.

2. Розглянуто біологічний опис культури проса, вимоги проса до агрометеорологічних умов, вимоги до ґрунтів і мінерального живлення.

Наведена характеристика сортів культури проса. Також представлена характеристика шкідників та хвороб проса.

3. Представлений сучасний стан моделювання формування продуктивності проса.

4. Дана оцінка зміни агрокліматичних умов зростання проса у зв'язку зі зміною клімату в Північному Степу України.

Аналіз тенденції зміни клімату було виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм RCP4.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних і агрокліматичних показників за чотири періоди: 1981 – 2010 рр. (базовий період), 2021 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2040 рр. (II-й сценарний період), 2041 – 2050 рр. (III-й сценарний період). Була використана базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового.

Було визначено фази розвитку проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу.

Представлена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вирощування проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату.

За весь період вегетації проса ріст і розвиток в I-й період будуть проходити на фоні підвищеної температури на 0,9 °C, а в II-й та III-й періоди

температура повітря знизиться на 0,9 °C та 0,1 °C в порівнянні з базовим періодом.

В сценарні періоди спостерігається підвищення сумарної радіації до 581,4 кал/см²добу в I-й період, до 593,6 кал/см²добу в II-й період. Найвищий показник сумарної радіації спостерігається в III-й період і складає 601,4 кал/см²добу.

Сума опадів за вегетаційний період проса в середньо багаторічному складає 149 мм. За період вегетації в I-й період сума опадів зменшиться 29 мм і складатиме 120 мм. В II-й період сума опадів зменшиться на 11 мм і складатиме 138 мм. Найнижча кількість опадів спостерігається в III-й період і складає 97 мм, що на 52 мм менше за середньо багаторічну.

Представлена порівняння показників режиму вологозабезпеченості проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу.

Умови зволоження, що склалися, погіршать умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відносно 63%, 41% та 33% від середньо багаторічної.

Було розглянуто зміну показників фотосинтетичної продуктивності культури, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

Так, із-за зниження вологозабезпеченості в I-й та II-й періоди площа листової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 4,74 м²/м² до 4,04 та 3,94 м²/м². В III-й період очікується трохи вищий рівень площі листя і складатиме 4,48 м²/м², порівняно із середньо багаторічним періодом.

За сценарними показниками *ФП* знизиться з 217,8 м²/м² до 210,6 м²/м² в I-й період, до 189,0 м²/м² в II-й період і до 194,6 м²/м² в III-й період.

Оцінено формування урожаю проса за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу.

В I-й та II-й періоди *ПУ* всієї сухої маси збільшиться до 2057 та 1999 г/м²дек, що складає 126 та 121% від середньо багаторічного. В III-й період із-за зниження *ФАР ПУ* зменшиться до 115%.

В I-й та II-й періоди *ММУ* всієї сухої маси зросте до 897 та 865 г/м²дек, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період із-за гірших умов вологозабезпеченості *ММУ* зменшиться до 767 г/м²дек, що складатиме 90% від середньо багаторічного.

ДМУ всієї сухої маси в I-й та II-й сценарні періоди зросте до 556 та 536 г/м²дек, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період *ДМУ* зменшиться до 476 г/м²дек, що складатиме 90% від середньо багаторічного.

В перші два сценарні періоди урожай проса при 14%-й вологості зросте до 25,4 та 24,4 ц/га, що становить 105 та 101% від середньо багаторічного, а в III-й період зменшиться до 21,7 ц/га, тобто до 90% від середньо багаторічного.

Баланс гумусу під посівами проса складатиме для двох перших сценарних періодів 105 та 101%, а в III-й період зменшиться до 91% від середньо багаторічного.

4. Представлені методи оцінки мінливості врожайності сільськогосподарських культур. Був проведений аналіз динаміки врожайності проса в Північному Степу України за 30 років з 1987 по 2016 рік.

Мінімальне значення урожаю проса (7,0 ц/га) спостерігалось в 1996 році, а максимальне значення – в 1987 році і склало 24,9 ц/га. В 17 роках спостерігалися сприятливі погодні умови, що дало можливість отримати збільшення урожаю від 0,07 до 5,22 ц/га. В інші роки погодні умови негативно вплинули на врожай, що виразилося в негативному відхиленні урожаю від тенденції від -0,02 до -6,62 ц/га.

Порівняння лівих і правих частин нерівностей показує, що обидві нерівності справедливі. У результаті приймається гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматический атлас Украинской ССР / Под ред. С.А. Сапожниковой. Киев: Урожай, 1964. 36 с.
2. Географічна енциклопедія України: в 3 т / Редкол.: А.М. Маринич та ін. К.: Українська радянська енциклопедія, 1989-1993.
3. Краткий агроклиматический справочник Украины. / Под ред. К.Т. Лавинова. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 256 с.
4. Вавилов П.П. Растениеводство. М.: Агропромиздат, 1986. 124 с.
5. Просвиркина А.Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 23с.
6. Просвиркина А.Г. Гидрометеорология. Сер. Метеорология. Обзорная информация. 1985, вып. 4, 28 с.
7. Камінський В.Ф., Глієва О.В. Продуктивність та якість зерна проса за різних рівнів удобрення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Вип. 1. 2015. С. 63-71.
8. Рудник-Іващенко О. І. Залежність якості зерна проса посівного фону мінерального живлення. 2010. № 5. С. 10-11.
9. Любич О.Г. Особливості формування продуктивності та якості зерна проса залежно від умов азотного живлення на сірих лісових ґрунтах: автореф... дис. канд. с.-г. наук / Нац. наук. центр «Ін-т земл-ва УААН». К., 2008. 24 с.
10. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. К.: Аграрна освіта, 2001. 291 с.
11. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 278 с.
12. Федосеев А.П. Агротехника и погода. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 240 с.

13. Константинов С.И., Горбачева С.Н. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов проса и особенности их возделывания. Журнал «Хранение и переработка зерна». Харьков, 2003.

14. Дулов М.И., Волкова А.В., Макушин А.Н. Формирование урожая и качества зерна различных сортов проса в зависимости от уровня минерального питания и применения биопрепарата «Альбит» в лесостепи Среднего Поволжья. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. Самара, 2010. Выпуск 4. С. 86 – 92.

15. Аниканова З.Ф., Тарасова Л.Е., Фонарева С.И. Новые сорта проса. Селекция проса на качество зерна и устойчивость к болезням. Науч. тр. ВАСХНИЛ. Москва: Колос, 1979. С. 135-139

16. Временные методические рекомендации по оценке потерь урожая от вредителей и болезней полевых культур. Л., 1981, 35 с.

17. Гулидов А.М., Харченко В.Д. Вредоносность сорных сообществ и критический период вредоносности сорняков на посевах проса. /Интегрированная защита растений в условиях интенсивного с.х. производства. Воронеж, 1991, с. 81-88.

18. Лысов В.Н. Просо. Л., 1968, 224 с.

19. Бобкова З.Н., Ханыгин А.М. О нормативах поражения проса пыльной головней. Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на юго-востоке. Саратов, 1981, с. 80-86.

20. Временные методические рекомендации по оценке потерь урожая от вредителей и болезней полевых культур. Л., 1981, 35 с.

21. Гулидов А.М., Харченко В.Д. Вредоносность сорных сообществ и критический период вредоносности сорняков на посевах проса. /Интегрированная защита растений в условиях интенсивного с.х. производства. Воронеж, 1991, с. 81-88.

22. Cao, L. et al. Effects of climate warming and drying on millet yield in Gansu province and related countermeasures. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao 2010, 21, 2931–2937.

23. Singh, P. et al. An assessment of yield gains under climate change due to genetic modification of pearl millet. *Sci. Total Environ*, 2017, 601. Pp. 1226–1237.
24. Rasul, G. et al. Food and nutrition security in the Hindu Kush Himalayan region. *J. Sci. Food Agric*. 2018, 98, 429–438.
25. Asmat Ullah, et al. Assessing climate change impacts on pearl millet under arid and semi-arid environments using CSM-CERES-Millet model. *J. Environmental Science and Pollution Research*. March 2019, Volume 26. Pp. 6745-6757.
26. Toure, A. et al. Assessment of the changes in the yields of millet crop under different scenarios of climate change using DSSAT model. *J. Biol. Chem. Sci.* 12(1), February ,2018. Pp. 363-380.
27. Ritchie, T. et al. Simulation of Sorghum and Pearl Millet Phenology. In *Modeling the Growth and Development of Sorghum and Pearl Millet*. Research Bulletin No. 12. ICRISAT: Patancheru, Andhra Pradesh, India, 1989. Pp. 24–26.
28. Hoogenboom, C.H. et al., The DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy*, 18. 2003. Pp. 235-265.
29. Jena, P.R., Kalli, R. Measuring the Impact of Climate Variability on Rice and Finger Millet: Empirical Evidence from a Drought Prone Region of India. *J. Agricultural Economists*, july 28 – august 2, 2008.
30. Piara Singh, et al. An assessment of yield gains under climate change due to genetic modification of pearl millet. *J. Science of The Total Environment*. Vol. 601–602, 2017. Pp. 1226-1237.
31. Shahin, M.G., et al. Response of growth and forage yield of pearl millet (*Pennisetum galucum*) to nitrogen fertilization rates and cutting height. *J. Annals of Agricultural Sciences*. Vol. 58, Issue 2, December, 2013. Pp. 153-162.
32. Irénikatché, P.B., et al. Use of the APSIM model in long term simulation to support decision making regarding nitrogen management for pearl millet in the Sahel. *Europ. J. Agronomy*, 32, 2010. p. 144–155.
33. Akponikpe, P.B.I., et al. Spatial fields dispersion as a farmer strategy to reduce agro-climatic riskat the household level in pearl millet-based systems in the

Sahel: A modeling perspective. *J. Agricultural and Forest Meteorology*, №151, 2011, 215-227 pp.

34. Mortlock, M.Y., Vanderlip, R.L. Germination and establishment of pearl millet and sorghum of different seed qualities under controlled high-temperature environments. *J. Field Crops Research*. Volume 22, Issue 3. November, 1989. Pp. 195-209.

35. Craufurd, P.Q., Bidinger, F.R. Potential and realized yield in pearl millet (*Pennisetum americanum*) as influenced by plant population density and life-cycle duration. *J. Field Crops Research*. Volume 22, Issue 3. November, 1989. Pp. 211-225.

36. Ong, C.K., Monteith, J.L. Response of pearl millet to light and temperature. *J. Field Crops Research*. Volume 11, 1985. Pp. 141-160.

37. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем: Навчальний посібник. К.: КНТ, 2007. 344 с.

38. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 328 с.

39. Мищенко З.А. Методика агроклиматической оценки и среднемасштабного районирования территорий на основе продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорология и гидрология*, 1999. № 8. С. 87-98.

40. Сапожникова С.А. Опыт агроклиматического районирования территории СССР. Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд. МСХ СССР, 1958. С. 14-37.

41. Сверлова Л.И. Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири, Дальнего Востока и трассы БАМ для ранних яровых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 183 с.

42. Беляков И.И. Засухоустойчивость пшеницы и ячменя в разные периоды роста и развития. В кн.: Сб. трудов аспирантов и молодых науч. Сотрудников. Л.: ВИР, 1965. С. 11-17.

43. Бендат Дж., Персол А. Изменение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1971. 408 с.
44. Русакова Т.И. Разработка и внедрение новых методов агрометеорологических прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур по территории Российской Федерации. Информационный сборник № 32. 2006. С. 65–78.
45. Лебедева В.М., Страшная А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 216 с.
46. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології: Навчальний посібник. Одеса, Вид-во «ТЭС», 2003. 246 с.
47. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319с.
48. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. С.П.: Гидрометеиздат, 1982. 424 с.
49. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометиздат, 1983. 175с.
50. Полевой А.Н. О прогнозе случайной составляющей временных рядов урожайности ярового ячменя. *Метеорология, гидрология*, 1975. № 4. С. 84-90.
51. Полевой А.Н., Мызина Т.И. Методические указания по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности ярового ячменя в нечерноземной зоне ЕТС. М.: Гидрометеиздат, 1976. 39 с.