

УДК: 551.58.00114 : 61/69

КП

№ держреєстрації 0119U002458

Інв. №

Міністерство освіти та науки України
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ОДЕКУ)

65016, м. Одеса, вул. Львівська 15;
тел. 42-77-67

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з НР

д.геогр.н., проф.

Ю.С. Тучковенко

15.12.2021



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
“ ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА В
УКРАЇНІ В ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ ”
(заключний)

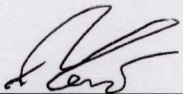
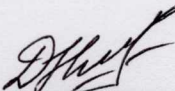
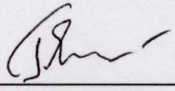
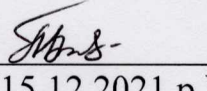
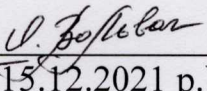
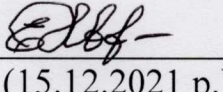
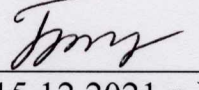
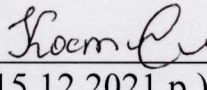
Науковий керівник НДР
зав. кафедри агрометеорології та
агроекології д.геогр.н., професор

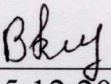
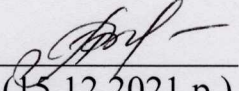
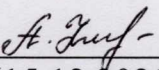
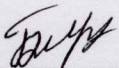
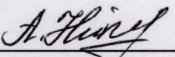
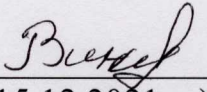
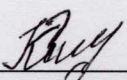

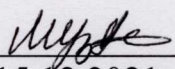
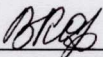
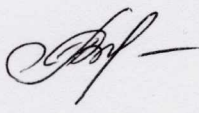
А.М. Польовий

(підпис)

Рукопис закінчено 15 грудня 2021 р.
(Результати цієї роботи розглянуто НТР ОДЕКУ)
Протокол від *№ 7 від 23.12.2021р.*

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник, д-р геогр. наук, професор, академік АНВШ України	 <hr/> (15.12.2021 р.)	А. М. Польовий (вступ, розд. 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.3, 7.4; висновки)
Відповідальний виконавець, старший викладач, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	Н.В. Данілова (вступ, розд. 2.2, 3.1, 3.2, 4.2, 5.2, 6.1; висновки)
Професор, д-р геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	Г. В. Ляшенко (розд. 2.3, 2.4, 3.3, 4.2, 5.4, 6.2)
Доцент, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	Л. Ю. Божко (розд. 2.5, 2.6, 3.4, 4.7, 5.1, 7.4)
Доцент, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	О. В. Вольвач (розд. 2.7, 2.8, 3.1, 4.3, 5.2, 7.3)
Доцент, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	О. Л. Жигайло (розд. 2.8.1, 2.8.2, 3.2, 4.4, 5.3, 6.3)
Доцент, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	О. А. Барсукова (розд. 2.10, 2.10.1, 2.11, 4.1, 5.1, 7.1)
Асистент, канд. геогр. наук	 <hr/> (15.12.2021 р.)	Т. К. Костюкєвич (розд. 2.10.2, 2.11, 2.12, 4.5, 5.4, 6.1)

Асистент, канд. геогр. наук	 (15.12.2021 р.)	В. В. Колосовська (розд. 2.5, 2.6, 3.4, 4.1, 4.7, 7.4)
Зав. навч. лаб. екології рослин та ґрунтознавства, канд. геогр. наук	 (15.12.2021 р.)	А. В. Толмачова (розд. 2.7, 2.10.1, 4.6, 5.4, 6.2)
Аспірант	 (15.12.2021 р.)	А. О. Ільїна (розд. 2.9, 2.10.2, 2.11, 4.3, 5.1, 7.3)
Студент	 (15.12.2021 р.)	Г. М. Бугор (розд. 2.6, 2.11, 4.7)
Студент	 (15.12.2021 р.)	А. М. Ніколаєва (розд. 2.5, 2.10.1, 4.6)
Студент	 (15.12.2021 р.)	О. С. Вінницька (розд. 2.10, 2.12, 4.5)
Студент	 (15.12.2021 р.)	К. А. Шуляк (розд. 2.8, 2.10.1, 4.4)
Студент	 (15.12.2021 р.)	С. П. Черняк (розд. 6.1, 7.1)
Студент	 (15.12.2021 р.)	Т. А. Музика (розд. 6.2, 7.2)
Магістр	 (15.12.2021 р.)	В. В. Корень (розд. 6.3, 7.3)
Нормоконтролер		А. В. Толмачова

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 214 с., 24 табл., 50 рис., 80 джерел.

АГРОЕКОЛОГІЧНІ КАТЕГОРІЇ УРОЖАЮ, БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, ЗМІНА КЛІМАТУ, МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, СЦЕНАРІЇ ЗМІН КЛІМАТУ, СОРТИ ПРОСА, ОРГАНОГЕНЕЗ ПРОСА, ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ, ЯКІСТЬ НАСІННЯ.

Об'єкт дослідження - посіви проса в Україні.

Мета роботи - оцінка впливу змін агрокліматичних умов на формування продуктивності проса, оцінка фотосинтетичної продуктивності проса на території України в зв'язку зі зміною клімату.

Методи дослідження - закономірності впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток і формування продуктивності проса, оцінка агрокліматичних ресурсів України стосовно до вирощування проса.

В даній роботі виконаний аналіз тенденції зміни клімату шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників за періоди за сценаріями зміни клімату.

В якості вихідної інформації використовувалися середньообласні 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.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних задач:

- вивчити вплив агрометеорологічних умов на продуктивність проса;
- оцінити просторово-часову мінливість урожайності проса;
- дати характеристику агрометеорологічних умов формування продуктивності проса в Україні;
- виконати дослідження впливу змін клімату на формування продуктивності проса шляхом порівняння даних за сценаріями зміни клімату та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників.
- виконати комплексну оцінку агрокліматичних умов вирощування культури та провести агрокліматичне районування України стосовно до культури проса.

Умови одержання звіту: за договором. Адреса: 65016, м. Одеса, вул. Львівська 15, Одеський державний екологічний університет.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	9
1 ОЦІНКА ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ПРОСА В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	11
1.1 Сучасний стан виробництва проса.....	11
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОСА.....	16
2.1 Ботанічна характеристика проса.....	16
2.2 Вимоги проса до світла.....	18
2.3 Вимоги проса до тепла.....	18
2.4 Вимоги проса до вологи.....	20
2.5 Вимоги проса до ґрунтів та мінерального живлення.....	21
2.6 Характеристика сортів проса, районованих в Україні.....	24
2.7 Етапи органогенезу проса.....	30
2.8 Технологія вирощування проса.....	33
2.8.1 Післяжнивні посіви проса.....	37
2.8.2 Післязбиральна обробка насіння проса.....	41
2.9 Значення погодних умов в онтогенезі культури просо.....	45
2.10 Основні симптоми та видовий склад збудників хвороб на рослинах проса.....	47
2.10.1 Заходи захисту проса від мікозів за органічного виробництва фітопродукції.....	57
2.10.2 Мікобіота зерна проса.....	60
2.11 Агрометеорологічні умови формування врожайності та якості насіння проса	61
2.12 Просо, як біопаливо.....	71
3 ВПЛИВ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	74

3.1 Оцінка агрокліматичних умов вегетації проса за реалізації сценарію А2.....	74
3.2 Оцінка агрокліматичних умов вегетації проса за реалізації сценарію А1В.....	84
3.3 Порівняльна характеристика продуктивності проса в умовах зміни клімату за сценарієм А2.....	94
3.4 Порівняльна характеристика продуктивності проса в умовах зміни клімату за сценарієм А1В.....	106
4 МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОСА В УКРАЇНІ.....	118
4.1 Концепція моделювання.....	118
4.2 Блок вхідної агрометеорологічної інформації.....	124
4.3 Блок показників сонячної радіації та волого-температурного режиму.....	124
4.4 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин.....	126
4.5 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням.....	129
4.6 Блок агроекологічних категорій урожайності.....	132
4.7 Блок узагальнених оціночних характеристик	134
5 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОСА В УКРАЇНІ.....	139
5.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Полісся.....	140
5.2 Агрокліматичні умови та динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Лісостепу.....	145
5.3 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі	

Північного Степу.....	151
5.4 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Південного Степу	157
6 ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ПРОСА.....	164
6.1 Ґрунтово-кліматичні ресурси вирощування проса в Україні.	165
6.2 Комплексні оцінки агрокліматичних ресурсів України.....	170
6.3 Агрокліматичне районування території України стосовно до культури проса	171
7 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА В УКРАЇНІ.....	176
7.1 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Полісся.....	177
7.2 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Лісостепу.....	184
7.3 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Північного Степу.....	189
7.4 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Південного Степу.....	195
ВИСНОВКИ	202
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	207

ВСТУП

Зміна клімату може впливати на сільськогосподарські культури різними шляхами. За межами певного діапазону підвищення температур, як правило, призводить до зниження урожайності, так як розвиток культур прискорюється, і в процесі цього скорочується обсяг урожаю зерна. Крім того, більш високі температури порушують здатність рослини отримувати та використовувати вологу.

Просо відоме своїми кліматичними властивостями, в тому числі адаптацією до широкого спектру екологічних умов, поліпшенням росту і продуктивності в умовах низького рівня поживних речовин, меншою залежністю від синтетичних добрив і мінімальною вразливістю до впливу навколишнього середовища.

Просо відноситься до числа найважливіших культур другої групи хлібних злаків. Просяна крупа, пшоно, має гарні смакові якості, легко розварюється та засвоюється.

Широко використовується просо як "страхова" культура при пересіві загиблих озимих або ранніх ярих; а також воно менше за інших зернових культур страждає від шкідників і хвороб, стійке до вилягання.

Просо – одна з найбільш посухостійких і жаростійких культур, здатна протистояти запалам і захопленням, що дуже важливо для посушливих районів і в посушливі роки, коли інші зернові культури сильно знижують урожай.

У сучасному світовому землеробстві просо вирощують на площі приблизно 40 млн. га. Загальна площа посівів проса в Україні – до 300 тис. га.

В Україні просо найбільш поширене в Степу та Лісостепу. Середні врожаї проса в країнах СНД коливаються від 13,5 до 18,4 ц/га, в Україні – від 14,9 до 19,4 ц/га.

Використовуючи прогресивні технології, найкращі господарства України вирощують до 45-55 ц/га і більше зерна на всій площі посіву.

Виробництво сільськогосподарської продукції вимагає глибокої та всебічної оцінки впливу погодних умов на процеси формування продуктивності сільськогосподарських культур.

В даний час в Україні відсутня оцінка агрокліматичних умов формування продуктивності проса, не виконано агрокліматичне районування вирощування культури проса.

Аналіз розвитку в часі будь-якого фактору, наприклад урожайності проса і погоди, вимагає багаторічних рядів спостережень. Однак подібні аналізи, особливо по врожайності, проблематичні через відсутність достатньої інформації, її достовірності в минулому, відмінностей в рівні агротехніки, родючості ґрунту і т.д.

1 ОЦІНКА ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ПРОСА В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

1.1 Сучасний стан виробництва проса

В історії просо відоме вже понад 4 тис. років. Найбільш поширеною ця культура була у період Середньовіччя, і особливо в країнах Європи, де вона відгравала стратегічне значення. Проте, починаючи з XVI ст., з впровадженням у виробництво кукурудзи, гречки, картоплі, вівса, площі під просом почали поступово скорочуватися. А у XX ст. культура проса практично втратила своє господарське значення, що пов'язано зі значним збільшенням обсягів вирощування зернових і технічних культур. У XXI ст. спостерігається тенденція до збільшення посівних площ у світі, зайнятих просом. Так, відповідно до даних Департаменту сільського господарства США, посіви культури в країнах світу у 2007 р. становили 34,2 млн. га, у 2008 р. – 34,8 млн. га, у 2009 р. – 35,7 млн. га. Третина світових площ під просом зосереджена в Індії, по 1/6 – в Нігерії та Республіці Нігер. На сьогоднішній день просо у структурі світового виробництва посідає шосте місце після кукурудзи, рису, пшениці, ячменю і сорго. В Україні просо є однією з основних круп'яних культур, цінність якої обумовлюється значним переліком переваг. Незважаючи на це, обсяги виробництва проса в нашій країні є незначними, що призводить до певного ажіотажу та високих цін на круп'яну продукцію із проса. Найбільші площі посівів проса в Україні слід відзначити у 2000 р. – 366,5 тис. га, найменші – у 2010 і 2013 рр. – 85,3 і 78,0 тис. га відповідно. З 2000 по 2013 рр. посівні площі, зайняті просом в Україні скоротилися у 4,7 раза. Якщо проаналізувати обсяги вирощування проса у розрізі сільськогосподарських підприємств і господарств населення, то можна простежити чітку закономірність поступового скорочення площ посівів проса на підприємствах і помітну позитивну динаміку нарощування посівних площ у господарствах

населення. Так, у 2000 р. частка сільськогосподарських підприємств у загальних обсягах вирощування проса в Україні становила 96,6%, а частка господарств населення – тільки 3,4%. У 2013 р. зазначені показники становили відповідно 54,7 і 45,3%.

Просо вирощують в усіх областях України, за виключенням Чернівецької і Закарпатської областей. Найбільші валові збори зерна отримують у Миколаївській, Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській і Харківській областях. Слід зазначити, що і ґрунтово-кліматичні умови цих регіонів є найбільш сприятливими для вирощування проса. У західних регіонах нашої країни вирощування цієї культури обмежене, хоча в окремі роки тут одержують високі, якщо аналізувати показники в розрізі регіонів, рівні урожайності зерна проса.

Слід зазначити, що середня врожайність проса в світі низька і становить близько 1,0 т/га. Найвищі врожаї зерна цієї круп'яної культури одержують у Китаї – 2,4 т/га. Проте потенціал продуктивності проса набагато вищий. Сучасні сорти за належної технології здатні забезпечувати врожаї зерна на рівні 4,0–4,5 т/га і більше. Актуальним завданням сучасного агропромислового комплексу України є збільшення врожайності та валових зборів проса, тим більш на фоні світової продовольчої кризи. Одним з шляхів вирішення останньої є забезпечення населення відносно дешевими крупами, експортером яких може стати наша країна. Дуже важливо впроваджувати у виробництво нові сорти проса, які здатні формувати високі рівні врожайності зерна з відмінними показниками якості і високим виходом крупи, та дотримуватися сучасних технологій вирощування, які б ураховували генетичні особливості сортів і ґрунтово-кліматичні умови зон вирощування. Це дозволить частково вирішити проблему забезпечення населення високоякісним продовольчим зерном в обсягах, необхідних для забезпечення як внутрішніх потреб, так і формування експортного потенціалу. Україна має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для розвитку галузі круп'яного виробництва і володіє усіма необхідними можливостями для розширення площ посівів під просом та

істотного збільшення його продуктивності [1, 2].

Зміна клімату є важливою екологічною, соціальною та економічною проблемою. Це загрожує досягненню цілей розвитку тисячоліття, спрямованих на скорочення бідності і голоду, поліпшення здоров'я і забезпечення екологічної стійкості. Зміна клімату позначається на сільськогосподарському виробництві та створює додатковий тягар, особливо для країн, що розвиваються, в досягненні цілей продовольчої безпеки, коли населення швидко збільшується; отже, підвищення врожайності необхідно для задоволення зростаючого попиту на продукти харчування [3].

Зернові культури, включаючи пшеницю, кукурудзу і рисові поля, вважаються основними культурами, оскільки вони є основними продуктами харчування для більшості населення в усьому світі. До 2050 року збільшення продовольчого попиту на зернові має збільшитися на 70-100%, щоб забезпечити прогнозоване населення світу в 9,8 мільярда чоловік [4]. Ця проблема ще більш ускладнюється різким скороченням кількості родючих і орних земель, доступних для вирощування цих культур, які, як очікується, будуть продовжувати зменшуватися в майбутньому через сучасні методи ведення сільського господарства [5]. Дослідники сходяться на думці, що глобальна зміна клімату може вплинути на врожайність сільськогосподарських культур і є проблемою, яку необхідно вирішити для досягнення продовольчої безпеки. Глобальне потепління може знизити чистий приріст вуглецю за рахунок збільшення швидкості дихання рослин, що, в свою чергу, призведе до зниження врожайності сільськогосподарських культур і навіть може призвести до навали бур'янів, патогенних мікроорганізмів і шкідників [6]. У світі, де чисельність населення зростає і досягає нестійких рівнів, різке скорочення врожайності основних зернових культур в сільському господарстві може значно ускладнити забезпечення продовольчої безпеки.

Дуже важливо розуміти, що клімат змінюється також і по всій Україні, але ці зміни розрізняються залежно від регіону. Територія України і різноманітність її природних умов зумовлюють нерівномірність прояви

кліматичних змін в різних регіонах. Наприклад, зростання посушливості найбільшою мірою відзначається в південних регіонах України.

Зміна клімату робить землі більш суворими в усьому світі, включаючи і Україну. Сільськогосподарські культури вразливі до зміни клімату, яка пов'язана з підвищенням температури, підвищенням вмісту CO₂ і зміною опадів і ці зміни можуть привести до значного зниження врожайності. Крім того, в останні десятиліття почастишали екстремальні погодні явища, такі як посухи, сильні спеки і проливні дощі, які призвели до повеней. Розширення виробництва сільськогосподарських культур для задоволення зростаючих потреб в зв'язку з ростом населення на тлі загроз зміни клімату є складним завданням. Тому нам необхідно приділяти більше уваги дослідженням в області адаптації та пом'якшення наслідків, нарощування потенціалу, змін в політиці, національному або регіональному співробітництву та підтримки фондів адаптації та інших ресурсів для зведення до мінімуму несприятливих наслідків [7].

Адаптація до зміни клімату і екстремальних явищ служить основою для зниження уразливості до довгострокових змін клімату. Прості методи адаптації, такі як використання готових до зміни клімату культур, або стійких до теплових стресів сортів, коригування термінів посадки, поліпшення практики збереження та управління водними ресурсами, ефективне управління добривами і поліпшення боротьби зі шкідниками, можуть допомогти зменшити наслідки зміни клімату. Деякі фермери вже використовують посухостійкі культури, які більш стійкі до зміни кліматичних умов, особливо - до високих температур і засух, а також культури з більш коротким періодом дозрівання. Щоб адаптуватися до зміни клімату, нам потрібні культури, які не потребують великої кількості обмежених природних ресурсів. Однією з таких культур є просо. Просо - це витривала, екологічно чиста зернова культура, схильна до посухи і теплового стресу. Урожай продовжує виробляти високопоживне зерно, сприяючи тим самим боротьбі з бідністю і відсутністю продовольчої безпеки завдяки своїй стійкості. Просо залишається нашою сільськогосподарською

відповіддю на кліматичне лихо, з яким ми стикаємося, так як воно найбільш витривале до кліматичних змін. Зважаючи на обставини, вирощування проса має бути відновлено, шляхом виявлення варіантів виробництва в контексті мінливих кліматичних сценаріїв в Україні з використанням методів моделювання сільськогосподарських культур.

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТУРИ ПРОСА

2.1 Ботанічна характеристика проса

Просо звичайне волотисте (*Panicum Miliaceum*) – однорічна культурна рослина. Розрізняють 5 підвидів просо:

1. Розкидистий – вісь волоті пряма і довга, а гілки сильно відхилені від осі, подушечки знаходяться біля основи всіх гілок.

2. Розлогий – вісь волоті пряма і довга, але бокові гілки менше відхилені від осі, подушечки зустрічаються тільки у нижніх гілок.

3. Стиснутий (пониклий) – вісь довга, вигнута, всі бокові гілки притиснуті до головного стержня, подушечок немає або вони слабо виражені.

4. Напівгрудкуватий (овальний) – волоть коротка, щільна, нижні гілки відхилені, а верхні притиснуті до осі, подушечки є лише у нижніх гілок.

5. Грудкуватий – волоть найбільш коротка, пряма, щільна, з сильно притиснутими до головної осі короткими боковими гілками, подушечки відсутні [1, 2].

Підвиди проса відрізняються не тільки морфологією, а й біологічними властивостями. Напівгрудкувате та грудкувате просо характеризується теплолюбністю і посухостійкістю, його вирощують на південному сході країни, а просо розкидисте та розлоге відноситься до північного екотипу, райони вирощування сортів цих підвидів досягають Нечорноземної зони.

Підвиди проса за забарвленням зерна, за наявністю або відсутністю антоціанового забарвлення на колоскових лусках ділять на різновиди.

Зерно проса дрібне, маса 1000 насіння (в плівках) дорівнює 5-10 г. Квіткові плівки складають 15-25% від маси зернівки.

Коренева система – мичкувата. Зерно проростає одним первинним корінцем. Коренева система проникає на 100-150 см, а в ширину на 100-120 см, але основна маса коренів знаходиться на глибині не більше 40 см. Просо

утворює і повітряні коріння, що підвищують стійкість до вилягання та посухи. При пересиханні верхнього шару ґрунту – вузлові корені не утворюються, і рослина розвивається на зародкових коріннях та коріннях, що утворилися на епикотилі. При нормальній вологості ґрунту, з нижніх підземних вузлів з'являється безліч додаткових коренів. Утворення цих коренів починається після утворення 2 листка, через 15-20 днів вони досягають глибини понад 40 см і формують мичковату кореневу систему. Період найактивнішого розвитку кореневої системи збігається з другою половиною кущіння та початком викидання [2, 3, 4].

Стебло проса просте або гіллясте, майже циліндричне, всередині порожнє, з невеликим поздовжнім жолобком, звернене до листка, сильно- або слабо опушене. Висота досягає 1 м, але може значно змінюватися, залежно від кліматичних факторів та умов живлення. Число міжвузлів коливається в межах 2-10. При рядковому посіві просо формує 2-3 стебла з волотю, інші стебла частіше непродуктивні. При необмеженій площі живлення просо може розвивати до 20 стебел.

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

Суцвіття – волоть, довжиною 10-50 см, без опушення, зелена або світло-жовта, 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 порядків. В основі гілочок можуть бути потовщення паренхімної тканини (подушечки), які обумовлюють ступінь відхилення гілочок від головної осі та визначають тип волоті. Колоски розміщені по одному на кожній гілочці. У

колоскові частіше 2 квіткі, з яких нижня недорозвинена, але в деяких випадках може бути плодovитою. Нормально розвинений колосок має три колоскові луски. Колоски верхньої частини суцвіття розвинені краще, колоски нижньої частини волоті, що сформувалися пізніше, часто недорозвинені [3, 4].

Плід – плівчата зернівка. Плівки, утворені квітковими лусками, не прирастають до зерна. Плівчатість сучасних сортів складає – 16-18 %. Форма зернівки округла, овально-округла або овально-видовжена. Фарбування біле, світло-жовте, жовто-буре, червоне, сіре, кремове, коричневе. Маса 1000 зерен – 5-10 г.

2.2 Вимоги проса до світла

Просо – світлолюбна рослина; їй необхідно накопичити велику кількість органічної речовини за короткий період вегетації. За даними професорів А.А. Наливкіна та П.П. Вавілова, вона добре відгукується на поліпшення світлового режиму при направленні рядків посіву з півночі на південь і підвищує урожай на 6-10 %. Найвища інтенсивність фотосинтезу відзначається в період від початку наливу зерна до повної стиглості. Тому похмура погода в другу половину вегетації пригнічує просо та значно затягує період вегетації. Затінення рослин при загущенні або засміченні посівів також погано переноситься просом. Це типова рослина короткого дня. У міру наближення до північної межі його вирощування вона значно подовжує період вегетації, який при більш пізніх термінах сівби, а особливо при пожнивних посівах значно (на 15-20 днів) скорочується [5, 6].

2.3 Вимоги проса до тепла

Просо відноситься до теплолюбних рослин та до рослин короткого дня. Хоча насіння починає повільно проростати при температурі 6-8 °С, найбільш сприятливою температурою для вегетації проса слід вважати 18-24 °С. Тому

просо належить до числа культур щодо пізніх термінів сівби. У той же час із-за малих розмірів насіння вимагає дрібного закладення та не виносе просихання поверхневих шарів ґрунту, що може трапитися при запізненні з сівбою. Вегетаційний період різних сортів коливається від 60 до 120 днів.

Умови південних районів сприятливі для культури проса. Настання стійких температур ґрунту близько 12-15 °С відзначається на початку травня. Температура повітря та ґрунту порівняно швидко наростає, чим забезпечується дружна поява сходів і нормальний розвиток рослин.

Якщо в період проростання температура знижується до 8-9 °С, сходи з'являються тільки через 15-18 днів. Сходи витримують заморозки незначні до мінус 2 °С, а при мінус 3,5 °С в більшості гинуть або сильно пошкоджуються. Дуже шкідливою для сходів проса є тривала дія низьких позитивних температур (6-10 °С) і хмарна погода. У рослині при цьому різко знижується фотосинтез, що може призвести до її загибелі [3, 7, 8].

У наступні фази потреба проса в теплі також висока. Температурами, сприятливими для росту, є: сходи – кущіння 18 °С, кущіння – викидання 20 °С, викидання – цвітіння 23 °С і цвітіння – дозрівання 21 °С.

Сума ефективних температур для ранньостиглих сортів проса приблизно 1500 °С, середньостиглих – понад 1600 °С, а в прохолодні та вологі роки більше 2000 °С.

Сума активних температур за період вегетації у проса вища, ніж у хлібів першої групи (1800-2100 °С). Захоплене заморозками (пізніх термінів сівби), воно дає морозобійне зерно, яке погано зберігається.

Високі температури просо переносить краще, ніж інші хліба. Це пояснюється тим, що його продихові клітини зберігають регулюючу здатність навіть при температурі 38-40 °С протягом 48 годин, у той час як в озимій пшениці параліч клітин настає вже через 15-25 год, а у вівса – через 4-5 год (за даними В.П. Зеленського) [5, 6].

2.4 Вимоги проса до вологи

До вологи просо менш вимогливе, ніж інші хліба. Для проростання його насінню потрібно води всього 25 % їх маси. Транспіраційний коефіцієнт дорівнює 200-250. Коренева система має велику вбирну силу та здатна витягувати з ґрунту вологу навіть при її утриманні, близькій до півтора гігроскопічності. П.П. Вавілов відносив просо до найбільш посухостійких сільськогосподарських культур.

Посухостійкість його пояснюється здатністю тимчасово припиняти ріст (на термін посухи впадає як би в стан анабіозу), згортати листя і розстилати надземну частину по землі, що зменшує випаровування вологи [9, 10, 11].

Просо краще переносить посуху в період від появи сходів до виходу в трубку. Період від кінця кушіння до утворення зерна – критичний для проса за потребою у волозі: проходять відповідальні етапи органогенезу. Чим краще рослини забезпечені вологою та поживними речовинами в цей час, тим вищий урожай.

Просо дуже добре використовує опади, що випадають у другій половині літа, коли для хлібів першої групи вони вже майже марні.

Рослини проса економно використовують вологу. Для проростання насіння достатньо всього 25-30 % води від його маси. Просо здатне формувати вузлові корені при мінімальній вологості ґрунту. Все ж зростання кореневої системи та надземної маси при тривалій посузі (1-1,5 місяці) затримується, на рослинах формуються суцвіття маленьких розмірів, які часто бувають марними. Тому для проса також необхідна достатня кількість вологи в ґрунті, особливо в період формування генеративних органів – приблизно за декаду до викидання волоті [12, 13, 14, 15].

У проса рідко спостерігається запал зерна, його коренева система добре забезпечує суцвіття водою навіть тоді, коли в ґрунті кількість вологи наближається до метрового запасу. Слід також зазначити, що просо,

відрізняючись високою посухостійкістю, інтенсивно підвищує свою продуктивність при зрошенні.

2.5 Біологічні особливості проса: вимоги проса до ґрунтів і мінерального живлення

Коренева система проса відзначається недостатньою здатністю до засвоєння поживних речовин, тому воно краще росте на ґрунтах, добре забезпечених легкодоступними сполуками поживних речовин. Кращими ґрунтами для нього є чорноземи та каштанові, причому за сухої погоди високі врожаї проса отримують при вирощуванні на ґрунтах середнього та важкого механічного складу, за умов достатнього зволоження – на легких ґрунтах.

Просо дає високі врожаї на землях, багатих органічними речовинами, що мають нейтральну або близьку до неї реакцію ґрунтового розчину (рН сольовий 6,5 або 7,5). Воно не виносить кислих, заболочених, важких суглинних земель. Найкраще під цю культуру відводити структурні, добре аеруємі ґрунти з високим вмістом легко розчинних поживних речовин, чисті від бур'янів, середні та легко суглинкові [16, 17, 18, 19].

На початку розвитку просо особливо чутливе до нестачі азоту та до кушніння найбільше споживає його (7-8 % загальної потреби) та у зворотньому порядку – калію, кальцію, фосфору. Найбільш інтенсивно рослини використовують поживні речовини в період кушніння – 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.

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.

Внесення частини азотних добрив у вигляді підживлення найбільш доцільно на широкорядних посівах в дозі 15-20 кг/га при першому міжрядному обробітку ґрунту. Використання азоту для пізніх позакорневих підживлень у фазі наливу зерна має сенс лише для підвищення білковості зерна. Вносять їх в дозі 5-10 кг/га на посіви у фазі наливу зерна, поєднуючи з обробітком рослин пестицидами.

На відміну від інших злаків зернових культур споживання елементів живлення просом триває майже до самого дозрівання. При цьому на ранніх етапах розвитку (сходи та кущіння) рослини проса засвоюють азотистих сполук більше, ніж калійних і фосфорних, в період кущіння та цвітіння вони особливо багато споживають калію.

Споживання фосфору просом по фазах розвитку проходить більш рівномірно, ніж споживання калію, хоча в перші шість тижнів засвоюється менше 10 % всієї кількості фосфорних сполук. У зв'язку з інтенсивним зростанням надземної маси та формуванням вегетативних органів найбільше поживних речовин споживається просом у другий період розвитку (кущіння – цвітіння).

Позитивний вплив азотистих добрив проявляється не тільки у підвищенні врожаю, а й у збільшенні вмісту азотистих сполук в зерні. Просо дуже чутливе до внесення органічних і мінеральних добрив [20, 21, 22].

Просо найкраще забезпечується поживними речовинами. Удобрюють просо в основному мінеральними добривами, а гній вносять під попередники. Взагалі вносити гній під просо не варто, так як у складі гною, особливо свіжого, є багато насіння бур'янів. Мінеральні фосфорно-калійні добрива рекомендується вносити під основний обробіток ґрунту в таких дозах: у Поліссі по 60-70 кг/га, Лісостепу по 40-60 кг/га фосфору та калію; в Степу 40-50 кг/га фосфору і 30-40 кг/га калію.

У початковий період розвитку просо особливо має потребу у фосфорі, до фази кущення – в азоті. Найбільш інтенсивно рослини використовують поживні речовини в період кушіння – цвітіння, коли посилено розвивається вегетативна маса, та формується волоть. Тому недолік основних елементів живлення в цей час призводить до зниження урожаю зерна. За даний період рослини споживають 70 % азоту, 60 % фосфору та практично весь калій. Крім основних елементів, просо має потребу в мікроелементах, які підвищують активність ферментів і беруть участь у біохімічних процесах. Поживні речовини просо засвоює нерівномірно та майже все до дозрівання. У період від сходів до кушіння споживається – 7 %, від фази кушіння до цвітіння – 65 %, від цвітіння до дозрівання – 28-30 % від усієї кількості елементів живлення, які споживаються.

Азот, особливо у формі аміачних добрив, необхідний рослинам для утворення білкових речовин. При нестачі азоту в ґрунті рослини гірше розвиваються, слабшає процес кушіння, листя жовтіє, потім червоніє та відмирає.

Фосфор потрібен рослинам як елемент живлення та для більш повного засвоєння азоту, без якого затримується синтез білків. Він сприяє кращому розвитку кореневої системи, генеративних органів, прискорює дозрівання. При нестачі фосфору слабшає загальний розвиток рослин і затримується цвітіння та дозрівання.

Калій сприяє синтезу білків. Він бере участь в утворенні вуглеводів, хлорофілу, каротину та інших речовин, підвищує зимостійкість рослин. При його нестачі ріст рослин йде гірше, знижується кушіння, листя набуває синювато-зеленого забарвлення з бронзовим відтінком, краї їх буріють і закручуються. Велику роль у харчуванні рослин відіграють кальцій, особливо у вуглеводному обміні, та мікроелементи (марганець, бор, мідь, молібден та ін.).

З урожаєм зерна проса 1 т і відповідної кількості соломи, відчужується: азоту – 30-32 кг, фосфору – 13-15 кг, калію – 20-34 кг, кальцію – 10-13 кг. При розробці системи застосування добрив необхідно враховувати особливості

надходження поживних речовин у рослини, форми добрив, типи ґрунтів, зону вирощування.

Ефективність видів добрив під просо залежить від типу ґрунту. У південних районах, на звичайному чорноземі та каштанових ґрунтах, найбільше збільшення врожаю дають фосфорні добрива. У лісостепових районах, на сірих лісових ґрунтах і вилуженому чорноземі, найбільш ефективні азотні добрива, потім фосфорні [23, 24].

Фосфорні та калійні добрива вносять восени під оранку або зерновими сівалками на глибину 3-4 см перед обробітком ґрунту безвідвальними знаряддями, азотні – під передпосівну культивуацію. У рядки при посіві вносять гранульовані фосфорні або азотно-фосфорні добрива в дозі – 10-15 кг/га. Підживлення азотними добривами за рідкісним винятком неефективне.

2.6 Характеристика сортів проса, районуваних в Україні

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

Сільськогосподарському виробництву потрібні нові, більш урожайні, пластичні сорти, здатні максимально використовувати кліматичні та ґрунтові умови зростання та протистояти крайнім відхиленням метеорологічних факторів. Необхідні сорти, що поєднують високу продуктивність, посухостійкість, холодостійкість, стійкість до вилягання, осипання зерна, ураження сажкою та меланозом, запалу та захопленню зерна, дружність викидання волоті та гарну озерненість, різну скоростиглість, високі технологічні показники якості зерна (крупність, висока вирівняність, високий вихід крупи), високі споживчі якості крупи (скловичність 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 [25, 26].

На території України районовані наступні сорти:

Харківське 57. Занесений до Реєстру з 1987 року для зон Степу, Лісостепу та Полісся. Національний стандарт України. Різновид – aureum. Вегетаційний період 90-105 діб. Стійкий до осипання зерна та вилягання рослин. Посухостійкість вище середньої. Зараження меланозом – слабка. Найбільша врожайність – 4,2 т/га. Маса 1000 зерен становить 7,0-7,4 г. Відноситься до цінних сортів. Відрізняється високими технологічними якостями крупи. Плівчатість зерна 14-16%, вихід крупи 78-82%, вміст білка 11-12%. Каша розсипчаста, смак каші 4,0 бали.

Харківське 31. Занесений до Реєстру з 1996 року для зон Степу та Лісостепу. Різновид – aureum. Вегетаційний період 95-105 діб. Маса 1000 зерен становить 7,2-7,6 г. Посухостійкість вище середньої. Стійкий до вилягання рослин і осипання зерна. Зараження зерна меланозом слабке (0,5-1,0%). Найбільша урожайність сорту 4,5 т/га. Відрізняється високими технологічними та споживчими якостями зерна та крупи. Плівчатість зерна 15,2-17 %, вихід крупи 78-81%, вміст білка 11,2-11,6%. Каша розсипчаста, смак каші 4,3 бали.

Слобідське. Занесений до Реєстру з 2002 року для зон Лісостепу та Полісся. Різновид – aureum. Вегетаційний період 100-105 діб. Маса 1000 зерен становить 7,7-8,4 г. Посухостійкість вище середньої. Стійкість до вилягання середня. Високоврожайний – максимальна урожайність склала 6,2 т/га. Сорт з відмінними якостями крупи, плівчатість зерна 16,4-17,4%, вихід крупи 80-82%, вміст білка 11,2-12,6%, вміст каротиноїдів 4,5-5,8 мг/кг. Пшоно яскраво-жовтого кольору, каша розсипчаста, смак каші 4,8-5,0 балів.

Костянтинівське (новий). Занесений до Реєстру з 2006 року для Степової зони. Різновид – aureum. Тривалість вегетаційного періоду 67-75 діб. Рослини середньорослі, стійкі до вилягання. Маса 1000 зерен 7,0-7,4 г. Посухостійкий,

стійкий до вилягання та осипання зерна. Визріває на 10-12 діб раніше за стандартні сорти при високій продуктивності рослин. Відрізняється гарними технологічними якостями зерна та високими споживчими властивостями крупи. При літніх термінах сівби урожай становить 1,2-1,5 т/га. Рекомендується також у змішаних посівах з горохом і соєю для отримання високопоживної кормосуміші збалансованої за білком та незамінним амінокислотам.

Парус (новий). Занесений до Реєстру з 2008 року для Степової зони. Різновид – *aureum*. Волоть велика, в нижній частині волоті є подушечки біля основи. Вегетаційний період 91-110 діб. Зерно золотисте, кулясте, велике, маса 1000 зерен 7,8-8,4 г. Стійкий до вилягання. Висота рослин 100-120 см. Відрізняється підвищеною посухостійкістю. Гарантована надбавка урожаю 0,26 т/га. Характеризується високими технологічними показниками якості зерна: вихід крупи 83%, плівчатість 16,8%, оцінка якості каші 4,2 бали, зараження меланозом від 0,8 до 4,0%. Вміст білка становить 14,8%.

Ювілейне (новий). Передано до Державного сортовипробування в 2005 році. Різновид – *aureum*. Вегетаційний період 91-102 діб. Маса 1000 зерен 7,8-8,2 г. Стійкий до вилягання та осипання. Характеризується високими технологічними показниками зерна та крупи: вихід крупи 83%, плівчатістю 16,5%, оцінка якості каші 4,2 бали, крупа яскраво-жовтого кольору, зараження меланозом 2,7%. Найбільша урожайність на сортодільницях України склала 4,98-5,31 т/га.

Козацьке (новий). Передано до Державного сортовипробування в 2007 році. Різновид – *aureum*. Вегетаційний період 98-104 діб. Маса 1000 зерен 8,0 г. Стійкий до вилягання та осипання зерна. Зараження меланозом від 1 до 4 %. Характеризується високими технологічними показниками зерна та крупи: вихід крупи 82,9%, плівчатість 16,2%, маса 1000 зерен 8,0 г, крупа яскраво-жовтого кольору, оцінка каші 4,4 бали.

Білгородське 1. Виведений в Білгородському СХІ та Українському НДІ рослинництва, селекції та генетики ім. В.Я. Юр'єва багаторазовим індивідуальним добором з гібриду Миронівське 51 х ВИР К-6361. Різновид –

aureum. Волоть стисла, зерно округле, жовте. Маса 1000 зерен 6,8-8,3 г. Плівчатість 17%. Середньостиглий, вегетаційний період 84-93 дня, дозріває одночасно зі стандартом. Стійкість до вилягання та осипання середня. Технологічні та круп'яні якості високі. Вирівняність 80%. Вихід крупи 76%. Колір крупи та каші жовтий, смак 4 бали. Вміст білка 12 %. Зміст зіпсованого ядра 3,1%, у стандарту 6,2%. Віднесено до цінних сортів за якістю зерна.

Благодатне. Виведений у ВНДІ зернобобових і круп'яних культур НВО "Орел" методом багаторазового індивідуального добору з гібридної популяції Іртишських 201 х (Веселоподільський 38 х Подолянська 24/273). Різновид – кокцінеум. Волоть розлога, жовта, щільна, з добре озерненою верхньою частиною. Зерно округле, червоне. Висота рослин 82-121 см. Стійкість до вилягання 3-5 балів, до осипання 4,3-4,5 балів. Посухостійкість середня. Технологічні та кулінарні властивості високі, близькі до цінних сортів. Маса 1000 зерен 6,8-8,0 г. Плівчатість 16-17%. Вирівняність 80-89%. Вихід крупи 76-78%. Зміст зіпсованого ядра 0-3,4%, менше, ніж у сорту Швидке на 4,3%. Колір каші жовтий, яскраво-жовтий, смак 4-5 балів. Вміст білка 11-12%. Цінний за якістю сорт. Заражується сажкою при штучному зараженні значно (більше 70%), як і стандарт; в природних умовах – слабо. Середньосприятливий до бактеріозу та стеблового метелика.

Швидке. Виведений у ВНДІ зернобобових і круп'яних культур багаторазовим індивідуальним доббором з популяції 707 (Київське 574 х Шатіловська 624 х Лобановського червоне). Різновид – субкокцінеум. Волоть розлога з антонціаном, подушечки слабо забарвлені. Зерно округле, червоне. Ранньостиглий сорт інтенсивного типу. До осипання середньостійкий. Висота рослин 75-100 см, на 9-19 см нижче стандартів. Стійкий до вилягання. Технологічні та круп'яні якості вище середньої. Маса 1000 зерен 6,3-7,1 г. Плівчатість 16,6-17,0%. Зерно менш вирівняне, вирівняність 58-78 %. Вихід крупи 75-78%. Зміст зіпсованих ядер на 2,3-3,5% менше. Колір і смак

каші 3,0-4,5 балів. Вміст білка 13,8-14,4%. Характеризується середньою сприйнятливістю до головної.

Горлінка. Виведений на Кінельський держселекстанції методом відбору форм з антоціаном на тлі штучного зараження сажкою з (Скоростигле 66 х ВНС 29) х [Оренбурзьке 21 х (Кінельське 2462 х К-2182)]. Різновид – субсангвінеум. Волоть стисла, з антоціаном. Зерно округле, червоне. Середньостиглий, вегетаційний період 78-84 днів, дозріває на 5-12 днів раніше стандарту. Стійкість до осипання середня. Посухостійкий. Маса 1000 зерен 7,9-9,1 г, на 0,7-1,6 г більше стандарту. Плівчатість 17-19%. Вирівняність 78-87%. Вихід крупи 75-77%. Кулінарна оцінка висока, колір крупи і каші 4,0-4,5 балів, смак 4,2 бали. Зміст зіпсованих ядер 0,4-3,1%, на 0,7% менше, ніж у стандарту. Вміст білка 12,5-15,9%. Цінний за якістю сорт. Характеризується слабкою сприйнятливістю до головної при сильному зараженні стандарту. Використовують сорт в інтенсивній технології виробництва зерна, для запобігання можливого розвитку головешки необхідно передпосівне протруювання насіння вітаваксом, фундозолом.

Колоритне 15. Походження: з гібридної комбінації Воронежське 244 х Лінія 273 на інфекційному фоні. Різновид – кокцінеум. Волоть розлога, жовта довжиною 26-28 см. Зерно велике, напівкругле, червоне. Маса 1000 зерен 7-9 г. Середньостиглий, дозріває за 73-86 днів. Висота рослин 60-115 см. Стійкість до вилягання, осипання та посухи на рівні стандарту. Кулінарні якості вище середніх. Сорт містить ген стійкості до головної Sph 1. При штучному зараженні в сильній мірі заражується сажкою, в польових умовах регіону в межах 0,5-7,0%. Середньостійкий до бактеріальної плямистості. За даними оригінатора, стійкий до меланозу. Потрібне протруювання насіння.

Липецьке 19. Виведений в НПСХ Центрально-Чорноземної смуги ім. В.В. Докучаєва та на Липецькій державній обласній сільськогосподарській дослідній станції методом індукованого мутагенезу (насіння сортозразку 947 оброблене диметилсульфатом концентрації 0,04%). Різновид – кокцінеум. Волоть розлога. Зерно кулясте, червоне, ближче до світло-червоного. Маса

1000 зерен 6,7-8,0 г. Плівчатість 18-22%. Середньостиглий, вегетаційний період 77-92 дня, дозріває на 3 дні раніше стандарту. Стійкість до вилягання та осипання середня. Вирівняність 48-71%, вихід крупи 72-76%, що дорівнює стандарту. Колір крупи та каші яскраво жовтий, смак 5 балів. Вміст білка 9-13%. Віднесено до цінних сортів за якістю зерна. Зараження сажкою – вище середнього, але слабкіше стандарту.

Миронівське 51. Виведений у Миронівському науково-дослідному інституті селекції та насінництва пшениці індивідуальним добором з лінії, виділеної з сорту Миронівське 85. Різновид – ауреум. Волоть стисла, зерно золотисто-жовте. Відноситься до степової української екологічної групи. Волоть порівняно поникла, довга (30-35 см); гілки тонкі, першого порядку без подушечок, звисають в одну сторону в основі. Колоски солом'яно-жовті, великі. Зерно овально-видовжене, крупне. Маса 1000 зерен 6,8-7,7 г. Натура зерна висока (700-760 г/л). Плівчатість середня (19%). Осипання слабе. Рослина високоросла (80-120 см). Стебло порівняно тонке, добре опушене, число міжвузлів 5-7. Листя світло-зелені, широкі. Кущ прямостоячий, стійкий до вилягання. Сорт середньопізній (від посіву до дозрівання 99-114 днів). Пластичний, поєднує високу продуктивність з відмінною якістю крупи. Посухостійкість середня. Зараження сажкою середня, в умовах штучного зараження сильна; просяним комариком пошкоджується слабо, стебловим метеликом – середньо. Технологічні та круп'яні якості високі. Вихід крупи 77-80%. Крупа та каша яскраво-жовтого кольору, смак відмінний. Віднесено до цінних сортів за якістю крупи.

Миронівське 94. Сорт виведений в Миронівському НДІ селекції та насінництва пшениці шляхом відбору з гібридів від схрещування лінії 11-52 (Миронівське 128х Подолянська 24/273) х відбір 513 (Подолянське 367х Подолянське 24/273). Різновид – флявум. Волоть розлога, довга (27-28 см). Гілки тонкі, біля основи позначені подушечками, без антоціану. Зерно жовте, овальне, близьке до кулястої форми. Маса 1000 зерен 7,0-7,3 г. Плівчатість середня. Стебло слабкоопушене, тонке, середньостійке до

вилягання. Висота рослини 75-85 см. Листя ланцетоподібні, широкі, світло-зелені. Технологічні та споживчі якості високі. Вирівняність зерна 89-92%, вихід крупи 78-80%. Крупа яскраво-жовтого кольору. Сорт середньостиглий, вегетаційний період 89-92 дня. Посухостійкість середня. Заражується сажкою.

Саратовське 6. Виведений в НПСХ Південного Сходу індивідуальним добром з гібридної популяції від схрещування Сангвінеум 7 x Саратовське 3. Різновид – сангвінеум. Волоть стисла, слабкопоникла. Зерно червоне, крупне. Маса 1000 зерен 7,4-8,4 г. Сорт середньостиглий, вегетаційний період 76-81 день. Урожайність висока. Стійкість до вилягання гарна. Технологічні та круп'яні якості високі [25-28].

Харківське кормове. Виведений в Українському НДІ рослинництва, селекції та генетики ім. В.Я. Юр'єва родинно-груповим добром з гібридної комбінації від схрещування сортів Харківське 886 і Могароутворне просо 984. Кущ прямостоячий. Стебло високе (141 см), міцне, товсте. Лист темно-зелений, широкий, слабкоопушений. Волоть жовта, розлога довжиною 18-20 см, на колосках є подушечки з антоціановим забарвленням. Зерно червоне, крупне, кулясте, норма висіву 2,5-2,8 млн. насіння на 1 га. Вегетаційний період – від сходів до викидання волоті – 55 днів, від сходів до повної стиглості – 109 днів. Посухостійкість вище середньої. Придатний до механізованого збирання.

2.7 Етапи органогенезу проса

На I етапі відбувається формування первинного конуса наростання верхівки. У всіх зразків він починається ще в період формування в зародку насіння бруньки і завершується у фазу сходів при проходженні стадії яровизації.

До II етапу органогенезу рослини переходять відразу після появи сходів (наприкінці стадії яровизації). Конус наростання трохи витягається в довжину; на ньому закладаються зачатки майбутніх листів; у основи конуса починають формуватися перші міжвузля стебла.

III етап збігається з переходом рослин у фазу кушіння. Конус наростання продовжує витягатися в довжину. На ньому закладаються членики головної осі суцвіття у виді малопомітних валиків. Етап дуже короткочасний.

III етап відповідає завершенню рослиною фази кушіння і переходу його у фазу трубкування і закінчення світлової стадії розвитку. У пазухах зародкових листів (листових валиків) формуються конуси наростання осі другого порядку; вони теж витягаються в довжину і на них формуються колоскові лопати – зародкові колоски [22].

На IV етапі визначаються і розміри волоті і ступінь її розгалуження, і характер синхронності в розвитку різних ярусів. Розвиток великої кількості повноцінних гілочок – важлива передумова одержання високого врожаю. Сприятливі умови середовища на цьому етапі мають особливо велике значення у формуванні кількості і якості зерна. Тому в цей період особливо важливо забезпечити рослини необхідними елементами харчування і вологою, створити для них достатню освітленість і оптимальний температурний режим.

V етап проходить у фазу трубкування і характеризується диференціацією колосків з утворенням у них квіток. Починається цей процес у верхній частині волоті і, поступово опускаючи вниз, переходить до її центра. У нижній квітці закладається зовнішня (нижня) квіткова луска, а інші органи редукуються. У верхній квітці закладаються дві квіткові луски, потім утворюються зачатки тичинок і маточки і після цього починають рости всі органи квітки; починається диференціація археспоріальної тканини. Тривалість етапу менше в скоростиглих форм і в рослин пізніх термінів сівби. Температура повітря нижче 20 °C помітно стримує формування і ріст квіток на цьому етапі в рослин першого терміну посіву.

VI етап проходить незадовго до викидання волоті. У квітках проса в цей час відбувається формування пиляків і зав'язей. Рослині на цьому етапі необхідні визначена тривалість, інтенсивність і якість висвітлення, а також гарна забезпеченість вологою. На розвитку проса сприятливо позначається

температура не вище 20 °С. Високі температури і нестача вологи приводять до деформації пилкових зерен і недорозвиненості зародкового мішка.

VII етап проходить перед або у фазу викидання волоті. Характеризується посиленням ростом внутрішніх лусок квітки, члеників суцвіття і верхніх міжвузлів стебла. У пиляках йде процес гаметогенеза.

VIII етап протікає у фазу викидання волоті, коли подальший ріст члеників волоті й окремих елементів квітки сповільнюється. На цьому етапі закінчується процес гаметогенеза.

IX етап відповідає фазі цвітіння. Провідні процеси цього етапу – запліднення і зиготогенез. До цього часу міжвузля закінчують свій ріст і стебло досягає нормальної величини. Основний приріст стебла в цей час йде за рахунок верхніх міжвузлів.

На X етапі відбувається формування і ріст зернівки та процес ембріогенезу.

XI і XII етапи проходять у фазі наливу-дозрівання.

Використання морфофізіологічного методу дозволяє побачити істотні розходження в характері розвитку органів плодоносіння проса в залежності від біологічних особливостей рослин (еколого-географічної групи), від агротехнічних факторів (строків сівби) і від погодних умов [6, 22].

Отже, дослідження етапів органогенезу генеративних органів у зразків проса ранньостиглого (монголо-бурятський екотип), середньостиглого (лісостеповий екотип) і пізньостиглого (східно-азіатський екотип), проведене Н. П. Агафоновим (ВІР), показало розходження в темпах проходження окремих фенофаз. У скоростиглих форм рослини переходять до III-IV етапів органогенезу у фазу 2-4 листів; у пізньостиглих – ці етапи починаються тільки у фазу 4-6 листків. Фаза виходу в трубку в скоростиглих форм починається наприкінці IV етапу органогенезу, що збігається з початком формування квіткових горбків; у середині IV етапу — у період розгалуження колоскової осі.

При пізніх строках сівби (наприкінці травня – на початку червня) тривалість етапів органогенезу генеративних органів проса значно скорочується в порівнянні з ранніми посівами – у першій декаді травня.

Ультраскоростигле просо відноситься до групи ранньостиглих сортів і придатне для післяжнивного посіву та отримання другого врожаю на рік: висівають після озимого ячменю, озимої пшениці, озимого ріпаку, однорічних трав. Основні строки сівби такого проса продовжені до кінця липня, а тривалість етапів органогенезу генеративних органів ультра скоростиглого проса коротка.

2.8 Технологія вирощування проса

Інтенсивна технологія вирощування проса потребує гарних попередників. Кращі попередники для проса – озимі зернові, що висіяні по зайнятих парах. Просо добре росте після просапних: кукурудзи, картоплі, цукрових буряків, під які внесено достатню кількість органічних і мінеральних добрив. Добрими попередниками є також зернобобові культури і багаторічні бобові трави, проте ці попередники, в основному, використовуються для озимих зернових культур. Ми пропонуємо при вирощуванні наших сортів проса використовувати попередник – соняшник.

Не бажано розміщувати просо після ранніх ярих зернових, так як ґрунт після них звичайно буває виснажений, а головне засмічений бур'янами, до яких просо дуже чутливе.

Після кукурудзи чи перед кукурудзою просо розміщувати проблемно, оскільки обидві культури уражуються кукурудзяним метеликом. Повторні посіви на одному і тому ж полі можуть приводити до масового розмноження паразитуючих грибків (фузаріум, гельмінтосноріум та ін.).

Обробіток ґрунту. При розміщенні проса після зернових і зернобобових культур основний обробіток ґрунту починають з лушення стерні дисковими луцильниками ЛДГ-10, ЛДГ-15 на глибину 6-8 см. Після кукурудзи,

багаторічних трав ґрунт дискують двічі дисковими боронами БДТ-4, БДТ-7 на глибину 12-14 см [2, 22].

Поля, засмічені коренепаростковими бур'янами (осотом, берізкою, пирієм) обробляють лемішними луцильниками ППЛ-10-25 та ППЛ-5-25 на глибину 12-14 см. Після цукрових буряків, картоплі поле одразу орють. Зяблеву оранку під просо слід проводити у ранні строки на глибину 25-27 см. На менш родючих ґрунтах глибина оранки становить 22-25 см.

Ранню зяблеву оранку проводять комбінованими агрегатами у складі К-701 з ПТК-9-35 та ЦВР-3,5 або Т-150К з ПЛП-6-35 та ПВР-2,3. Пристосування ПВР-3,5 та ПВР-2,3 використовують при необхідності для подрібнення грудок ґрунту, ущільнення верхнього шару та його вирівнювання. З цією ж метою можна комплектувати агрегати з кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6А, 2ККН-2.8 або КЗК-10. Рання зяблева оранка забезпечує підвищення врожайності проса на 2-1 ц/га.

Весняний обробіток ґрунту під просо передбачає ранньовесняне закриття вологи важкими боронами (БЗЗТС-1,0) під кутом до зяблевої оранки в два сліди на глибину 3-5 см. До сівби є можливість „поверхневими” обробітками очистити поле від бур'янів. Першу культивуацію на глибину 10-12 см проводять через 10-15 днів після закриття вологи, знищуючи при цьому хвилю пророслих бур'янів. Через два тижні поле культують вдруге на глибину 8-10 см, знищуючи при цьому другу хвилю бур'янів. При сівбі в другій декаді травня таких поверхневих обробітків для знищення пророслих бур'янів можна провести три. В умовах ранньої і сухої весни глибина обробітку ґрунту при культивуаціях має бути мілкою на 5-6 см. Для останнього обробітку (передпосівного) використовують комбіновані агрегати (РВК-3,6, ЛК-4, Європак, Компактор). Вони забезпечують високу якість підготовки ґрунту і створюють добрі умови для високої польової схожості проса. Глибина ходу розпушуючих лап при передпосівному обробітку має відповідати глибині сівби проса – 2-4 см.

Підготовка насіння. Підготовку насіння до сівби починають відразу після збирання. Для захисту від пошкодження сажкою та іншими хворобами насіння протруюють такими препаратами: вітавакс, фундазол з нормою 2 кг/т. Доцільно додавати плівкоутворюючі речовини – КАКМС або ПВС.

Система удобрення. Інтенсивна технологія вирощування проса потребує систему удобрення посівів. На формування 1 ц зерна і такої ж кількості соломи просо використовує 3,0-3,2 кг удобрення азоту, 1,3-1,5 кг фосфору, 2,0-3,4 кг калію, 1,0-1,3 кг кальцію. Коренезасвоювальна здатність культури слабка, порівняно з іншими ярими зерновими, тому для одержання високих врожаїв зерна необхідно вносити добрива. Органічні добрива вносять під попередники, просо використовує їх післядію. Безпосередньо під просо вносити гній недоцільно, бо в ньому багато насіння бур'янів. Фосфорні і калійні добрива краще вносити під зяблеву оранку, азотні – навесні під першу культивуацію або перед сівбою. Для одержання 45-50 ц/га проса орієнтовні норми мінеральних добрив такі:

- для Лісостепу – $N_{70-90}P_{45-60}K_{45-60}$;
- для Полісся – $N_{70-90}P_{60-70}K_{60-70}$.

Якщо мінеральних добрив внесли мало, їх вносять під час сівби з розрахунку 10-15 кг/га за поживною речовиною. Підживлюють азотними добривами (N_{20-30}) на початку виходу рослини у трубку. При позакореновому підживленні дуже ефективно використовувати комплексне добриво кристалон, яке містить азотні, фосфорні, калійні, мінеральні добрива та 9 мікроелементів [2, 22].

Способи сівби. Сіють просо *вузькорядним* способом з шириною міжрядь 7,5 см сівалками СЗУ-3,6; *рядковим* з шириною міжрядь 15 см сівалками Кльон 4,5; СЗ-3,6; СЗА-3,6, СЗТ-3,6; *широкорядним* (45 см) способом буряковими сівалками ССТ-12А, ССТ-12Б, що обладнані спеціальними висівними пристроями СТЯ-23000. При широкорядному способі сівби є можливість з допомогою міжрядних розпушувачів знищити бур'яни на посівах. Незважаючи на те, що просо має дрібне насіння, воно не боїться глибокої заробки в ґрунт.

При достатній вологості ґрунту насіння загортають на глибину 2-4 см, а в посушливі роки і на ґрунтах легкого механічного складу на 5-7 см. Просо – культура пізніх строків сівби. При висіві проса у недостатньо прогрітій ґрунт, воно сильно забур'янюється швидше пророслими бур'янами. Сіють його при температурі ґрунту на глибину 10 см не нижче 12-15°C . У Північному Лісостепу і на Поліссі така температура ґрунту настає в першій або другій декаді травня; у Південному Лісостепу і Північно-Західному Степу – в третій декаді квітня та першій декаді травня.

Дуже важливо не допускати розриву у часі між передпосівним обробітком ґрунту і сівбою, щоб висіяти насіння у вологий його шар. Оптимальна норма висіву насіння при рядковому способі сівби для: Північного Лісостепу і Полісся – 3,7-4,0 млн. /га (28-30 кг/га); Центрального Лісостепу – 3,3-3,5 млн. /га (24-26 кг/га); Південного Лісостепу – 2,5-3,0 млн. /га (18-22 кг/га); Степу – 2,3-2,5 млн. /га (16-18 кг/га).

При широкорядному способі норму висіву зменшують на 3,5-4,0 кг/га для Степу і Південного Лісостепу, та на 5-7 кг/га для Центрального Лісостепу і Полісся. Якщо сіють вузькорядним способом, норму висіву збільшують на 0,5-0,7 млн. схожих зерен на 1 га.

Першим і важливим заходом догляду за посівами є *коткування* ґрунту вслід за сівбою з одночасним боронуванням легкими боронами. При цьому поліпшується контакт насіння з ґрунтом, краще поступає волога до посівного шару, підвищується температура. Все це сприяє дружньому проростанню насіння, на 1-2 дні прискорює з'явлення сходів. На 3-5 день після сівби проводять *досходове боронування* легкими боронами для знищення бур'янів у фазі «білої ниточки». *Післясходове боронування* посівними боронами ЗБП-06А проводять у фазі кушіння, коли рослини добре укоріняться.

Боротьба з бур'янами на посівах проса найбільш ефективна при поєднанні агротехнічного та хімічного способів. Просо найменш чутливе до дії гербіцидів від появи сходів до закінчення кушення. На просі використовують

такі препарати – агрітокс (0,7-1,7 л/га), діален 40% (2,0-1,0 л/га), лонтрел (0,2-0,7 л/га).

Проблема захисту від хвороб в основному вирішується шляхом протруювання зерна. Від шкідників (просяний комарик, попелиці) посіви захищають за допомогою Бі-58 новий (0,7-1,0 л/га) [27, 28].

Збирання врожаю. Просо має тривалий період формування і досягання зерна. В зв'язку з тим, що сорти проса селекції ПДАА відносяться до скоростиглих сортів їх можна збирати прямим комбайнуванням, що дає змогу отримувати додатково зелену масу, сіно. При прямому комбайнуванні збирати просо необхідно коли 100 % зерен достигли. Після обмолоту зерна його необхідно пропустити через ОВС-2,1 два рази, а потім розділити на фракції на аеродинамічному сепараторі (САД-1,САД-5,САД-10) або на зерноочисній машині „Петкус”. При збиранні роздільним способом просо скошують у валки в період, коли на рослинах достигли 75-80 % зерен і закінчувати, коли достигло 80-90 % зерна. Висота скошування на валки – 12-18 см. Обмолочують валки через 3-5 днів, коли вологість зерна зменшується до 15-16 % і добре підсохне скошена маса. Очищене зерно підсушують і зберігають при вологості 13-14 %.

2.8.1 Післяжнивні посіви проса

Важливим резервом виробництва зерна є післяжнивні посіви проса на зрошенні. Вирощування його у післяжнивних посівах дозволяє більш ефективно використовувати поливні землі та значно підвищувати валові збори продовольчого зерна.

Розміщення в сівозміні. Повторні посіви проса на півдні України можливі завдяки поєднанню зрошення з достатньою кількістю тепла у другій половині літа. Після збирання ріпаку, озимого ячменю і озимої пшениці до осінніх заморозків залишається 110-120 днів з сумою ефективних температур до 1100-1300°C.

Цієї кількості тепла достатньо для дозрівання проса. Дослідження та практика показують: просо в післязливному посіві забезпечує врожайність 20-25 ц/га.

Система обробітку ґрунту. На чистих від бур'янів полях сіяти просо і гречку краще без попередньої підготовки ґрунту стерньовими сівалками СЗС-2,1 або іншими знаряддями прямого посіву іноземного чи вітчизняного виробництва.

Якщо стан ґрунту дозволяє проводити сівбу, то його можна сіяти цими знаряддями у день збирання попередньої культури, на якій слід використовувати поточний метод при низькому зрізі хлібної маси. Це дозволяє виключити ряд технологічних операцій і раніше на 8-10 днів провести сівбу, що підвищує врожай проса на 5-6 ц/га.

На незабур'янених полях можна теж застосовувати поверхневий обробіток дисковими знаряддями типу ЛДГ-10, ЛДГ-15 чи важкою бороною БДТ-7 у два сліди, потім передпосівну культивуацію. На забур'янених полях - оранку, бо при поверхневому обробітку посіви заростають бур'янами, які значно знижують урожай. Орють поле на глибину 20-22 см з одночасним прикочуванням. Усі роботи слід проводити в стислі строки, адже кожен день має велике значення.

Добрива. Для формування високого врожаю зерна проса і гречки при післязливному посіві використовують велику кількість елементів живлення. На 1 ц зерна і відповідної кількості соломи витрачається 3,0 кг азоту, 1,3 - фосфору і 3,2 кг – калію [6, 29].

Для одержання 20-25 ц/га зерна проса оптимальна норма майже на всіх типах ґрунтів становить 60 кг/га д.р. азоту, 40 - фосфору. А на піщаних ґрунтах і в північних районах Степу - ще й 30 кг/га калію. Не слід допускати внесення надто високих доз азотних добрив, бо це призводить до формування великої надземної маси, вилягання рослин, затримки дозрівання й недобору зерна. Тому найдоцільніше їх застосовувати з урахуванням фактичного вмісту елементів

живлення у ґрунті та рівня запланованого врожаю. Тобто, оптимальну норму добрив слід визначити розрахунковим методом.

Всі види добрив вносяться під основний обробіток ґрунту чи передпосівну культивуацію. При сівбі в попередньо необроблений ґрунт (СЗС-2,1) добрива вносять до посіву або одночасно з сівбою. Якщо азотні добрива не вносять під основний обробіток ґрунту чи до посіву, то їх слід унести після сходів, під перший вегетаційний полив. При цьому ефективність азотних добрив майже не знижується.

Передпосівний та сходовикликаючий поливи. Озимі культури після себе майже не залишають у ґрунті доступної для рослин вологи. Мало поповнюються її запаси за рахунок опадів. Оскільки загальні витрати води за весь період вегетації проса і гречки в післяжнивних посівах становлять 2000-3500 м³/га, успішне вирощування цих культур у післяжнивних посівах неможливе без зрошення. Якщо проводилась оранка, то необхідно застосовувати вологозарядковий полив нормою 400 м³/га. Без нього отримати сходи проса і гречки неможливо.

Після сівби СЗС-2,1 проводять сходовикликаючий полив нормою 300 м³/га. Якщо ґрунт дуже сухий і не дозволяє якісно сіяти сівалкою СЗС-2,1, то проводять полив, а потім сіють.

Якщо після збирання ранніх озимих культур на полях слідом не проводиться сівба, це призведе до пересихання посівного шару ґрунту й потребуватиме додаткового передпосівного або сходовикликаючого поливів.

Сорт і насіння. Відомо, що різні сорти володіють неоднаковим щодо тривалості вегетаційним періодом. Цю особливість, а також те, що при післяжнивній сівбі вегетаційний період значно скорочується, слід враховувати. Для отримання високих врожаїв проса і гречки потрібно використовувати скоростиглі, стійкі до вилягання районовані сорти, період вегетації яких становить 65-70 днів. Таким вимогам відповідають сорти проса Константинівське, Золушка, Золотисте, Вітрило, Ювілейне; гречки - Ярославна,

Сумчанка, Степова та інші. При своєчасній сівбі ці сорти гарантують визрівання зерна у всі роки, навіть при ранніх заморозках.

Сівбу проводити треба кондиційним насінням, протруєним одним із препаратів: Вітавакс, Максим, Раксіл.

Строки сівби, норми висіву. Однією з головних умов успішного вирощування є своєчасна сівба. Дослідженнями встановлено: оптимальний строк сівби післяжнивних посівів на півдні України - перша половина липня. Сівба в більш пізні строки - 25-30 липня - знижує врожай зерна у 2-3 рази, а серпневі посіви, як правило, не визрівають.

При запізненні зі збиранням попередника на чистих від бур'янів полях добрі результати забезпечує застосування сівалок СЗС-2,1 з шириною міжрядь 23 см або звичайними рядовими сівалками з шириною міжрядь 15 см.

Оптимальна норма висіву проса становить 4 млн насінин на 1 га, гречки – 3 млн. При сівбі проса стерньовою сівалкою СЗС-2,1 норму висіву насіння слід зменшити на 10-15%, щоб запобігти надмірного загущення рослин у ряду.

Глибина загортання насіння повинна бути 4-5 см. Для отримання своєчасних і дружних сходів по виораному полю обов'язкове до- і післяпосівне прикочування кильчатими котками.

Вегетаційні поливи. Найкращі умови вологозабезпечення для післяжнивних посівів складаються при проведенні передпосівних вологозарядкових поливів у поєднанні з вегетаційними. Врожай проса при цьому сягає 25 і більше центнерів з 1 га.

Вегетаційними поливами вологість ґрунту в шарі 0,5 м необхідно підтримувати не нижче 55-60%НВ на легких ґрунтах, 70% - на середньосуглинкових і 80%НВ - на важких. Для цього проводять 2-3 поливи по 350-400 м³/га. Критичним періодом, коли просо найбільше реагує на поливи, є вихід в трубку, викидання волоті й наливання зерна [29, 30].

Догляд за посівами. При появі бур'янів посіви проса слід обприскувати у фазу кушіння і не пізніше виходу в трубку, гречку - за 2-3 дні до появи сходів гербіцидами групи 2,4Д. При необхідності проведення боротьби з просяним

комариком у період викидання волоті просо обприскують препаратами піретроїдної групи.

Збирання врожаю. При післяжнивному вирощуванні проса кущистість його незначна, коефіцієнт кушіння становить 1,1-1,2. Визріває воно дружно, до моменту збирання листки і стебла практично висихають. Тому просо краще збирати прямим комбайнуванням при 700-800 обертах барабана за хвилину. Зазор між планкою деки і бітером на вході повинен становити близько 12-18 мм, а на виході - 6-10 мм.

Зерно проса, яке надходить від комбайнів, на току доочищують і підсушують до вологості не більше 15%.

2.8.2 Післязбиральна обробка насіння проса

Правильна обробка зібраного зерна дозволить виділити якісний матеріал від нетоварного та зменшити втрати вже під час зберігання великих партій.

Склад та кількість домішок у партіях зерна можуть бути різними, їх вміст залежить від рівня агротехніки, способів та техніки збирання врожаю, наступної обробки зернових мас та правильності поводження з ними.

Домішки бувають рослинного, тваринного і мінерального походження. Кожна з цих груп складається з різних об'єктів, які по-різному впливають на можливість використання партії та якість продуктів, що з них виробляються. Тому дуже важливо вивчати склад домішок, класифікувати і нормувати їх вміст за видами.

Післязбиральна обробка насіння повинна передбачати очищення, сортування та сушіння.

Засміченість зерна негативно впливає на якість продуктів переробки. Зернова домішка включає неповноцінне зерно основної культури: сильно недорозвинене — щупле, морозобійне, що проросло, бите, ушкоджене шкідниками (із незачепленим ендоспермом), стемніле під час самозігрівання чи сушіння. У плівчастих культур — звільнені від квіткової плівки зерна, сильно

подрібнюються під час переробки основної маси. Зерна інших культурних рослин при оцінці можуть потрапляти як у зернову домішку, так і в бур'янисту.

Особливо небажаною є наявність насіння отруйних бур'янів, до яких відносять кукіль, котрому притаманні гіркий смак та наркотична дія; гірчак, в'язіль, дурман, геліотроп опущений та інші. До шкідливої бур'янистої домішки відносять також отруйні грибкові захворювання культурних рослин — сажку та ріжок. Сажка уражує більшість злаків. Спори гриба мають неприємний оселедцевий запах. Вміст у зерні сажки суворо обмежується, якщо її виявлено, то зерно зберігається та переробляється окремо.

Очищення зерна проводиться на повітряно-ситових машинах або комбінованих, у трієрах, магнітних сепараторах, а за потреби на інших машинах [31, 32, 33, 34].

Технологію сепарування зерна розробляють з урахуванням підбору відповідного обладнання, яке забезпечує найбільшу ефективність очищення залежно від складу і характеру домішок у зерні, технологічних норм продуктивності обладнання. Свіжозібране зерно, яке надійшло з поля, спочатку очищують від сміттєвих та зернових домішок. Першочергове очищення потрібно передбачати для зерна, яке має вищу за обмежувальні кондиції засміченість, само зігрівається, заражене шкідниками хлібних запасів, а також для зерна, яке засмічене домішками, що надають йому невластивого запаху.

Попереднє очищення зернового вороху використовують за умови: вологість не більше 40%, вміст домішок бур'янів не більше 20%, у т. ч. соломи — не більше 5%. Ворох розділяють на дві фракції: зерно і відходи. З вороху відокремлюють не менше 50% домішок рослинного походження. У насінні не повинно бути більше 0,2% домішок соломи довжиною до 50 мм, вміст повноцінного насіння у відходах не повинен перевищувати 0,05% від їх маси у вихідному матеріалі. Вміст соломи довжиною понад 50 мм у насінні не допускається.

Тимчасовому зберіганню піддають ворох насіння вологістю до 30% із вмістом домішок соломи з довжиною не більше 50 мм до 0,2%. Використання

для вентилявання повітря, що вже пройшло через шар насіння, котре вентилюється, не допускається. Насіння з вологістю до 24% при вентиляванні атмосферним повітрям має зберігатися не більше двох діб, при більшій вологості його продувають повітрям із температурою на 5–10 °С вищою, ніж довкілля і періодично переміщують з бункера в бункер. При цьому за один пропуск дроблення насіння не повинно перевищувати 0,2%.

Первинній очистці піддають насіння вологістю не більше 18% із вмістом домішок бур'янів близько 8%. При цьому вихідний матеріал розділяють на три фракції: насіння, фуражні відходи крупні, легкі і мілкі домішки. Вміст повноцінного насіння у фуражних відходах, крупних і легких домішках не повинен перевищувати 1,5, а в мілких домішках — 0,05% від маси повноцінного насіння у вихідному матеріалі.

Насінневий матеріал після первинної очистки при трієруванні розділяють на дві або три фракції, залежно від вмісту в ньому довгих і коротких домішок. Вміст повноцінного насіння у відходах не повинен перевищувати 3% від їх маси у вихідному матеріалі.

Вторинному очищенню піддають насінневий матеріал з вологістю до 18% і вмістом домішок до 8%, у т. ч. бур'янів — 3%, при цьому вихідний матеріал розділяють на чотири фракції: насіння, фуражні і легкі відходи, крупні та мілкі домішки. Насіння після очистки не повинно мати домішок більше 1%, у т. ч. близько 10 насінин інших рослин на 1 кг маси. Вміст повноцінного насіння у повітряних відходах, крупних і дрібних домішках не повинно перевищувати 1% від їх маси у вихідному матеріалі.

Всі роботи з очищення насіння, сушіння, зберігання до моменту його використання проводяться під технологічним контролем, що забезпечує відповідність показників насіння відповідно до вимог Державного стандарту.

Основні технологічні регулювання зерноочисних машин. Для розділення зернових сумішей використовують різні фізико-механічні властивості конкретного виду насіння і домішок, що входять в оброблювану суміш: відмінності в розмірах, аеродинамічних властивостях, стані поверхні, формі,

питомій вазі та інше. В зерноочисних машинах для очищення продовольчого і фуражного зерна встановлюють решета, форма і розміри яких забезпечували б очищення зерна від крупних і дрібних домішок без його втрат у відходи.

Налагодження повітряної очистки зерноочисних машин зводиться до регулювання швидкості повітряного потоку в аспіраційних каналах, яка б забезпечила максимальне виділення із вихідної суміші легких домішок без втрат насіння основної культури у відходи. Швидкість повітря в аспіраційному каналі повинна бути меншою або рівною мінімальній критичній швидкості насіння основної культури. Для вибраної швидкості виконують перевірку якості розділення: наявність насіння основної культури у легких домішках (при наявності насіння основної культури — швидкість повітря в аспіраційному каналі зменшити), а також повноту виділення легких домішок із вихідного матеріалу. Для цього необхідно суміш, що пройшла через повітряну очистку, пропустити повторно при більшій швидкості повітря. Якщо при цьому у легкі домішки не виділиться насіння основної культур, то така швидкість повітря більш раціональна.

Повітряне очищення використовують для сортування насіння за густиною. Швидкість вибирається більшою мінімальній критичній швидкості насіння основної культури. При цьому в легкі домішки можна виділити неповноцінне (щупле, травмоване, проросле, недорозвинене) насіння основної культури, чим підвищуються посівні якості основної фракції.

Підбір решіт для очищення зерна і насіння сільськогосподарських культур виконують для кожної партії зернового вороху навіть однієї і тієї ж культури. Вибір решіт виконують залежно від мети сепарування (продовольче, насіннєве, фуражне зерно), виду насіння і домішок, характеристик компонентів сумішей, що очищаються та ступеня засміченості [35, 36, 37, 38, 39].

Форму отворів решіт вибирають залежно від співвідношення товщини і ширини насіння основної культури і домішок. Для уточнення отворів решіт залежно від заданої якості виділення, засміченості вихідного матеріалу і схеми

установки решіт в решітному стані зерноочисної машини використовують лабораторні решітні класифікатори.

Відповідно до уточнених розмірів отворів лабораторних решіт вибирають робочі решета і встановлюють у решітний стан. Для якісного очищення підбирають таку подачу зернової суміші, яка забезпечувала б необхідну якість очищення. У процесі очищення якість потрібно контролювати візуально та в лабораторних умовах.

2.9 Значення погодних умов в онтогенезі культури просо

Ріст і розвиток польових культур, подальше зростання їхньої урожайності та поліпшення якості зерна, крім факторів антропогенного походження, у значній мірі визначаються погодними умовами вегетаційного періоду. За багаторічними спостереженнями частка погодних умов в урожаї зерна проса у самих новітніх технологіях вирощування сягає 20-30%. У спрощених варіантах їхня частка збільшується до 40-50 %. У роки з екстремальними погодними умовами вплив природного чинника на продуктивність культури становить 70-80 %, а інколи повністю вирішує величину і якість майбутнього врожаю.

Значний асортимент районованих ранньо-, середньо- і пізньостиглих сортів проса дає змогу вирощувати культуру на всій території України, включаючи гірські райони Криму і Карпат. Значна амплітуда змін умов освітлення, вологозабезпеченості і температури по зонах країни впливає на ріст і розвиток, контролює темпи і спрямованість морфофізіологічних та формоутворюючих процесів у рослин, визначає потенціал їхньої продуктивності. Важливим чинником, який впливає на швидкість проходження онтогенезу, є температура. Просо відноситься до теплолюбних культур і не має ознак морозо- і зимостійкості. За зниження температури на поверхні ґрунту до плюс 3-5 °С ріст рослин призупиняється, а при мінус 2-3 °С – сходи гинуть. За температурний бар'єр припинення фізіологічних і біохімічних процесів у рослин проса прийнято значення біологічного мінімуму (біологічного нуля),

який за даними різних авторів залежно від місця вирощування і сортових особливостей культури є величиною несталою і може змінюватися від +5 до +10-12 °С. Вимоги до температури рослин проса відповідно зі зміною сорту і місця вирощування закономірно зростають із заходу на схід та з півночі на південь. Тому для виконання підрахунків для районів, розташованих південніше 51° північної широти, біологічний нуль для місцевих форм проса можна визначати, якщо при зменшенні північної широти на 2°, збільшуючи значення біологічного нуля на 1,0-1,5°С. Таким чином, можна не лише враховувати видові і сортові особливості, але і пояснити істотну різницю при підрахунку суми ефективних температур, яку приводять різні автори [40]. За їхніми даними сума ефективних температур може змінюватися більше ніж у два рази – від 700 до 1500 °С.

Зміна продуктивності посівів проса визначається також і сонячною радіацією. З підвищенням ефективних температур і щільності світлового потоку інтенсивність фотосинтезу зростає. Важливою особливістю проса є те, що максимальне значення фотосинтезу і приросту біомаси у рослин спостерігається при наближенні температури повітря до +30 °С незалежно від величини ФАР. На ріст і розвиток проса істотно діють нічні температури повітря. За меншої амплітуди відхилення між денними і нічними температурами продуктивність посівів падає [40]. При вужчих значеннях температури дня і ночі, а також при їхньому збільшенні відбувається прискорення фізіологічних процесів пов'язаних з фотосинтезом і диханням. З підвищенням температури затрати на дихання зростають значно швидше, ніж відбувається утворення нових субстратів у процесі фотосинтезу. У період продуктивного розвитку із зростанням температури покращується співвідношення біомаси органів рослин на користь волоті і зерна. При зменшенні температури зростає загальна біомаса рослин за рахунок нетоварної продукції: товщини стебел, висоти рослин і площі листового апарату.

2.10 Основні симптоми та видовий склад збудників хвороб на рослинах проса

У структурі світового виробництва просо входить до першої десятки популярних у всьому світі культур. В Україні обсяги виробництва цієї круп'яної суттєво зменшуються, хоча науковці стверджують: в сучасних умовах посушливого літа просо може вигідно врятувати. Це зумовлено насамперед особливостями культури — найбільшим коефіцієнтом розмноження, високим біологічним потенціалом продуктивності навіть при строгому самозапиленні, посухостійкістю, солевитривалістю тощо. Одним із шляхів збільшення валових зборів врожаю проса є зниження недоборів і втрат в результаті ураження рослин хворобами (звичайна і дрібноспорова сажки, бура плямистість, склероспороз, септоріоз, бура і бактеріальна плямистість, смугастий бактеріоз, мозаїка тощо), поліпшення якості вирощеної продукції [42, 43, 44].

Звичайна (летюча) сажка. Хвороба проявляється у фазі викидання волотей. На ураженій рослині замість волоті формується здуття, яке покрите сірувато-брудною тонкою плівкою, що легко розтріскується. Із тріщин висипається чорна спорова маса — теліоспори гриба. Незруйнованими залишаються лише провідні пучки у вигляді тоненьких чорних ниток.

Збудником хвороби є гриб *Sphacelotheca destruens*, який у циклі свого розвитку формує теліоспори. Під час обмолочування зерна теліоспори розпорошуються і потрапляють на поверхню здорового зерна (заспоре́не насіння) або у ґрунт. Тип інфекції поверхневий.

Основне джерело інфекції — заспоре́не насіння і теліоспори, які зберігаються у незруйнованих жовнях у ґрунті до двох років. Життєздатність поодиноких теліоспор у ґрунті становить кілька місяців.

За сівби заспоре́ного насіння в ґрунт проростають одночасно зернівка і теліоспори патогена на її поверхні, утворюючи базидії з базидіоспорами. Після коопуляції базидіоспор формується інфекційна гіфа, яка проникає у молодий

проросток проса. Після зараження грибниця патогена поширюється міжклітинно по рослині, дифузно поширюючись, досягає конуса наростання і проникає у листки, стебла і волоть. У фазі викидання волоті патоген повністю руйнує всі елементи волоті, за винятком провідних пучків, гіфи грибниці видозмінюються і розпадаються на численні чорні теліоспори, які прикриті в здутті сірувато-брудною тонкою плівкою.

Оптимальна температура для проростання теліоспор гриба в ґрунті — 25–30°C, мінімальна — 5–10°C.

Шкідливість хвороби виявляється у вигляді прямих недоборів через руйнування волотей і недорозвиненість уражених рослин (приховані недобори), які в сумі можуть становити 20–30%.

Дрібноспорова сажка. Проявляється хвороба у період викидання волоті. В уражених рослинах замість волоті утворюється еліпсоподібні або майже циліндричні вздуття, розміром 3–5 x 5–6 мм, які вкриті жовтуватою оболонкою. У суху погоду оболонка здуття легко розривається, і з нього висипається коричнева порошкоподібна спорова маса. Хворі рослини відстають у рості і розвитку, їх продуктивність суттєво знижується.

Збудник хвороби — базидіальний гриб *Sphacelotheca manchurica*. Біологічні особливості гриба аналогічні збуднику звичайної сажки проса.

Джерело інфекції — заспорене насіння і теліоспори, які зберігаються в незруйнованих жовнях у ґрунті до двох років.

Захисні заходи. Проти сажкових хвороб ефективними заходами є вирощування стійких сортів, дотримання сівозміни, збалансоване живлення рослин, оптимальні строки сівби високоякісним протруєним насінням, своєчасне проведення агротехнічних заходів, що сприяють швидкому розвитку рослин в ранні фази вегетації, подрібнення і загортання післяжнивних решток.

Склероспороз. Хвороба виявляється переважно у другій половині вегетації рослин. На листках з'являються буруваті, розпливчасті плями, на яких утворюється слабкий білувато-сірий наліт. Уражені листки пізніше потовщуються і скручуються, листкова пластинка розтріскується, і з потовщень

тканини висипається темно-коричнева маса спор (ооспори гриба). Іноді на уражених рослинах тичинки набувають листоподібної форми, чим і пояснюється часткова стерильність суцвіття.

Збудником хвороби є гриб *Sclerospora graminicola*, який, окрім проса, уражує кукурудзу та багато культурних і диких злаків. В циклі свого розвитку формує зооспорангієносці з зооспорангіями у вигляді білувато-сірого нальоту і ооспори. Зооспорангії гриба проростають у краплинній волозі та утворюють зооспори, які викликають зараження рослин протягом їх вегетації.

Ооспори гриба утворюються в середині уражених тканин. За дозрівання ооспор листкова пластинка розтріскується паралельно жилкам, і ті висипаються на поверхню ґрунту.

Основне джерело інфекції — уражені рослинні рештки і насіння, на яких збудники хвороби зберігається у формі ооспор. Резерватором інфекції можуть бути багаторічні злаки, на яких гриб може зберігатися і грибницею.

Ооспори навесні проростають, утворюють зооспорангії, з яких виходять зооспори, і поширюючись, викликають первинне зараження рослин. Вторинне зараження відбувається за допомогою літніх зооспорангіїв патогенів. Найбільш сприйнятливим просо до хвороби в стадії проростання насіння і в період утворення 3–4 листків. Шкідливість хвороби полягає у зниженні асиміляційної поверхні рослин, в результаті передчасного відмирання уражених листків, що суттєво впливає на їх продуктивність. За сприятливих умов для розвитку патогенів захворювання може повністю знищити врожай [44, 45, 46, 47].

Захисні заходи. Дотримання сівозміни і просторової ізоляції між полями проса нинішнього і минулого років, між полями проса і кукурудзи, могоара, злакових трав, які уражуються збудником хвороби, протруєння насіння, знищення бур'янів, ретельне загортання післяжнивних решток у ґрунт.

Септоріоз. Проявляється хвороба протягом усієї вегетації рослин. Уражуються всі надземні частини рослин, особливо листя і його піхви. Захворювання має дві форми. Перша проявляється на уражених органах рослин у вигляді вузьких, спочатку світло-сірих, а потім буро-сірих плям, із вузьким

червонуватим обідком, на яких групами формуються пікніди. За другої форми плями білясті, витягнуті, з вузьким бурим обідком, на них пікніди формуються поздовжніми рядами.

Збудниками хвороби є мітоспорові гриби з роду *Septoria*: першої форми — *S. panici-miliacei*; другої — *S. graminum*.

Під час вегетації гриби поширюються пікноспорами. Проростають пікноспори за наявності краплинної вологи і температури 3–32°C (оптимум 18–24°C). Інкубаційний період хвороби за сприятливих умов становить 8–11 діб. Джерелом інфекції є уражені рештки рослин, скирти соломи, а інколи і насіння, на яких зберігаються пікніди з пікноспорами. Збудники септоріозу проса уражують багато злакових культурних рослин і бур'янів, рештки яких теж можуть бути додатковим джерелом інфекції.

Захисні заходи. Дотримання сівозміни і просторової ізоляції між посівами проса нинішнього і минулого років, між посівами проса і посівами злакових культур, збирання урожаю у стислі строки; ретельне очищення, сушка і повітряно-тепловий обігрів насіння, обов'язкове протруєння насіння, оптимальні строки сівби і норми висіву насіння, збалансоване живлення рослин, ретельне загортання рослинних решток і знищення бур'янів, вирощування стійких сортів.

Меланоммоз. Хвороба поширена в північних районах України. Проявляється на сходах і дорослих рослинах. Уражені сходи ослаблені, мають блідо-зелений колір. Біля кореневої шийки і на перших листках з'являється білуватий або рожево-фіолетовий наліт. При сильному ураженні молоді рослини в'януть і гинуть. У дорослих рослин на волоті й особливо на квіткових плівках спочатку утворюється білий, а потім рожево-фіолетовий наліт грибниці, яка проникає у зародок зерна. У місцях нальоту на молодих і дорослих рослинах формуються чорні плодові тіла — перитеції.

Збудником хвороби є сумчастий гриб *Melanomma panici-miliacei*, який у циклі свого розвитку формує плодові тіла — перитеції з сумками і сумкоспорами. Зберігається гриб на насінні, рештках частин волоті у вигляді

перитеціїв і грибниці. Шкідливість хвороби полягає у зрідженні посівів у результаті випадання уражених рослин, зниженні врожаю і якості зерна.

Захисні заходи. Всі заходи, що проводяться на просі проти септоріозу, є ефективними і проти меланоммозу.

Бура плямистість (гельмінтоспоріоз). У фазі сходів на перших листочках утворюються спочатку світло-зелені, згодом бурі, широкі плями. Уражені коренева шийка і корені буріють та загнивають. Такі уражені рослини зазвичай випадають, що викликає зрідженість посівів.

На дорослих рослинах, особливо у фазі викидання волоті, хвороба проявляється на листках у вигляді довгих еліпсоподібних бурих плям із облямівкою. У вологу погоду уражена тканина покривається сірувато-бурим нальотом. Уражені листки передчасно в'януть і відмирають.

Збудником хвороби є сумчастий гриб *Pyrenophora chaetomioides* (анаморфа: *Helminthosporium panici-miliacei* Nisikado), який формує конідіальне і сумчасте спороношення.

Під час вегетації рослин гриб поширюється конідіями. Конідії проростають у краплинній волозі або 100% вологості повітря у межах 5–36°C (оптимум 22–28°C).

Основне джерело інфекції — уражені рослинні рештки і насіння, на яких збудник хвороби зберігається у вигляді грибниці, конідій та сумкоспор.

Шкідливість хвороби проявляється у вигляді зниження асиміляційної поверхні рослин, що є причиною низької продуктивності рослин. Недобір урожаю зерна може сягати 15–20% і більше.

Захисні заходи. Всі заходи, що проводяться на просі проти септоріозу, є ефективними і проти бурої плямистості.

Бактеріальна плямистість. Проявляється хвороба на сходах при утворенні 2–3 листків, але частіше в період фаз трубкування-викидання волоті. На листках з'являються спочатку жовто-зелені, а пізніше з кремовим відтінком маслянисті плями, часто з коричневою облямівкою. Плями спочатку овальні, а потім стають видовженими. Вони виявляються як у середині, так і по краях

листкової пластинки. Найбільш інтенсивний розвиток хвороби спостерігається на нижніх листках.

На волоті і стеблах плями коричневі, зі світлішою центральною частиною. На зерні вони виявляються рідко. Особливо інтенсивно хвороба проявляється у вологу погоду.

Хворобу викликають бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *holci*, які уражують також сорго, могар, кукурудзу і злакові бур'яни.

Шкідливість хвороби виявляється у зниженні асиміляційної поверхні рослин, в результаті передчасного відмирання уражених листків, що призводить до зниження продуктивності рослин. В окремих колосках волоті зерно не утворюється або формується щуплим, маса уражених зерен майже удвічі менша, ніж здорових. Недобір урожаю зерна сягає 20% і більше. Джерелом інфекції є неперегнилі уражені рештки рослин і заражене насіння.

Смугастий бактеріоз. Хвороба виявляється протягом вегетації рослин на листках, стеблах і волоті. На листках з'являються широкі, маслянисті, спочатку яскраво-жовті, пізніше світло-коричневі плями без облямівки, що просвічуються у вигляді смуг. Вони часто вкриті тонкими, білими або сріблястими лусочками з висохлого ексудату бактерій. На піхвах листків і стеблах утворюються бурі плями, які пізніше чорніють. Тканини у цих місцях прояву плям розмочалюються, стебла надламуються, спостерігається відмирання уражених стебел ще на початку трубкування. Уражена волоть поникає і набуває вигляду дозрілої, у ній зазвичай зерно відсутнє (стерильна волоть).

Хворобу викликають бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *striafaciens*, які під час вегетації рослин поширюються вітром, з краплями дощу. Мінімальна температура для розвитку бактерій — 6°C, оптимальна –32–35°C, максимальна — 45°C. Джерелом інфекції є неперегнилі уражені рештки рослин і заражене насіння.

Меланоз. Найбільш типові ознаки хвороби виявляються на просі у фазі наливу та дозрівання зерна у волоті у вигляді білувато-сірих, білуватих плям, потемніння і некрозу зерна. Уражене насіння втрачає схожість.

Хворобу викликають бактерії *Xanthomonas campestris* pv. *herbicola*. Вони під час вегетації проса поширюються механічним шляхом — вітром, з краплями дощу, комахами. Оптимальна температура для росту бактерій — 28–30°C, мінімальна — 4°C, максимальна — 36–37°C [46, 47].

Уражена тканина бактеріями згодом заселяється сапрофітними грибами та іншими мікроорганізмами, які викликають подальше руйнування зерна. В уражених зернівках відбувається інтенсивний гідроліз білків і крохмалю. В результаті підвищеної активності протеолітичних та амілолітичних ферментів спостерігається перегрупування фракцій ліпідів, і відбувається накопичення меланоїдинових речовин та руйнування каротиноїдів.

Меланоз більш інтенсивно розвивається на пізніх посівах проса, ніж на ранніх. Підсилюється розвиток хвороби за умов тривалого знаходження скошеного проса у валках, особливо у вологу дощову погоду. Джерелом інфекції є заражене насіння і неперегнилі уражені рештки.

Захисні заходи. Проти бактеріальних хвороб проса ефективними заходами є дотримання сівозміни, просторової ізоляції між полями проса і посівами кукурудзи, могоара, чумизи, злакових трав; знищення бур'янів, своєчасне збирання урожаю, ретельне очищення, просушування і протруєння насіння, глибоке загортання післяжнивних решток у ґрунт, вирощування стійких сортів.

Мозаїка. Хвороба проявляється у фази кущення-молочна стиглість зерна. На листках паралельно центральній жилці по всій довжині з'являються мозаїчні плями у вигляді жовтувато-білих штрихів і смуг. Уражені рослини відстають у рості, і за посухи можуть загинути ще до утворення волоті.

Збудником хвороби є вірус російської мозаїки пшениці *Winter wheat russian mosaic virus (WWRMV)*, який, окрім проса, уражує пшеницю, овес, жито, ячмінь, кукурудзу та дикорослі злаки. Основне джерело інфекції — інфіковані

рослини пшениці озимої, жита та злакові бур'яни, що зимують, в соку яких зберігається вірус. Резерватором вірусу є також яйця, відкладені восени інфікованими цикадами.

Захисні заходи. Дотримання сівозміни з мінімальним насиченням зерновими колосовими культурами і просторової ізоляції між полями озимих і ярих злакових культур, ретельного і своєчасного знищення падалиці озимих і ярих культур, дотримання оптимальних строків сівби, знищенні бур'янів — резерваторів інфекції, проведення захисних заходів проти цикад-переносників вірусної інфекції.

Інтегрований захист проса від хвороб. Інтегрований захист проса від хвороб є складовою частиною інтенсивної технології вирощування культури, яка спрямована на запобігання масовому розвитку хвороб, а в разі їх появи — на можливість їх швидкого обмеження до економічно невідчутного рівня їх шкідливості.

Найбільш економічно доцільним і екологічно безпечним методом захисту є створення і впровадження у виробництво стійких до хвороб високопродуктивних сортів. Високою польовою стійкістю до звичайної сажки та середньою стійкістю до інших хвороб характеризуються сорти: Вітрило, Денвікське, Золушка, Константинівське, Новокиївське 01, Олітан, Омріяне, Полтавське золотисте, Східне, Таврійське, Ювілейне.

Суворе дотримання правил насінництва. Збір насіння зі здорових ділянок. Ретельне очищення, сортування і калібрування насіння. Воно повинно відповідати вимогам першого і не нижче другого класів. Чистота насіння повинна бути не нижчою 98,5%, схожістю вище 90%. Реалізація і посів елітного насіння, ураженого збудниками сажки, не дозволяється.

В табл. 2.1 представлений календарний план проведення захисних заходів для проса проти хвороб.

Таблиця 2.1 - Календарний план проведення захисних заходів для проса проти хвороб

Календарні строки проведення робіт	Фенологічні фази	Шкідливі організми та умови проведення заходу	Зміст заходу, назви та норми витрати препаратів (кг,л/га; кг.л/га)
Серпень-вересень	Допосівний період	Обмеження поширення і розвитку звичайної і дрібноспорової сажок, гельмінтоспориозу, склероспорозу, меланомозу, септоріозу, бактеріальних і вірусних хвороб проса на ранніх стадіях росту й розвитку рослин	Розміщення по краях попередників, на полях добре забезпечених водою і чистих від бур'янів, уникнення повторного посіву проса, дотримання просторової ізоляції між товарними і насінневими посівами, а також посівами кукурудзи, чумизи і могара; дотримання оптимальної системи удобрення; добір і вирощування високопродуктивних хворобостійких сортів
Серпень-вересень; квітень-травень	Допосівний період	Обмеження осередків резервації збудників хвороб, зникнення чисельності шкідників	Ретельна підготовка поля (лушення, зяблева оранка, ранньовесняне боронування, шлейфування, передпосівна культивация тощо) під насіннєві і товарні посіви проса, знищення сходів бур'янів – резерваторів бактеріальної і вірусної інфекції до появи сходів проса
Квітень-травень	Допосівний період	Проти насіннєвої інфекції збудників грибних і бактеріальних хвороб, підвищення продуктивності рослин та їх стійкості до хвороб	Протруєння насіння зі зволоженням або водними суспензіями дозволеними препаратами згідно «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні». Протруєння поєднують з обробкою насіння одним із дозволених регуляторів росту рослин та біопрепаратів
Травень	Період сівби	Формування посіву з підвищеною стійкістю проти комплексу шкідливих організмів шляхом створення оптимальних умов для проростання насіння. Появи сходів, росту і розвитку рослин	Сівба в оптимальні строки, коли температура ґрунту на глибині 8-10 см прогрівається до 12-14 °С. Внесення у рядки гранульованого суперфосфату
Травень	Досходовий період	Створення оптимальних умов для проростання насіння, появи сходів, росту і розвитку рослин	Коткування поля кільчасто-шпоровими котками, через 3-5 днів – боронування легкими боронами
Червень	Фаза куціння-вихід в трубку	Забезпечення здорового фітосанітарного стану посівів проса шляхом знищення злакових бур'янів-резерваторів інфекції багатьох збудників бактеріальних і вірусних хвороб, підвищення продуктивності рослин	Обприскування посівів дозволеними гербіцидами. На широкорядних посівах 2-3 разове розпушення міжрядь; підживлення рослин біопрепаратами в комбінації із регуляторами росту рослин
Серпень	Воскова і повна стиглість зерна – післязбиральний період	Обмеження втрат урожаю і збереження якості. Оздоровлення свіжозібраного насіння від пліснявіння через створення несприятливих умов для його перезараження	Своєчасне і в стислі строки збирання врожаю, якісна доробка зерна на токах, доведення його вологості до 14%
Серпень	Післязбиральний період	Обмеження запасу інфекції збудників хвороб і зниження їх життєздатності в ґрунт	Зяблевий обробіток ґрунту після збирання проса, ретельне загортання післяжнивних решток

Дотримання науково обгрунтованої сівозміни. Просо краще розміщувати на чистих від бур'янів полях після озимих культур, багаторічних трав, зернобобових, картоплі. На попереднє місце в сівозміні його можна повертати не раніше, ніж через 3 роки. Не слід сіяти просо після суданської трави, сорго, чумизи, могоара і кукурудзи, які уражуються багатьма спільними збудниками хвороб і пошкоджуються спільними видами шкідників. У зоні недостатнього зволоження його не слід розміщувати після культур, які дуже висушують ґрунт (цукрові буряки, соняшник) та знижують стійкість рослин до більшості хвороб.

Проти насінневої інфекції збудників грибних і бактеріальних хвороб, підвищення продуктивності рослин проводять протруєння насіння зі зволоженням або водними суспензіями (10 л/т) препаратами на основі діючих речовин: беномілу, з.п. (Фундазол, 2,0 кг/т); N-(диоксотіолат 3-іл) дитіокарбамату калію, з.п. (Сульфокарбатион-К, 0,5–1,0 кг/т). Протруєння поєднують з обробкою насіння одним із дозволених регуляторів росту рослин: Вермістим, р. (8–10 мл/ кг); Вимпел, р. (300–500 г/т); Ендوفіт L1, в. р. (3–5 мл/т); Марс-У, р. (260 г/т) або біопрепаратом Азотофітом, р., (200 мл/т).

Дотримання просторової ізоляції (не менше 0,5 км) між полями нинішніх посівів проса і полями минулорічних посівів, а також посівами суданської трави, сорго, могоара, які мають спільних збудників хвороб.

Просо позитивно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива вносять під попередник, а мінеральні - фосфорні і калійні - під оранку, азотні - в передпосівну культивуацію. Внесення високих доз азоту сприяє інтенсивному ураженню рослин меланозом, гелмінтоспоріозом, склероспорозом, септоріозом, бактеріальними хворобами. У рядки під час сівби слід вносити гранульований суперфосфат у дозі 10-15 кг/га діючої речовини, що суттєво підвищує стійкість рослин до багатьох інфекційних хвороб.

Сіяти просо слід в оптимальні строки, коли температура ґрунту на глибині 8-10 см прогріється до 12-14 °С, з одночасним внесенням у рядки гранульованого суперфосфату в дозі 10-15 кг/га діючої речовини, що сприяє створенню оптимальних умов для проростання насіння, появи сходів, росту і

розвитку рослин. За ранніх строків сівби посилюються пліснявіння насіння і розвиток сажок, за пізніх - зростає інтенсивність ураження рослин меланозом.

З метою забезпечення здорового фітосанітарного стану посівів проса, знищення злакових бур'янів-резерваторів інфекції багатьох збудників бактеріальних і вірусних хвороб, підвищення продуктивності рослин проводять обприскування посівів дозволеними гербіцидами. Знищення бур'янів, особливо таких як куряче просо, мишій сизий, мишій зелений та шкідників проса, суттєво зменшує розвиток та розповсюдження гелмінтоспориозу, склероспорозу, бактеріальних і вірусних хвороб. На широкорядних посівах проводять дво-, триразове розпушення міжрядь; підживлення рослин біопрепаратом Азотофітом, р., (500 мл/га) та одним із регуляторів росту рослин: Вимпел, р. (300-500 г/га) або Ендофіт L1, в. р. (3-10 мл/га) [44, 45].

Своєчасне і без втрат збирання урожаю, що сприяє зменшенню ураження рослин проса збудниками пліснявіння, меланозу, гелмінтоспориозу, склероспорозу і бактеріальних хвороб. З метою запобігання розвитку меланозу зерна під час його зберігання проводять повітряно-тепловий обігрів, сонячне опромінення насіння.

Якість вирощеної продукції повинна відповідати вимогам чинних стандартів ДСТУ 4790:2007; ДСТУ 4138-2002; ISO 24333:2009; CODEX STAN193-2009.

Своєчасний обробіток ґрунту після збирання проса сприяє зменшенню запасу інфекції збудників хвороб і знижує їх життєздатність.

2.10.1 Заходи захисту проса посівного від мікозів за органічного виробництва фітопродукції

Упродовж останніх років для збільшення зерновиробництва аграрії застосовували інтенсивні технології, новітні препарати для захисту та стимулятори росту рослин, щоб мати змогу конкурувати в обсягах виробництва зерна на внутрішньому та зовнішніх ринках. Така інтенсивна хімізація

землеробства негативно впливає на навколишнє середовище, виснажує природні ресурси, порушує екологічну рівновагу агроєкосистем, погіршує якість сільськогосподарської продукції та забруднює її різними небезпечними хімічними речовинами, внаслідок чого ведення агровиробництва стає неможливим. Тому, поряд з екологічними проблемами постає питання забезпечення населення якісними продуктами харчування. Останнім часом особливо актуальним для розвитку аграрного виробництва є зменшення пестицидного навантаження на біоценози та підвищення екологічної безпеки навколишнього середовища. Саме біологізація землеробства виступає як один із таких способів, що базується на принципах стійкого розвитку екосистем. Перехід до біологічних основ ведення сільського господарства сприяє формуванню безпечних агроєкосистем та отримання екологічно чистої й конкурентоспроможної фітопродукції, яка відповідатиме міжнародним стандартам якості.

Органічне агровиробництво – один із методів господарювання на Землі, що не завдає шкоди довкіллю, базується на специфічних та точних вимогах (стандартах) до процесу виробництва, спрямованих на підтримку оптимального стану екосистеми на соціальному, екологічному та економічному рівнях. Повторне використання поживних речовин та посилення природних процесів допомагають підтримувати родючість ґрунтів та забезпечувати прибуткове виробництво. Рівень ураження рослин контролюється природним шляхом, а також профілактичними, агротехнічними, біологічними методами. Органічне агровиробництво виключає застосування штучних добрив та пестицидів, а також генетично модифікованих організмів та продуктів (речовин), похідних від них.

В Україні все більшої популярності набуває продукція органічного походження. Вона здатна підвищити економічну ефективність виробництва, оскільки отримана завдяки сертифікованому органічному виробництву. Основними тенденціями світового ринку є збільшення попиту на органічну продукцію, безпечну та корисну для дітей, яка не містить хімічних і токсичних

речовин. Ринок органіки в Україні розвивається швидкими темпами. Вітчизняні споживачі стають все більше зацікавленими в екологічно чистих продуктах харчування. За умов високої загальної культури землеробства та забезпечення бездефіцитного балансу гумусу перехід на біологічну систему землеробства не призведе до зменшення урожайності проса посівного. Тому можна стверджувати, що останнє є однією з найбільш пристосованих для біологізації сільськогосподарського виробництва культурою, яка однак, потребує екологічно безпечного захисту від мікозів за органічного виробництва, що насамперед враховує природні регулюючі механізми та біологічний метод.

Використання агротехнічного методу стримує інтенсивний розвиток хвороб, сприяє реалізації потенційної продуктивності сортів та є основою для формування високої господарської, економічної та екологічної ефективності інших заходів захисту. Наразі одним із перспективних методів захисту агренозів від шкідливих організмів є використання фітонцидних рослин, які виробляють біологічно активні речовини з антимікробною дією. Удосконалення та розроблення біологічного методу захисту рослин від хвороб за органічного виробництва є найбільш актуальним, оскільки він ґрунтується на використанні лише живих мікроорганізмів, які нешкідливі для навколишнього середовища та людей. Екологічно безпечним та економічно доцільним елементом захисту рослин за органічного виробництва є створення й упровадження сортів сільськогосподарських культур із підвищеною стійкістю до шкідливих організмів, що забезпечує зниження застосування пестицидів та екологічний тиск на агроценоз [42-47].

Зелена маса сидеральних культур є найкращим заміником мінеральних добрив, застосування яких за органічної технології виробництва сільськогосподарської продукції неприпустиме. Кращі сидерати – бобові (горох, пелюшка, вика, боби, люпин) адже вони забезпечують урожайність зеленої маси понад 10 т/га. Основними критеріями оцінювання пестицидів, котрі дозволені для використання в органічному виробництві є такі: препарати обов'язково мають мати природне походження, відсутність шкідливого впливу

на навколишнє середовище та бути занесеними до переліку дозволених до використання. Отже, основними засадами органічного виробництва є застосування ресурсоощадливих технологій, мінімалізація обробітку ґрунту та відмова від використання синтетичних речовин, а пріоритетними – дотримання сівозміни, вирощування стійких та високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур, внесення органічних добрив, застосування препаратів для захисту рослин від шкідливих організмів лише біологічного походження.

Проте, у науковій літературі відсутні відомості щодо комплексного захисту проса посівного від мікозів за органічного виробництва. Представлені лише поодинокі результати досліджень впливу окремих елементів захисту на рівень розвитку хвороб, показники продуктивності та якості зерна культури. Тому актуальним та необхідним є розробка й упровадження у виробництво органічних систем захисту проса посівного від грибних хвороб для одержання конкурентоздатних урожаїв високоякісного зерна культури в умовах Полісся.

2.10.2 Мікобіота зерна проса посівного

Ураження насіння мікроорганізмами є однією з головних причин виникнення захворювань у період вегетації. Із зерном передається більше 30 % збудників хвороб, тому для своєчасного проведення захисних заходів необхідно контролювати фітопатологічний стан насіння й посівів. Патогенні мікроорганізми можуть зберігатися як усередині, так і на поверхні зерна. Саме проведення фітопатологічної експертизи насіння дає змогу визначити його якість. Уражене насіння має знижену енергію проростання, схожість, є причиною для розвитку ослаблених та низькопродуктивних рослин, джерелом первинної інфекції. Мікобіота – постійний компонент зерна проса посівного; може бути сапрофітною та паразитною. Епіфітні та ендofітні мікроорганізми знаходяться на насінні незалежно від його походження, посівних якостей тощо. Наявність збудників хвороб на насінні проса посівного постійно змінюється,

що пов'язано з низкою причин: різною генетичною стійкістю сортів до патогенів, погодними умовами вирощування, пошкодженням шкідниками, недотриманням умов зберігання тощо. Тому, завданням досліджень було визначення патогенної мікобіоти зерна проса посівного в Поліссі й Лісостепу України та встановлення її видового складу [42, 47].

Серед комплексу патогенних мікроорганізмів насіння проса посівного найбільш численними є гриби. Їхньому активному розвитку сприяє запас у насінні білків, жирів, вуглеводів, мікроелементів тощо. Встановлено, що рівень інфікованості зерна проса посівного грибами значно відрізнявся за ґрунтово-кліматичними зонами України упродовж років досліджень. У Поліссі він становив 11-45 % і був значно вищим, ніж у Лісостепу – 5-20 %.

На зерні із лісостепової зони виявлено *Sphacelotheca destruens*, *Bipolaris panici-miliacei*, *Fusarium verticillioides*, *Alternaria alternata*. Це пояснюється дефіцитом вологи в період від цвітіння до збирання врожаю проса впродовж 2013-2015 рр., що зумовив низький рівень колонізації зерна патогенами. Встановлено, що залежно від ґрунтово-кліматичних зон частота трапляння патогенної мікобіоти на зерні проса посівного варіювала від 10,6 до 66,7% у Поліссі та від 12,5 до 31,9% у Лісостепу. Домінуючим видом у Поліссі був *Bipolaris panici-miliacei* (66,7%). До видів, які трапляються часто, віднесено *Alternaria alternata* (57,1%) у Поліссі та *Bipolaris panici-miliacei* (31,9%) у Лісостепу. Частота трапляння решти збудників не перевищувала 27,8%.

2.11 Агрометеорологічні умови формування врожайності та якості насіння проса

Одним з найважливіших завдань аграрного сектору України є збільшення виробництва зерна. Причому, необхідно збільшити не тільки рівень урожайності, але й поліпшити його якість. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок удосконалення на державному рівні системи насінництва, постійного сортооновлення та сортозаміни, а також удосконалення існуючих і

запровадження нових сортових технологій. За останні роки виробництво зерна в Україні значно збільшилося і за даними Національної академії аграрних наук України на період до 2017 року держава може вийти на рівень валового збору 71-80 млн т зерна, що забезпечить не лише внутрішню продовольчу безпеку, але й дозволить збільшити експорт зерна до 45–50 млн т [34].

Крім цього, зважаючи на порівняно високий рівень вітчизняної селекції з цілого ряду культур, на період до 2020 року Україна зможе продавати на світовому ринку не менше 2 млн т насіння сортів та гібридів вітчизняної селекції. За підрахунками експертів сільськогосподарська продукція може принести державі до 40 млрд доларів [35]. Для забезпечення таких валових зборів зернових необхідно досягти європейського рівня їхньої врожайності, яка нині вдвічі нижча порівняно з країнами європейського союзу і в тричі, ніж у США. Одним із актуальних резервів одержання високопродуктивних посівів польових культур залишається виробництво високоякісного насінневого матеріалу. Так, для забезпечення посіву прогнозованих площ необхідно щороку мати не менше 1,8-1,9 млн т насіння озимих та 1,2 млн т ярих зернових культур.

Технологія вирощування насінницьких і товарних посівів має низку відмінностей. Багато вчених з питань вивчення особливостей формування посівних якостей та врожайних властивостей насіння зазначає, що високий рівень врожаю ще не є гарантією отримання високих посівних якостей. Крім цього, у літературі зустрічаються дані, що за умов формування максимального врожаю якість насіння знижується. Так, за даними В.В. Лихочвора [34, 35, 38], найбільший вихід насіння і його біологічна повноцінність досягається при рівні врожайності 4,0-4,5 т/га. Подальше підвищення продуктивності, а також її зниження за межі 3 т/га не дозволяє отримати високоякісний посівний матеріал. У технології вирощування рослин у насінницьких посівах значна роль відводиться знанню біології культури, критичних періодів її розвитку, особливостей реакції на абіотичні, біотичні та антропогенні чинники під час формування й розвитку насіння, причин його різноякісності. Взаємозв'язок рослинного організму з зовнішнім середовищем починається з часу його

формування. Стосовно онтогенезу, насінина – це зародкова стадія розвитку рослини. Формуючись на материнському організмі, насіння відчуває на собі вплив усіх умов існування цієї рослини. Чинники, що сприяють успішному росту й розвитку рослин зазвичай сприяють формуванню високоякісного насіння, і, навпаки, ті з них, що пригнічують рослини, погіршують і якість насіння.

Ріст і розвиток рослин проходить за різного поєднання умов зовнішнього середовища. Крім цього, насіння, яке розвивається на материнських рослинах, знаходиться в тісному взаємозв'язку з листками, які постачають продукти фотосинтезу, і з кореневою системою, що забезпечує його водою й елементами живлення. Рівень такої забезпеченості рослин залежить від дії на них умов зовнішнього середовища, одні з яких покращують, а інші, навпаки, погіршують оптимальне надходження до досягаючого насіння метаболітів. Проте, навіть за однакових умов забезпечення насіння поживними речовинами, на нього впливає ще низка чинників: неоднакова тривалість світлового дня, якість та інтенсивність освітлення, різна температура тощо. Особливо це відноситься до культур з тривалим періодом цвітіння, в результаті чого, насіння, яке формується на рослині може потрапити в різні мінливі умови зовнішнього природного середовища. Наслідком такого впливу екологічних чинників є сформоване насіння, яке навіть у межах одного суцвіття може мати різні морфо-фізіологічні показники. Так, встановлено, що тривалість цвітіння, налив і досягання насіння у сортів проса посівного на території України варіює від 12 до 50 діб. При цьому у різних частинах волоті формується насіння, яке різниться як за лінійними розмірами й ваговитістю, так і за показниками посівної якості. Необхідно також відмітити, що просо має значні відмінності від інших рослин родини злакових і за низкою біологічних властивостей. Перш за все – це велика біологічна пластичність культури, висока кущистість (просо здатне формувати до 10 і більше стебел), а також дуже високий коефіцієнт розмноження (кількість зерен у волоті може варіювати від 100 до 3000 і більше). В результаті цього просо здатне давати рекордні врожаї – до 20,1 т/га.

Істотні відмінності в різних сортів проса й у скоростиглості. Так, його вегетаційний період змінюється більше ніж у 2,5 рази – від 50 до 130 діб . Одним із чинників, що впливають на якість насіння, є температурний і водний режими у період його формування. Так, тривала дія ґрунтової й повітряної посухи спричиняє щуплість зерен, вони мають малу ваговитість і в подальшому формують слабкі сходи. Крім цього, енергія проростання у щуплого насіння підвищена, тому воно погано зберігається.

Детальним вивченням впливу погодних умов на розвиток рослин, а також формування посівних якостей і врожайних властивостей насіння займався М.М. Кулешов. Так, ним було встановлено [34], що у роки з високими температурами і значним дефіцитом вологи, особливо в критичний період розвитку культури, процеси цвітіння і плодоутворення насіння кукурудзи подовжувалися майже до 40 діб, частка запиленних качанів складала 41%, з урожайністю насіння 13,3 ц/га. Проте, у сприятливі для розвитку насіння роки, коли середньодобова температура й вологість повітря були в межах середніх багаторічних значень, тривалість запилення становила лише шість діб, частка запиленних качанів складала 97%, а урожайність – 59,4 ц/га. При цьому автор зазначає, що недружність розвитку рослин впливає на неоднорідність насіння в межах сорту за посівними якостями та врожайними властивостями. На біологічну неоднорідність насіння, зумовлену одночасністю цвітіння й появи репродуктивних органів, вказують й інші вчені. Так, за результатами досліджень Є.Г. Кизиловой [35], залежність якості насіння кукурудзи від ходу температур у період запилення–запліднення проявилася в різній енергії проростання насіння і силі їхнього початкового росту. У перші два дні запилення середня температура повітря була лише 12-14°C, а відносна його вологість 60-70%. Це призвело до формування насіння зі зниженими посівними якостями, енергія проростання знижувалася на 3-4% порівняно з цим показником у насіння, що сформувалися за температури повітря на рівні 20-22 °С. Рослини, сформовані з насіння зі зниженою енергією проростання, відставали в рості й розвитку.

За результатами спостережень учених [44] порівняно з іншими польовими культурами просо також відрізняється значною нерівномірністю досягання насіння і сильною здатністю до його осипання. Так, насіння з верхньої частини волоті досягає першим і має найбільшу ваговитість. Проте, на час досягання насіння у нижній її частині, воно вже осипається. В цей же період, стебла і листки залишаються ще зеленими. Такі особливості є досить цінними, оскільки у випадку посухи або передчасного скошування формування насіння може продовжуватися за рахунок поживних речовин стебла і листків. Подібна залежність установлена й для інших культур. Так, Ю.Б. Коновалов відзначав для пшениці певний взаємозв'язок між рівнем урожайності, сумою опадів і середньодобовою температурою повітря в різні періоди вегетації. Аналогічні дані отримані М.П. Красноок зі співробітниками й для рису. У досліджах В.М. Романчева [44] за раннього строку сівби формування плодів гречки відбувається за менш сприятливих умов (низька позитивна температура, надмірна кількість опадів, дефіцит сонячної інсоляції), що призводить до істотного недобору врожаю насіння – 2 ц/га за середньої врожайності 12-14 ц/га. Змінюються й інші властивості насіння. Так, явище твердонасінності у багаторічних бобових трав також найчастіше є наслідком посушливих погодних умов на час його досягання, а в круп'яних культур під впливом погодних умов змінюється плівчастість і хімічний склад насіння. Просо належить до теплолюбивих культур, у яких зовсім відсутні ознаки зимостійкості – за температури $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ воно пошкоджується, а при мінус $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ – гине. Високі температури, на відміну від інших злаків, просо переносить досить легко. Так, навіть за $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ його продихові клітини впродовж 48 годин зберігають еластичність, а фотосинтез не припиняється навіть при $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Як рослина короткого світлового дня просо найшвидше досягає за умов інтенсивного освітлення при 10–12-годинному світловому дні. Проте, збільшення тривалості світлової доби під час вегетативного періоду сповільнює його перехід до генеративного розвитку, при цьому формуються більша листостеблова маса, а в подальшому збільшується і врожайність.

У науковій літературі зустрічається також інформація про вплив умов освітлення на формування репродуктивних органів рослин проса та якості майбутнього врожаю. Так, учені зазначають, що особливо чутливі рослини проса до інтенсивності освітлення. Недостатня інтенсивність світла в період цвітіння– плодоутворення викликає повне безпліддя колосків, а за оптимальних умов відбувається прискорений перехід рослин до плодоношення, формується ваговите високоякісне насіння. Крім того, автори наголошують, що різні сорти проса виявляють неоднакові вимоги до інтенсивності освітлення. Вплив світла на рослини різнобічний, причому воно діє не тільки як джерело енергії, але й як своєрідний регулятор або подразник. Характерним прикладом такої дії є світлочутливість насіння рослин. Реакція насіння на світло у різних видів рослин має свої відмінні особливості. Так, насіння одних культур за його дії підвищує свої посівні якості, а в інших проявляється інгібування проростання. Є також рослини, насіння яких нейтральне в цьому відношенні. Має свої особливості у рослин проса і накопичення органічної речовини у процесі фотосинтезу. Так за результатами досліджень, фотосинтез у проса проходить за типом C_4 . Він дуже економний відносно вологи, C_4 -рослини виробляють майже в двічі більше вуглеводів на одиницю поглинутої води порівняно з C_3 -рослинами, і за підвищеної температури ця різниця ще збільшується. Як типовий представник культур з фотосинтезом типу C_4 , просо ефективніше використовує азот і накопичує велику кількість сухої речовини на одиницю засвоюваного азоту, тому навіть за несприятливих умов у критичні періоди росту і розвитку здатне формувати високий рівень повноцінного врожаю. Із вищенаведеного про культури з фотосинтезом C_4 -типу можна зробити висновок про високу їхню продуктивність, яка перевищує продуктивність рослин культур з C_3 -типом майже у два рази, а також про високу стійкість таких рослин до несприятливих умов навколишнього природного середовища. Про вплив погодних умов в окремі фази росту й розвитку проса на формування його врожайних і якісних властивостей також вказує низка вчених. Так, за посухостійкістю просо займає одне з перших місць серед польових культур. За

умов зтяжної посухи насіння проса здатне до 30–40 діб і більше знаходитися в стані анабіозу, не втрачаючи життєздатності. При випаданні дощів насіння проса проростає й швидко формує вторинну кореневу систему, яка характеризується значною ефективністю використовувати навіть незначну кількість дощу. Значення коефіцієнта транспірації на рівні від 162 до 447 свідчить про те, що на формування одиниці сухої речовини просо потребує значно менше вологи порівняно з іншими злаками, й навіть за умов достатнього зволоження надалі воно продовжує економно витратити вологу. Встановлено, що просо здатне відновлювати тургор навіть після 45-годинної посухи, при цьому втрати врожаю не перевищують 30%, а маси 1000 насінин – 20–25%. За результатами спостережень М.А. Мурзамадієвої найлегше посуху просо переносить на початку (період сходи–вихід у трубку), а також у кінці вегетації (фаза достигання). Проте нестача вологи в період викидання волоті і достигання значно зменшує кількість плодоносних колосків у волоті, погіршуються також вагові характеристики насіння – його маси 1000 зерен і натури. Крім цього, за даними О.І. Рудник-Іващенко [32], у період формування та наливу зерна більший вміст білка у зернівках проса накопичується за погодних умов з підвищеною температурою та пониженою вологістю повітря. Крім цього встановлено, що надлишкова вологість ґрунту й повітря в період формування насіння також здійснюють негативний вплив на його якісні показники. За таких несприятливих умов сильно розвиваються грибкові хвороби рослин, різко підвищується інтенсивність дихання. Наслідком таких явищ є посилення гідролізу органічних речовин у зерні й відтік продуктів гідролізу в листки, стебла й частково до кореневої системи.

Відомо також, що різні за походженням сорти по-різному реагують на вплив погодних чинників року формування врожаю. За даними Е. Нестеренко, залежно від погодних умов у різних сортів пшениці ярої якість насіння змінюється неоднаково. Так, маса 1000 зерен у сорту Скеля варіювала від 31,5 до 42,5 г, а у сорту Діамант – від 24,1 до 39,4 г. Зональні умови вирощування різних сортів проса посівного також впливають як на рівень врожайності, так і

на якість зерна. Є.Г. Кизилова [35] зазначає, що географічні умови істотно впливають на якість насіння та перекривають сортові відмінності на 916%. Дослідженнями, виконаними в умовах Київської області, встановлено значний вплив ґрунтово-кліматичних умов на врожайні властивості насіння проса. Так, урожай сорту Сонячне в 1982 році при сівбі насінням, вирощеним у дослідному господарстві «Копилово» (Макарівський район, Київська область) склав 42,6 ц/га (контроль). При сівбі насінням того ж сорту, але репродукованого в 1981 році, на сортодільницях лісостепової і степової зони цей показник збільшився на 4,2–8,4 ц/га. Проте, за результатами комплексного екологічного сортопробування сортів проса посівного за сумою рангів генотипового і екологічного ефектів та за максимальним потенціалом продуктивності, виконаних О.І. Рудник-Іващенко [32], встановлено, що саме ґрунтово-кліматичні умови є основним чинником для формування зерна, ніж зона вирощування проса. При цьому, серед екологічних ніш найсприятливішими для вирощування нових сортів проса посівного автором були відмічені такі області, як Черкаська, Чернігівська та Івано-Франківська, у яких, порівняно з середньою врожайністю сортопробування, прирости складали від 0,37 до 2,03 т/га.

Утворення й розвиток насіння на рослині проса відбувається неодноразово, відповідно й забезпеченість його поживними речовинами також неодноразова. Рівень цієї забезпеченості пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу та надходженням елементів мінерального живлення, що, в свою чергу, визначається умовами зовнішнього природного середовища. Встановлення взаємозв'язку цих умов з відповідними показниками якості насіння має не лише науковий інтерес, так як його морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості впливають на посівні якості насінневого матеріалу.

Зміна клімату, деградація ґрунтових і природних ресурсів, опустелювання, нестача води і часті посухи ставлять під загрозу продовольчу безпеку нашої країни. Однією з головних проблем для кормовиробництва і рослинництва є глобальне потепління, в результаті якого наслідки для рослинництва в прогнозованому зміні клімату, полягають у збільшенні

посушливості в зв'язку з підвищенням температури повітря, погіршенням тепло- і вологозабезпечення рослин в період їх вегетації при сучасних строках сівби, зменшенні обсягів снігу за рахунок збільшення зимових температур, підвищення засоленості ґрунтів.

Одне з основних напрямків використання проса – виробництво крупи. Тому загальним завданням селекції культури є виведення сортів, які найбільшою мірою задовольняли би запити сільськогосподарського виробництва та круп'яної промисловості, давали би високий і стабільний урожай зерна з відмінною якістю. За існуючої технології виробництва крупи проса, яка полягає в основному у відокремленні ядер зернівок від квіткових плівок, що їх покривають, та наступного шліфування первинної крупи, виготовляють пшоно вищого, першого та другого сортів. Зерно створюваних сортів повинно бути крупним, вирівняним, забезпечуючи в процесі перероблення високий вихід пшона відмінної якості і з невеликою кількістю битого ядра і необрушених зерен.

Технологія вирощування насінницьких і товарних посівів має низку відмінностей. Багато вчених з питань вивчення особливостей формування посівних якостей та врожайних властивостей насіння зазначає, що високий рівень врожаю ще не є гарантією отримання високих посівних якостей. Крім цього, у літературі зустрічаються дані, що за умов формування максимального врожаю якість насіння знижується. Так, за даними В.В. Лихочвора [33], найбільший вихід насіння і його біологічна повноцінність досягається при рівні врожайності 4,0–4,5 т/га. Подальше підвищення продуктивності, а також її зниження за межі 3 т/га не дозволяє отримати високоякісний посівний матеріал. У технології вирощування рослин у насінницьких посівах значна роль відводиться знанню біології культури, критичних періодів її розвитку, особливостей реакції на абіотичні, біотичні та антропогенні чинники під час формування й розвитку насіння, причин його різноякісності.

Взаємозв'язок рослинного організму з зовнішнім середовищем починається з часу його формування. Стосовно онтогенезу, насінина – це

зародкова стадія розвитку рослини. Формуючись на материнському організмі, насіння відчуває на собі вплив усіх умов існування цієї рослини. Чинники, що сприяють успішному росту й розвитку рослин зазвичай сприяють формуванню високоякісного насіння, і, навпаки, ті з них, що пригнічують рослини, погіршують і якість насіння.

Детальним вивченням впливу погодних умов на розвиток рослин, а також формування посівних якостей і врожайних властивостей насіння займався М.М. Кулешов. Так, ним було встановлено [34], що у роки з високими температурами і значним дефіцитом вологи, особливо в критичний період розвитку культури, процеси цвітіння і плодоутворення насіння кукурудзи подовжувалися майже до 40 діб, частка запилених качанів складала 41%, з урожайністю насіння 13,3 ц/га.

На біологічну неоднорідність насіння, зумовлену неодночасністю цвітіння й появи репродуктивних органів, вказують й інші вчені. Так, за результатами досліджень Є.Г. Кизилової [35], залежність якості насіння кукурудзи від ходу температур у період запилення–запліднення проявилася в різній енергії проростання насіння і силі їхнього початкового росту. У перші два дні запилення середня температура повітря була лише 12-14 °С, а відносна його вологість 60-70%. Це призвело до формування насіння зі зниженими посівними якостями, енергія проростання знижувалася на 3-4% порівняно з цим показником у насіння, що сформувалися за температури повітря на рівні 20-22 °С. Рослини, сформовані з насіння зі зниженою енергією проростання, відставали в рості й розвитку.

Літературні дані підтверджують, що якість зерна проса, зокрема, вміст у ньому білка, залежить від рівня агротехніки вирощування культури [33-40]. Наприклад, дослідження О.Г. Любчича показують, що внесення азоту на III, VII і IX етапах органогенезу у рівних частках на фоні Р60К60 впливає на зростання вмісту білка в зародку насінини. Вміст загального азоту і білка в зерні проса змінювався із збільшенням дози азоту від 45 до 90 кг/га д.р. [41]. З.В. Пустова [41] вказує, що за вирощування культури в умовах південно-західного

Лісостепу України вищий рівень білка в зерні одержано у сорту Веселоподолянське 176 при запланованій врожайності 5,0 т/га – 11,54-13,19% (весняний строк сівби) та при запланованій врожайності 2,5 т/га – 11,00-12,68% (літній строк сівби).

Ю.В. Колмаков зазначає, що вміст білка в зерні проса знижується в міру збільшення опадів у червні (-0,36) і особливо в липні (-0,47) або в цілому за травень - серпень (-0,46). Коефіцієнти кореляції білковості зерна з температурою (0,30-0,34) ілюструють тенденцію позитивного зв'язку, особливо з температурою повітря за липень і за період травень-серпень [42].

2.12 Просо, як біопаливо

Досить придатною сировиною для виробництва біопалива є багаторічні злакові культури, однією із яких є просо прутоподібне, або свічграс (*Panicum virgatum*). Це прямостояча теплолюбна і досить витривала в умовах посухи та високої температури культура із глибокопроникною (до 2,5 м) мичкуватою кореневою системою, що дає змогу рослинам витримувати короткострокові затоплення. У висоту свічграс досягає 2,5–3,0 м. Щільність кореневої системи цього виду проса у поверхневому 15-сантиметровому шарі вдвічі більша, ніж у люцерни, та втричі — ніж у кукурудзи.

Швидкі темпи зростання і висока зимостійкість роблять цю культуру привабливою сировиною для виробництва біопалива, для вироблення тепла та електроенергії за прямого його спалювання, газифікації та піролізу. Також свічграс є біоенергетичною рослиною, яку використовують для виробництва целюлозного етанолу. Але основне призначення проса прутоподібного — це застосування його як сировини для виробництва паливних гранул, які можна спалювати у твердопаливних котлах для обігрівання будинків.

Просо прутоподібне як поновлюване джерело енергії має вельми позитивні значення енергії і низький рівень викидів парникових газів. Так, наприклад, від спалювання етанолу з проса викидів парникових газів більш ніж

удвічі менше, ніж від спалювання бензину. Просо може давати вп'ятеро більше енергії, ніж витрачається для його вирощування.

Як багаторічна культура просо прутоподібне може бути використане для зменшення ерозійних процесів у ґрунтах, як зелений корм для худоби та для створення пасовищ, для заготівлі сіна і як замітник соломи зернових культур для потреб тваринництва (на підстилку), як субстрат для вирощування грибів.

Продуктивність проса прутоподібного перебуває у межах 6–25 т/га сухої речовини. На полі його можна використовувати впродовж 10 і більше років.

Урожайність проса прутоподібного великою мірою залежить від складу та родючості ґрунту, опадів, що випадають в осінньо-зимовий період та в період вегетації, генетики та інших факторів.

Небажаними є землі, на яких масово зростають злакові бур'яни, знищення яких у посівах досить проблематичне. Якщо на полі, відведеному під висів проса прутоподібного, є велика кількість багаторічних коренепаросткових бур'янів, з осені перед оранкою їх необхідно знищити внесенням препарату суцільної дії.

Після збирання попередника задля збереження вологи в ґрунті, подрібнення рослинних решток, провокування проростання насіння бур'янів для подальшого їхнього заорювання проводять лущення ґрунту на глибину 6-12 см. Висота гребенів на злущеному полі має становити не більше 4 см. Оранку слід проводити на глибину 20-22 см. Глибока оранка недоцільна, адже в перший рік вегетації основна маса коренів проса розміщується переважно у верхньому (15-20 см) шарі ґрунту.

З осені, після оранки, проводять вирівнювання поверхні поля культиваторами типу КПС-4 на глибину 5-7 см.

Важливим елементом технології вирощування проса прутоподібного для отримання дружних та якісних сходів є передпосівна підготовка ґрунту. Правильне її проведення має забезпечити сприятливі умови для проростання насіння, адже сходи проса у початковій фазі росту та розвитку не можуть

успішно конкурувати з бур'янами за воду, сонячне освітлення і поживні речовини.

Після сівби — за наявності сходів бур'янів, але до сходів проса — можна застосовувати гербіциди суцільної дії.

Просо є рослиною, яку мало «турбують» комахи. На посівах виявлено попелиць, цикадок, різноманітних жуків, клопа-черепашку, коників, дротяників, але значної шкоди культурі вони не завдають.

Період збирання біомаси проса прутоподібного може починатися із пізньої осені та продовжуватися впродовж усієї зими (за умови невеликого снігового покриву або його відсутності) і рано навесні до появи нових паростків.

Час збирання проса впливає на вихід біомаси і якість сировини, що, своєю чергою, має вплив на виробництво біопалива і пов'язану з ним економіку. Так, наприклад, якщо збирання врожаю біомаси відкладається до лютого — березня наступного року, вихід біомаси через втрати від вивітрювання, осипання листя, обламування стебел упродовж зимового періоду може знижуватися до 40%, збільшуються також втрати біомаси і в процесі збирання. Але водночас за зимовий період із біомаси вилугується частина калію і хлору, що обумовлює зниження викидів шкідливих часток під час її спалювання.

Неналежні умови зберігання біомаси проса прутоподібного можуть завдати до 25% збитків упродовж одного року.

Виробнича собівартість 1 т проса прутоподібного у 2015 р., виходячи із рівня урожайності 15 т/га і реальних матеріальних витрат, витрат на оплату праці, відрахувань на соціальні заходи, амортизації та інших операційних витрат, становитиме 432,98 грн. Просо прутоподібне, вартє того, щоб на нього звернули увагу як на високорентабельну біоенергетичну культуру.

В другому розділі представлено біологічні особливості проса, основні сорта, шкідники та хвороби, технологія вирощування проса.

3 ВПЛИВ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів та агрокліматичних умов формування продуктивності проса розглядалися за різні проміжки часу. Для аналізу використовувалися три сценарії змін клімату: м'який — *CFDL-30* %, помірний — *A1B* та жорсткий — *A2*.

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2050 рр. (II-й сценарний період) [7, 48].

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за I-й та II-й періоди та за вегетаційний період нами були проаналізовані агрокліматичні умови вирощування проса, показники режиму вологозабезпеченості проса та проведена порівняльна характеристика продуктивності проса в умовах зміни клімату за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *A2* і *A1B* (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.).

3.1 Оцінка агрокліматичних умов вегетації проса за реалізації сценарію *A2*

В ході роботи нами була проведена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вегетаційного періоду проса за періоди з 1986-2005 рр., 2011-2031 рр. та 2031-2050 рр. за сценарієм *A2*. У якості базового періоду був взятий період 1986-2005 рр., з яким проводилося порівняння отриманих нами результатів розрахунків. Результати розрахунків за сценарієм *A2* представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Фази розвитку проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030рр. та 2031-2050рр.)

Період	Сівба	Сходи	Викидання волотті	Повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Полісся					
1986-2005	11.05	23.05	10.07	10.08	73
2011-2030	13.05	31.05	17.07	22.08	83
Різниця	+2	+5	+7	+12	+10
2031-2050	14.05	27.05	14.07	18.08	83
Різниця	+3	+1	+4	+8	+7
Західний Лісостеп					
1986-2005	13.05	23.05	21.07	28.08	97
2011-2030	20.04	2.05	20.08	8.09	129
Різниця	-23	-21	+30	+10	+32
2031-2050	20.04	30.04	16.07	2.09	125
Різниця	-23	-22	-5	+4	+28
Східний Лісостеп					
1986-2005	15.05	26.05	13.07	14.08	80
2011-2030	18.05	31.05	21.07	16.08	77
Різниця	+3	+5	+8	+2	-3
2031-2050	14.05	27.05	16.07	11.08	76
Різниця	-1	+1	+3	-3	-4
Північний Степ					
1986-2005	12.05	27.05	12.07	12.08	77
2011-2030	16.05	2.06	20.07	28.08	87
Різниця	+4	+5	+8	+16	+10
2031-2050	7.05	25.5	13.07	18.08	85
Різниця	-5	-2	+1	+6	+8
Південний Степ					
1986-2005	6.05	18.05	30.06	28.07	71
2011-2030	14.05	26.05	8.07	9.08	75
Різниця	+8	+8	+8	+12	-4
2031-2050	10.05	22.05	4.07	2.08	72
Різниця	+4	+4	+4	+5	+1

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) згідно з проведеними розрахунками на території Полісся дата сівби проса спостерігається на 2 дні пізніше (2011-2030 рр.) та на 3 дні пізніше (2031-2050 рр.), в Західному Лісостепу – на 23 дні раніше (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.), в Східному Лісостепу – на 3 дні пізніше (2011-2030 рр.) та на 1 день раніше (2031-2050 рр.), в Північному Степу – на 4 дні пізніше (2011-2030 рр.) та на 5 днів пізніше (2031-2050 рр.), в Південному Степу – на 8 днів пізніше (2011-

2030 pp.) та на 10 днів пізніше (2031-2050 pp.), ніж за середньобагаторічними даними (1986-2005 pp.).

Строки сходів порівняно з середньобагаторічними даними (1986-2005 pp) на території Полісся збільшаться на 5 днів (2011-2030 pp.) та на 1 день (2031-2050 pp.), в Західному Лісостепу – зменшаться на 21 день (2011-2030 pp.) та на 22 дні (2031-2050 pp.), в Східному Лісостепу – збільшаться на 5 днів (2011- 2030 pp.) та на 1 день (2031-2050 pp.), в Північному Степу – збільшаться на 5 днів (2011-2030 pp.) та зменшаться на 2 дні (2031-2050 pp.), в Південному Степу – збільшаться на 8 днів (2011-2030 pp.) та на 4 дні (2031-2050 pp.).

Відповідно змістяться і строки повної стиглості. В Поліссі дати повної стиглості за середньобагаторічними даними (1986-2005 pp.) спостерігалися 10.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) 22.08, що на 12 днів пізніше та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) 18.08, що на 8 днів пізніше. В Західному Лісостепу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 28.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) 8.09, що на 10 днів пізніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) 2.09, що на 4 дні пізніше. В Східному Лісостепу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 14.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) 16.08, що на 2 дні пізніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) 11.08, що на 3 дні раніше. В Північному Степу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 12.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) 28.08, що на 16 дні пізніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) 18.08, що на 6 дні пізніше. В Південному Степу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 28.07, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) 9.08, що на 12 дні пізніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) 2.08, що на 5 днів пізніше.

Тривалість вегетаційного періоду в Поліссі за середньобагаторічними даними (1986-2005 pp.) склала 73 дні, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp. та 2031-2050 pp.) – 83 дні. В Західному Лісостепу тривалість вегетаційного

періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 97 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 129 днів та (2031-2050 рр.) – 125 днів. В Східному Лісостепу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 80 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 77 днів та (2031-2050 рр.) – 76 днів. В Північному Степу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 77 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 87 днів та (2031-2050 рр.) – 85 днів. В Південному Степу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 71 день, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 75 днів та (2031-2050 рр.) – 72 дні.

В табл. 3.2 представлені агрокліматичні умови вирощування проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.).

Із табл. 3.1 видно, що на території Полісся за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає 17,3 °С, за сценаріями – 16,8 °С за період з 2011-2030 рр. та 17,3 °С за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 129 мм, за сценаріями – 161 мм за період з 2011-2030 рр. та 151 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає 19,9 °С, за сценаріями – 15,1 °С за період з 2011-2030 рр. та 18,1 °С за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 89 мм, за сценаріями – 95 мм за період з 2011-2030 рр. та 101 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає 18,3 °С, за сценаріями – 16,0 °С за період з 2011-2030 рр. та 17,6 °С за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 218 мм, за сценаріями – 256 мм за період з 2011-2030 рр. та 252 мм за період з 2031-2050 рр.

Таблиця 3.2 - Агрокліматичні умови вирощування проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	Період сходи – викидання волоті			Період викидання волоті – повна стиглість			Весь вегетаційний період		
	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм
Полісся									
1986 – 2005	17,3	828	129	19,9	596	89	18,3	1424	218
201 – 2030	16,8	889	161	15,1	635	95	16,0	1524	256
Різниця	-0,5	+61	+32	-4,8	+39	+6	-2,3	+100	+38
2031-2050	17,3	831	151	18,1	633	101	17,6	1464	252
Різниця	0	+3	+22	-1,8	+37	+12	-0,7	+40	+34
Західний Лісостеп									
1986 – 2005	17,9	1055	162	19,7	748	85	18,6	1803	247
2011 – 2030	16,7	1835	213	15,8	300	118	16,6	2135	331
Різниця	-1,2	+780	+51	-3,9	-448	+33	-2	+332	+84
2031-2050	16,2	1246	196	17,8	854	114	22,3	2100	310
Різниця	-1,7	+191	+34	-1,9	+106	+29	+3,7	+297	+63
Східний Лісостеп									
1986 – 2005	18,1	868	115	19,7	631	46	18,7	1499	161
2011 – 2030	17,6	896	143	18,2	474	53	17,8	1370	196
Різниця	-0,5	+28	+28	-1,5	-157	+7	-1,2	+129	+35
2031-2050	16,8	842	138	18,4	479	80	17,4	1321	218
Різниця	-1,3	+23	+23	-1,3	-152	+34	-1,2	-178	+57
Північний Степ									
1986 – 2005	19,2	881	111	21,3	661	55	20,0	1542	166
2011 – 2030	20,4	899	96	19,2	749	63	19,9	1648	159
Різниця	+1,2	+18	-15	-2,1	+88	+8	-0,1	+106	-7
2031-2050	18,6	914	111	22,4	718	68	20,1	1632	179
Різниця	-0,6	+33	0	+1,1	+57	+13	+0,1	+90	+13
Південний Степ									
1986 – 2005	19,2	825	85	22,8	639	54	20,6	1464	139
2011 – 2030	19,1	821	65	21,5	691	35	20,2	1512	100
Різниця	+0,1	-4	-20	-1,3	+52	-19	-0,4	+48	-39
2031-2050	18,6	798	46	22,2	643	38	20,0	1441	84
Різниця	-0,6	-27	-39	-0,6	+4	-16	-0,6	-23	-55

На території Західного Лісостепу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає 17,9 °С, за сценаріями –

16,7 °C за період з 2011-2030 рр. та 16,2 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 162 мм, за сценаріями – 216 мм за період з 2011-2030 рр. та 196 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає 19,7 °C, за сценаріями – 15,8 °C за період з 2011-2030 рр. та 17,8 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 85 мм, за сценаріями – 118 мм за період з 2011-2030 рр. та 114 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає 18,6 °C, за сценаріями – 16,6 °C за період з 2011-2030 рр. та 22,3 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 247 мм, за сценаріями – 331 мм за період з 2011-2030 рр. та 310 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Східного Лісостепу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає 18,1 °C, за сценаріями – 17,6 °C за період з 2011-2030 рр. та 16,8 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 115 мм, за сценаріями – 143 мм за період з 2011-2030 рр. та 138 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає 19,7 °C, за сценаріями – 18,2 °C за період з 2011-2030 рр. та 18,4 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 46 мм, за сценаріями – 53 мм за період з 2011-2030 рр. та 80 мм за період з 2031-2050 рр.

За вегетаційний період середня температура повітря складає 18,7 °C, за сценаріями – 17,8 °C за період з 2011-2030 рр. та 17,4 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 161 мм, за сценаріями – 196 мм за період з 2011-2030 рр. та 218 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Північного Степу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає 19,2 °C, за сценаріями – 20,4 °C за період з 2011-2030 рр. та 18,6 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 111 мм, за сценаріями – 96 мм за період з 2011-2030 рр. та 111 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає 21,3 °C, за сценаріями –

19,2 °C за період з 2011-2030 рр. та 22,4 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 55 мм, за сценаріями – 63 мм за період з 2011-2030 рр. та 68 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає 20,0 °C, за сценаріями – 19,9 °C за період з 2011-2030 рр. та 20,1 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 156 мм, за сценаріями – 159 мм за період з 2011-2030 рр. та 179 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Південного Степу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає 19,2 °C, за сценаріями – 19,1 °C за період з 2011-2030 рр. та 18,6 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 85 мм, за сценаріями – 65 мм за період з 2011-2030 рр. та 46 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає 22,8 °C, за сценаріями – 21,5 °C за період з 2011-2030 рр. та 22,2 °C за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 54 мм, за сценаріями – 35 мм за період з 2011-2030 рр. та 38 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає 20,6 °C, за сценаріями – 20,2 °C за період з 2011-2030 рр. та 20,0 °C за період з 2031-2050 рр.

Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 139 мм, за сценаріями – 100 мм за період з 2011-2030 рр. та 84 мм за період з 2031-2050 рр.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (табл. 3.3) в Поліссі сумарне випаровування за період сходи – викидання волоті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 10 мм та (2031-2050 рр.) на 9 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 8 та 202 мм. В Східному Лісостепу збільшиться на 12 та 15 мм. В Північному Степу зменшиться на 8 та 9 мм. В Південному Степу також зменшиться на 6 та 12 мм.

Таблиця 3.3 - Порівняння показників режиму вологозабезпеченості проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	І період сходи – викидання волоті				ІІ період викидання волоті – повна стиглість				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печеність, відн. од.	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печеність, від.од	Вологозабез- печеність, від.од
	Полісся								
1986-2005	147	303	156	0,49	95	210	115	0,45	0,47
2011-2030	157	304	147	0,52	109	211	102	0,52	0,51
Різниця	+10	+1	-9	+3	+14	+1	-13	+7	+4
2031-2050	158	294	136	0,54	106	213	107	0,50	0,52
Різниця	+9	-3	-20	+5	+11	+3	-8	+5	+5
	Західний Лісостеп								
1986-2005	197	385	188	0,51	103	238	135	0,43	0,48
2011-2030	250	485	235	0,52	113	242	129	0,47	0,50
Різниця	+8	+100	+47	+1	+10	+4	-6	+4	+2
2031-2050	399	471	72	0,85	105	243	138	0,43	0,71
Різниця	+202	+86	-116	+34	+2	-5	+3	0	+23
	Східний Лісостеп								
1986-2005	128	296	168	0,43	86	221	135	0,39	0,41
2011-2030	140	321	181	0,44	62	149	87	0,42	0,43
Різниця	+12	+25	+13	+1	-24	-72	-48	+3	+2
2031-2050	143	311	168	0,46	75	164	85	0,46	0,46
Різниця	+15	+15	0	+3	-11	-57	-50	+7	+5

Продовження таблиці 3.3

Період	І період сходи – викидання волоті				ІІ період викидання волоті – повна стиглість				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печенність, від.од	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печенність, від.од	Вологозабез- печенність, від.од
	Північний Степ								
1986-2005	120	292	172	0,41	80	230	150	0,35	0,38
2011-2030	112	315	203	0,36	73	236	163	0,31	0,34
Різниця	-8	+23	+31	-5	-7	+6	+13	-4	-4
2031-2050	111	307	196	0,36	81	239	158	0,34	0,36
Різниця	-9	+15	+24	-5	+1	+9	+8	-1	-2
	Південний Степ								
1986-2005	91	272	181	0,33	66	228	162	0,29	0,31
2011-2030	85	268	183	0,32	55	243	188	0,23	0,27
Різниця	-6	-4	+2	-1	-11	+15	+26	-6	-4
2031-2050	79	282	203	0,28	48	228	180	0,21	0,25
Різниця	-12	+10	+22	-5	-18	0	+1	-80	-6

Сумарна випаровуваність за період сходи – викидання волоті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 1 мм та зменшиться (2031-2050 рр.) на 3 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 100 та 86 мм. В Східному Лісостепу збільшиться на 25 та 15 мм. В Північному Степу збільшиться на 23 та 15 мм. В Південному Степу також зменшиться на 4 та збільшиться на 10 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – викидання волоті склав в Поліссі 156 мм, за сценаріями 147 мм (2011-2030 рр) та 136 мм (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу - 188 мм, за сценаріями 235 мм (2011-2030 рр) та 72 мм (2031- 2050 рр.). В Східному Лісостепу 168 мм, за сценаріями 181 мм (2011-2030 рр) та 168 мм (2031-2050 рр.). В Північному Степу 172 мм, за сценаріями 203 мм (2011-2030рр та 196 мм (2031-2050 рр.). В Південному Степу 181 мм, за сценаріями 183 мм (2011-2030 рр) та 203 мм (2031-2050 рр.).

Сумарне випаровування за період викидання волоті – повна стиглість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на території Полісся збільшиться на 14 мм та (2031-2050 рр.) на 11 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 10 та 2 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 24 та 11 мм. В Північному Степу зменшиться на 7 та збільшиться на 1 мм. В Південному Степу зменшиться на 11 та 18 мм.

Сумарна випаровуваність за період викидання волоті – повна стиглість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 1 мм та (2031-2050 рр.) на 3 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 4 та зменшиться на 5 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 24 та 11 мм. В Північному Степу зменшиться на 7 та збільшиться на 1 мм. В Південному Степу збільшиться на 15 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період викидання волоті – повна стиглість склав в Поліссі 115 мм, за сценаріями 102 мм (2011-2030 рр) та 107 мм (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу - 135 мм, за сценаріями 129 мм (2011-2030 рр) та 138 мм (2031-

2050 рр.). В Східному Лісостепу 150 мм, за сценаріями 163 мм (2011-2030 рр) та 158 мм (2031-2050 рр.). В Північному Степу 150 мм, за сценаріями 163 мм (2011-2030 рр) та 158 мм (2031-2050 рр.). В Південному Степу 162 мм, за сценаріями 188 мм (2011-2030 рр) та 180 мм (2031-2050 рр.).

Відносна вологозабезпеченість за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) за вегетаційний період в Поліссі складає 0,47 відн.од., в Західному Лісостепу – 0,48 відн.од., в Східному Лісостепу – 0,41 відн.од., в Північному Степу – 0,38 відн.од., в Південному Степу – 0,31 відн.од.

3.2 Оцінка агрокліматичних умов вегетації проса за реалізації сценарію А1В

Була проведена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вегетаційного періоду проса за періоди з 1986-2005 рр., 2011-2031 рр. та 2031-2050 рр. за сценарієм А1В. У якості базового періоду був взятий період 1986-2005 рр., з яким проводилося порівняння отриманих нами результатів розрахунків.

Результати розрахунків за сценарієм А1В представлені у табл. 3.4.

Сумарна випаровуваність за період викидання волоті – повна стиглість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 1 мм та (2031-2050 рр.) на 3 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 4 та зменшиться на 5 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 24 та 11 мм. В Північному Степу зменшиться на 7 та збільшиться на 1 мм. В Південному Степу збільшиться на 15 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період викидання волоті – повна стиглість склав в Поліссі 115 мм, за сценаріями 102 мм (2011-2030 рр) та 107 мм (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу - 135 мм, за сценаріями 129 мм (2011-2030 рр) та 138 мм (2031-2050 рр.). В Східному Лісостепу 150 мм, за сценаріями 163 мм (2011-2030 рр) та 158 мм (2031-2050 рр.). В Північному Степу 150 мм, за сценаріями 163 мм

(2011-2030 pp) та 158 мм (2031-2050 pp.). В Південному Степу 162 мм, за сценаріями 188 мм (2011-2030 pp) та 180 мм (2031-2050 pp.).

Таблиця 3.4 - Фази розвитку проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 pp. та 2031-2050 pp.)

Період	Сівба	Сходи	Викидання волотті	Повна стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Полісся					
1986-2005	11.05	23.05	10.07	10.08	73
2011-2030	7.05	20.05	5.07	5.08	77
Різниця	-4	-3	-5	-5	+4
2031-2050	9.05	22.05	9.07	4.08	74
Різниця	-2	-1	-1	-6	+1
Західний Лісостеп					
1986-2005	13.05	23.05	21.07	28.08	97
2011-2030	5.04	3.05	10.07	15.08	104
Різниця	-38	-20	-11	-13	+7
2031-2050	10.04	30.04	9.07	10.08	102
Різниця	-33	-23	-12	-18	+5
Східний Лісостеп					
1986-2005	15.05	26.05	13.07	14.08	80
2011-2030	30.04	15.05	2.07	24.07	70
Різниця	-15	-11	-11	-21	-10
2031-2050	11.05	23.05	18.07	29.07	65
Різниця	-4	-3	+5	-16	-15
Північний Степ					
1986-2005	12.05	27.05	12.07	12.08	77
2011-2030	20.04	17.05	4.07	2.08	77
Різниця	-22	-10	-8	-10	0
2031-2050	17.05	21.05	7.07	2.08	73
Різниця	+5	-6	-5	-10	-4
Південний Степ					
1986-2005	6.05	18.05	30.06	28.07	71
2011-2030	18.05	31.05	12.07	9.08	70
Різниця	+12	+13	+12	+12	-1
2031-2050	16.05	29.05	9.07	4.08	67
Різниця	+10	+11	+9	+7	-4

На території Полісся за середьобагаторічними даними (1986-2005 pp.) дата сівби спостерігалася 11.05. За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В дата сівби проса спостерігається на 4 дні раніше (2011-2030 pp.) та на 2 дні раніше (2031-2050 pp.). В Західному Лісостепу а середьобагаторічними

даними (1986-2005 рр.) дата сівби спостерігалася 13.05, за сценарієм – на 38 днів раніше (2011-2030 рр.) та на 33 дні раніше (2031-2050 рр.). В Східному Лісостепу за середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) дата сівби спостерігалася 15.05, за сценарієм – на 15 днів раніше (2011-2030 рр.) та на 4 дні раніше (2031-2050 рр.). В Північному Степу за середьобагаторічними даними (1986- 2005 рр.) дата сівби спостерігалася 12.05, за сценарієм – на 22 дні раніше (2011-2030 рр.) та на 5 днів пізніше (2031-2050 рр.). В Південному Степу за середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) дата сівби спостерігалася 6.05, за сценарієм – на 12 днів пізніше (2011-2030 рр.) та на 10 днів пізніше (2031-2050 рр.).

Дата сходів в середньому багаторічному на території Полісся спостерігалася 23.05 (1986-2005 рр), за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В зменшиться на 3 дні (2011-2030 рр.) та на 1 день (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу а середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) дата сходів спостерігалася 23.05, за сценарієм – на 20 днів раніше (2011-2030 рр.) та на 23 дні раніше (2031-2050 рр.). В Східному Лісостепу за середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) дата сходів спостерігалася 26.05, за сценарієм – на 11 днів раніше (2011-2030 рр.) та на 3 дні раніше (2031-2050 рр.). В Північному Степу за середьобагаторічними даними (1986- 2005 рр.) дата сходів спостерігалася 27.05, за сценарієм – на 10 днів раніше (2011-2030 рр.) та на 6 днів раніше (2031-2050 рр.). В Південному Степу за середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) дата сходів спостерігалася 18.05, за сценарієм – на 13 днів пізніше (2011-2030 рр.) та на 11 днів пізніше (2031-2050 рр.).

В Поліссі дати повної стиглості за середьобагаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 10.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на 5 днів раніше та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) на 6 днів раніше. В Західному Лісостепу дати повної стглості за середедньобагаторічними даниними спостерігалися 28.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на 13 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) на 18 днів

раніше. В Східному Лісостепу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 14.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на 21 день раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) на 16 днів раніше. В Північному Степу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 12.08, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на 10 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) також на 10 днів раніше. В Південному Степу дати повної стглості за середньобагаторічними даними спостерігалися 28.07, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на 12 днів пізніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) на 7 днів пізніше.

Тривалість вегетаційного періоду в Поліссі за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 73 дні, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 77 днів та 74 дні (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 97 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 104 днів та (2031-2050 рр.) – 102 днів. В Східному Лісостепу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 80 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 70 днів та (2031-2050 рр.) – 65 днів. В Північному Степу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 77 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 77 днів та (2031-2050 рр.) – 73 днів. В Південному Степу тривалість вегетаційного періоду за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 71 день, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 70 днів та (2031-2050 рр.) – 67 днів.

Агрокліматичні умови вирощування проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.) представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Агрокліматичні умови вирощування проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	Період сходи – викидання волоті			Період викидання волоті – повна стиглість			Весь вегетаційний період		
	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм
Полісся									
1986 – 2005	17,3	828	129	19,9	596	89	18,3	1424	218
2011 – 2030	17,7	812	125	19,2	595	103	18,3	1407	228
Різниця	+0,4	-16	-4	-0,7	-1	+24	0	-17	+10
2031-2050	17,6	843	131	20,3	529	68	18,5	1372	199
Різниця	+0,3	+15	+2	+0,4	-67	-21	+0,2	-52	-19
Західний Лісостеп									
1986 – 2005	17,9	1055	162	19,7	748	85	18,6	1803	247
2011 – 2030	17,0	1158	180	20,0	720	93	18,1	1878	273
Різниця	-0,9	+103	+18	-0,3	-28	+8	-0,5	+75	+23
2031-2050	17,0	1187	163	21,2	680	80	18,3	1867	243
Різниця	-0,9	+132	+1	+1,5	-202	-5	-0,3	+64	-4
Східний Лісостеп									
1986 – 2005	18,1	868	115	19,7	631	46	18,7	1499	161
2011 – 2030	18,0	865	133	20,0	440	50	18,6	1305	174
Різниця	-0,1	-3	+18	+0,3	-191	+4	-0,1	-194	+13
2031-2050	18,6	1040	156	21,3	234	29	19,0	1274	185
Різниця	+0,5	+172	+41	+1,6	-397	-17	+0,3	-225	+24
Північний Степ									
1986 – 2005	19,2	881	111	21,3	661	55	20,0	1542	166
2011 – 2030	19,1	916	99	21,7	630	62	20,1	1546	161
Різниця	-0,1	+35	-12	+0,4	-31	+7	+0,1	-4	-5
2031-2050	19,3	908	102	23,0	599	43	20,1	1507	145
Різниця	+0,1	+27	-9	+1,7	-102	-12	+0,1	-35	-21
Південний Степ									
1986 – 2005	19,2	825	85	22,8	639	54	20,6	1464	139
2011 – 2030	19,4	813	36	23,0	645	35	20,1	1458	71
Різниця	+0,2	-12	-49	+0,2	+6	-19	-0,5	-6	-68
2031-2050	19,6	804	36	24,0	623	28	20,1	1403	64
Різниця	+0,4	-21	-49	+1,2	+16	-26	-0,5	-61	-75

На території Полісся за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає $17,3^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $17,7^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $17,6^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 129 мм, за сценаріями – 125 мм за період з 2011-2030 рр. та 131 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає $19,9^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $19,2^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $20,3^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 89 мм, за сценаріями – 103 мм за період з 2011-2030 рр. та 68 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає $18,3^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $18,3^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $18,5^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 218 мм, за сценаріями – 228 мм за період з 2011-2030 рр. та 199 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Західного Лісостепу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає $17,9^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $17,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 162 мм, за сценаріями – 180 мм за період з 2011-2030 рр. та 163 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає $19,7^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $20,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $21,2^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. - 85 мм, за сценаріями – 93 мм за період з 2011-2030 рр. та 80 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає $18,6^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $18,1^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $18,3^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 247 мм, за сценаріями – 273 мм за період з 2011-2030 рр. та 243 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Східного Лісостепу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає $18,1^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $18,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $18,6^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 115 мм, за сценаріями – 133 мм за

період з 2011-2030 рр. та 156 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає $19,7^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $20,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $21,3^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 46 мм, за сценаріями – 50 мм за період з 2011-2030 рр. та 29 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає $18,7^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $18,6^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $19,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 161 мм, за сценаріями – 174 мм за період з 2011-2030 рр. та 185 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Північного Степу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає $19,2^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $19,1^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $19,3^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 111 мм, за сценаріями – 99 мм за період з 2011-2030 рр. та 102 мм за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає $21,3^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $21,7^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $23,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 55 мм, за сценаріями – 62 мм за період з 2011-2030 рр. та 43 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає $20,0^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $20,1^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 156 мм, за сценаріями – 161 мм за період з 2011-2030 рр. та 145 мм за період з 2031-2050 рр.

На території Південного Степу за період сходи – викидання волоті з 1986-2005 рр. середня температура повітря складає $19,2^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $19,4^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $19,6^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 85 мм, за сценаріями – 36 мм за період з 2011-2030 рр. та за період з 2031-2050 рр. За період викидання волоті – повна стиглість середня температура повітря складає $22,8^{\circ}\text{C}$, за сценаріями – $23,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2011-2030 рр. та $24,0^{\circ}\text{C}$ за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986-2005 рр. 54 мм, за сценаріями – 35 мм за період з 2011-

2030 рр. та 28 мм за період з 2031-2050 рр. За вегетаційний період середня температура повітря складає 20,6 °С, за сценаріями – 20,1 °С за період з 2011-2030 рр. та за період з 2031-2050 рр. Сума опадів складає за період з 1986- 2005 рр. 139 мм, за сценаріями – 71 мм за період з 2011-2030 рр. та 64 мм за період з 2031-2050 рр.

В табл. 3.6 представлено порівняння показників режиму вологозабезпеченості проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В в Поліссі сумарне випаровування за період сходи – викидання волоті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 1 мм та зменшиться (2031-2050 рр.) на 3 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 100 та 86 мм. В Східному Лісостепу збільшиться на 0 та 36 мм. В Північному Степу зменшиться на 1 та 7 мм. В Південному Степу також зменшиться на 25 та 22 мм.

Сумарна випаровуваність за період сходи – викидання волоті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) зменшиться на 18 мм та збільшиться (2031-2050 рр.) на 1 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 48 та 56 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 3 та збільшиться на 77 мм. В Північному Степу збільшиться на 14 та 18 мм. В Південному Степу також збільшиться на 4 та зменшиться на 7 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – викидання волоті склав в Поліссі 156 мм, за сценаріями 150 мм (2011-2030 рр) та 158 мм (2031-2050 рр.). В Західному Лісостепу - 188 мм, за сценаріями 207 мм (2011-2030 рр) та 230 мм (2031-2050 рр.). В Східному Лісостепу 168 мм, за сценаріями 165 мм (2011-2030 рр) та 209 мм (2031-2050 рр.). В Північному Степу 172 мм, за сценаріями 187 мм (2011-2030 рр) та 197 мм (2031-2050 рр.). В Південному Степу 181 мм, за сценаріями 208 мм (2011-2030 рр) та 196 мм (2031-2050 рр.).

Таблиця 3.6 - Порівняння показників режиму вологозабезпеченості проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	І період сходи – викидання волоті				ІІ період викидання волоті – повна стиглість				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печеність, відн. од.	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печеність, від.од	Вологозабез- печеність, від.од
Полісся									
1986-2005	147	303	156	0,49	95	210	115	0,45	0,47
2011-2030	135	285	150	0,47	98	214	116	0,46	0,47
Різниця	-12	-18	-6	-2	+3	+4	+1	+1	0
2031-2050	146	304	158	0,48	83	188	105	0,44	0,47
Різниця	-1	+1	+2	-1	-12	-22	-10	-1	0
Західний Лісостеп									
1986-2005	197	385	188	0,51	103	238	135	0,43	0,48
2011-2030	226	433	207	0,52	100	230	130	0,43	0,49
Різниця	+29	+48	+19	+1	-3	-8	-5	0	+1
2031-2050	211	441	230	0,48	86	221	135	0,39	0,45
Різниця	+14	+56	+42	-3	-17	-17	0	-4	-3
Східний Лісостеп									
1986-2005	128	296	168	0,43	86	221	135	0,39	0,41
2011-2030	128	293	165	0,44	67	161	94	0,42	0,43
Різниця	0	-3	-3	+0,1	-19	-60	-41	+3	+0,2
2031-2050	164	373	209	0,44	35	83	48	0,42	0,44
Різниця	+36	+77	+41	+1	-51	-138	-87	+3	+0,3

Продовження таблиці 3.6

Період	I період сходи – викидання волоті				II період викидання волоті – повна стиглість				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печенність, від.од	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ванність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Вологозабез- печенність, від.од	Вологозабез- печенність, від.од
	Північний Степ								
1986-2005	120	292	172	0,41	80	230	150	0,35	0,38
2011-2030	119	306	187	0,39	72	212	140	0,34	0,37
Різниця	-1	+14	+15	-2	-8	-18	-10	-1	-1
2031-2050	113	310	197	0,36	64	211	147	0,30	0,34
Різниця	-7	+18	+25	-5	-16	-19	-3	-5	-4
	Південний Степ								
1986-2005	91	272	181	0,33	66	228	162	0,29	0,31
2011-2030	66	274	208	0,24	44	232	198	0,19	0,22
Різниця	-25	+4	+47	-9	-22	+4	+26	-10	-9
2031-2050	69	265	196	0,26	43	216	173	0,20	0,23
Різниця	-22	-7	+15	-7	-23	-12	+11	-9	-8

Сумарне випаровування за період викидання вологі – повна стиглість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) на території Полісся збільшиться на 3 мм та зменшиться (2031-2050 рр.) на 12 мм. В Західному Лісостепу зменшиться на 3 та 17 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 24 та 11 мм. В Північному Степу зменшиться на 7 та збільшиться на 1 мм. В Південному Степу зменшиться на 11 та 18 мм.

Сумарна випаровуваність за період викидання вологі – повна стиглість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться на 1 мм та (2031-2050 рр.) на 3 мм. В Західному Лісостепу збільшиться на 4 та зменшиться на 5 мм. В Східному Лісостепу зменшиться на 19 та 51 мм. В Північному Степу зменшиться на 8 та 16 мм. В Південному Степу зменшиться на 22 та 23 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період викидання вологі – повна стиглість склав в Поліссі 115 мм, за сценаріями 116 мм (2011-2030 рр) та 105 мм (2031-2050 рр.).

В Західному Лісостепу - 135 мм, за сценаріями 130 мм (2011-2030 рр) та 135 мм (2031-2050 рр.). В Східному Лісостепу 135 мм, за сценаріями 94 мм (2011-2030 рр) та 48 мм (2031-2050 рр.). В Північному Степу 150 мм, за сценаріями 140 мм (2011-2030 рр) та 147 мм (2031-2050 рр.). В Південному Степу 162 мм, за сценаріями 188 мм (2011-2030 рр) та 173 мм (2031-2050 рр.).

Відносна вологозабезпеченість за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) за вегетаційний період в Поліссі складає 0,47 відн.од., в Західному Лісостепу – 0,48 відн.од., в Східному Лісостепу – 0,41 відн.од., в Північному Степу – 0,38 відн.од., в Південному Степу – 0,31 відн.од.

3.3 Порівняльна характеристика продуктивності проса в умовах зміни клімату за сценарієм А2

За допомогою динамічної моделі формування продуктивності сільськогосподарських культур була проведена оцінка продуктивності проса на території України. Була отримана кількісна характеристика таких

показників фотосинтетичної продуктивності як площа листя, максимальний приріст біомаси, загальна біомаса рослин на м^2 , розрахована чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФСП) рослин за вегетаційний період, урожай культури у ц/га.

Результати розрахунків за сценарієм А2 представлені у таблиці 3.7.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 на території Полісся в період максимального розвитку площа листя проса за період 1986-2005рр. склала $1,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – $1,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,64 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Західному Лісостепу за ці ж періоди – $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $2,99 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $2,61 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Східному Лісостепу – $1,69 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,55 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,99 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Північному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,32 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,72 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Південному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Максимальне значення ЧПФ в Поліссі складає $50,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $48,0 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $50,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Західному Лісостепу - $58,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $52,4 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $49,8 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Східному Лісостепу – $54,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $59,0 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $56,4 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Північному Степу - $64,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $61,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $122,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Південному Степу – $63,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $56,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $52,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр).

Найменша врожайність спостерігається в Південному Степу за умов реалізації зміни клімату.

Площа листя проса в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.) набула максимального значення у шосту декаду вегетації і склала $1,33$, $1,41$ та $1,47 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.1). В умовах збільшення CO_2 , в Поліссі площа листя проса також зростала до шостої декади вегетації і максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,51 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $1,58 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

Таблиця 3.7 - Фотосинтетична продуктивність проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	Площа листя проса в період максимального розвитку, м ² /м ²	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м ² дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м ²	Суха біомаса цілої рослини проса, г/м ²	Урожай проса, ц/га
Полісся					
1986-2005	1,38	50,7	58,3	228,3	10,4
2011-2030	1,75	48,0	71,9	316,7	13,4
2031-2050	1,64	50,5	74,3	294,0	12,5
Західний Лісостеп					
1986-2005	1,78	58,2	82,4	334,9	14,0
2011-2030	2,99	52,4	120,4	569,8	23,2
2031-2050	2,61	49,8	105,2	491,4	19,5
Східний Лісостеп					
1986-2005	1,69	54,3	77,9	306,1	13,1
2011-2030	1,55	59,0	72,9	279,9	13,1
2031-2050	1,99	56,4	10,8	383,7	16,1
Північний Степ					
1986-2005	1,93	64,6	101,3	351,2	14,2
2011-2030	1,32	61,2	59,7	222,7	8,7
2031-2050	1,72	122,2	86,8	319,2	13,3
Південний Степ					
1986-2005	1,93	63,7	95,6	311,7	12,2
2011-2030	1,4	56,5	54,4	190,2	6,4
2031-2050	0,9	52,3	32,4	102,7	3,4

В Західному Лісостепу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 1,78 м²/м², за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) - 2,99 м²/м² та (2031-2050 рр.) – 2,61 м²/м² (рис. 2.2). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення СО₂ складає 3,28 м²/м² (2011-2030 рр.) та 2,56 м²/м² (2031-2050 рр.).

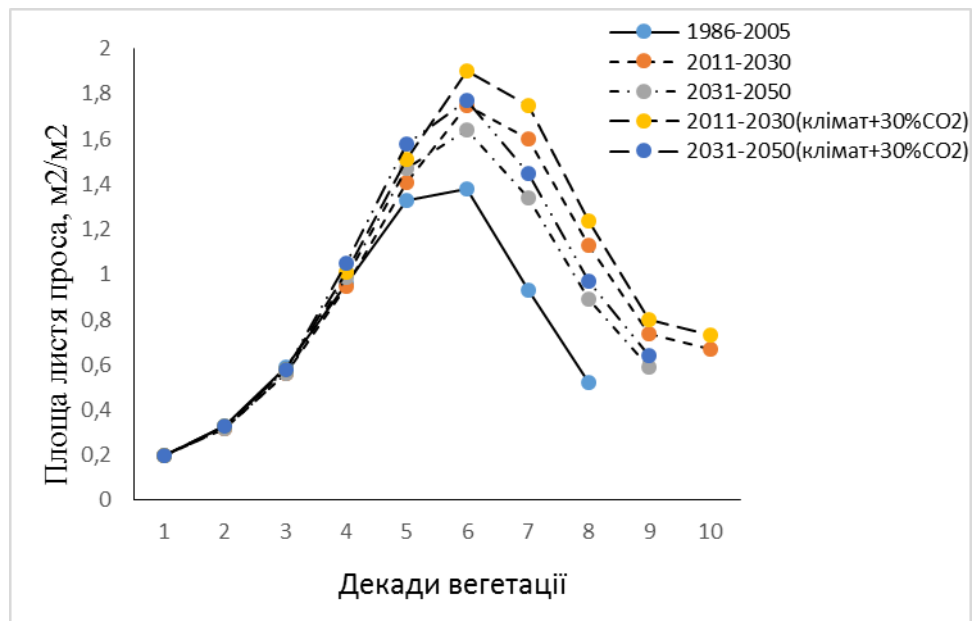


Рисунок 3.1 - Динаміка площі листя проса в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

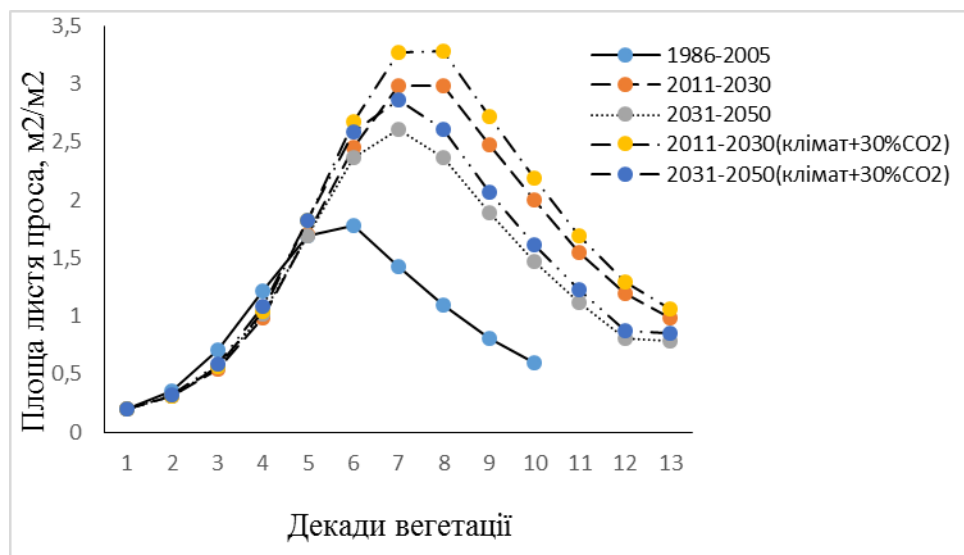


Рисунок 3.2 - Динаміка площі листя проса в Західному Ліссестепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

В Східному Ліссестепу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 1,61 м²/м², за сценаріями

зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) - $1,55 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $1,99 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.3). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,67 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $2,16 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

В Північному Степу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) - $1,32 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $1,72 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.4). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $1,86 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

В Південному Степу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) - $1,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.5). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $0,95 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

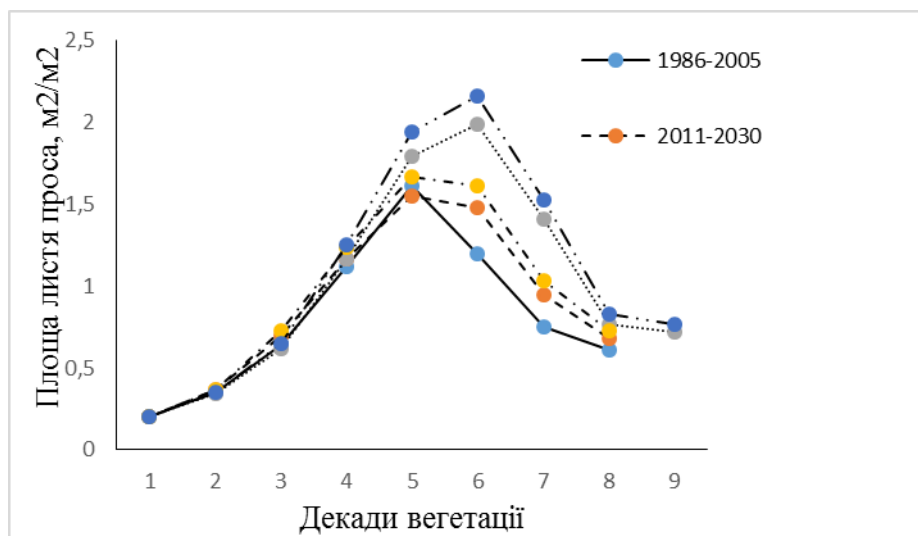


Рисунок 3.3 - Динаміка площі листя проса в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

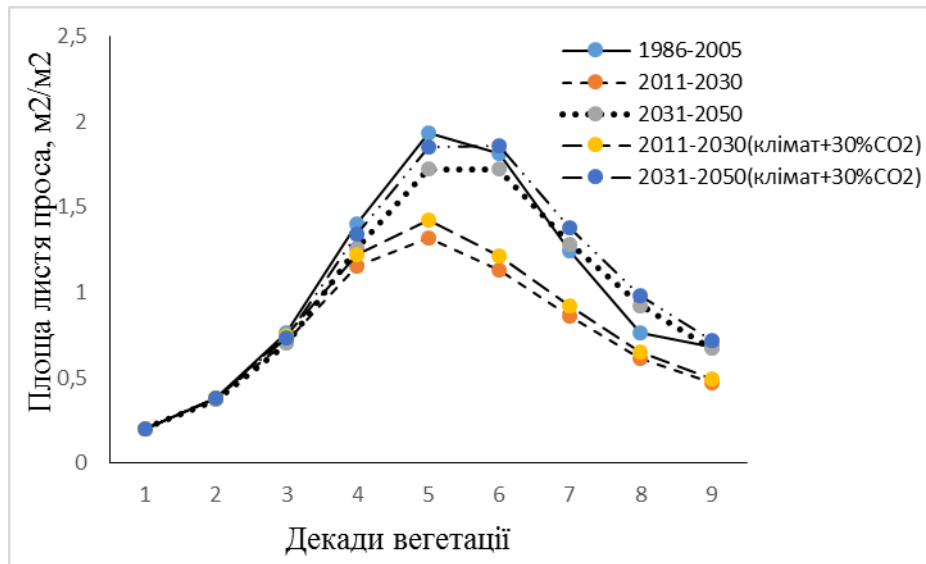


Рисунок 3.4 - Динаміка площі листя проса в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

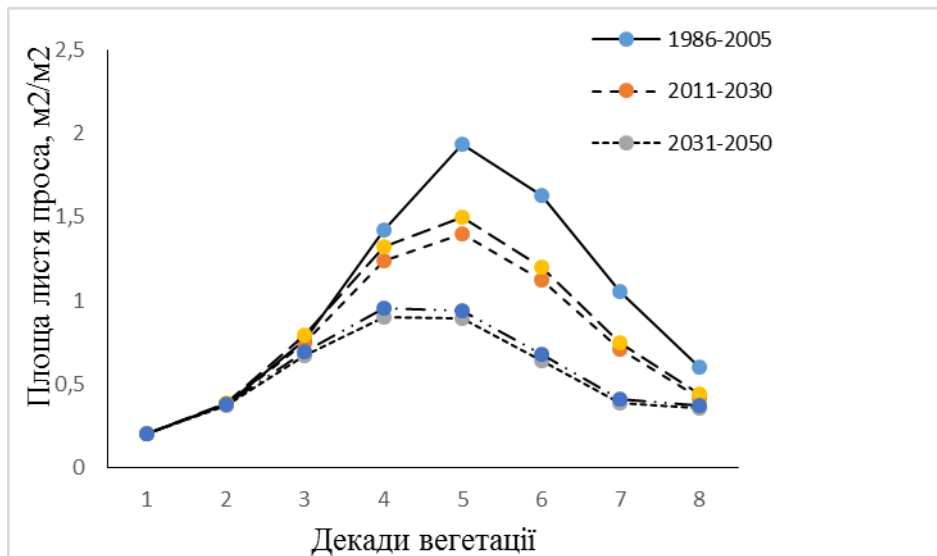


Рисунок 3.5 - Динаміка площі листя проса в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.) набула максимального значення у четверту

декаду вегетації і склала 50,7, 48,0 та 50,5 г/м²дек (рис. 3.6). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO₂ складає 44,8 г/м²дек в шосту декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 53,9 г/м²дек (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації.

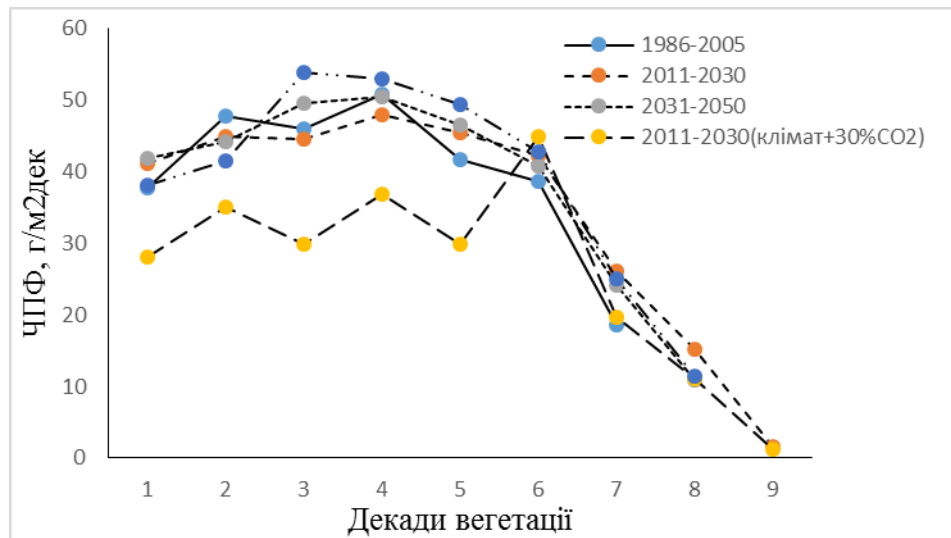


Рисунок 3.6 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Максимальне значення ЧПФ в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 58,2 г/м²дек в четверту декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) – 52,4 г/м²дек в сьому декаду вегетації та 49,8 г/м²дек (2031-2050 рр.) в п'яту декаду вегетації (рис. 3.7). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO₂ складає 52,9 г/м²дек в четверту декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 51,5 г/м²дек (2031-2050 рр.) в п'яту декаду вегетації.

Максимальне значення ЧПФ в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 54,3 г/м²дек в четверту декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) – 59,0 г/м²дек в другу та третю декади вегетації та 56,4 г/м²дек (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації (рис. 3.8). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення

CO₂ складає 58,1 г/м²дек в третю декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 57,8 г/м²дек (2031-2050 рр.) в четверту декаду вегетації.

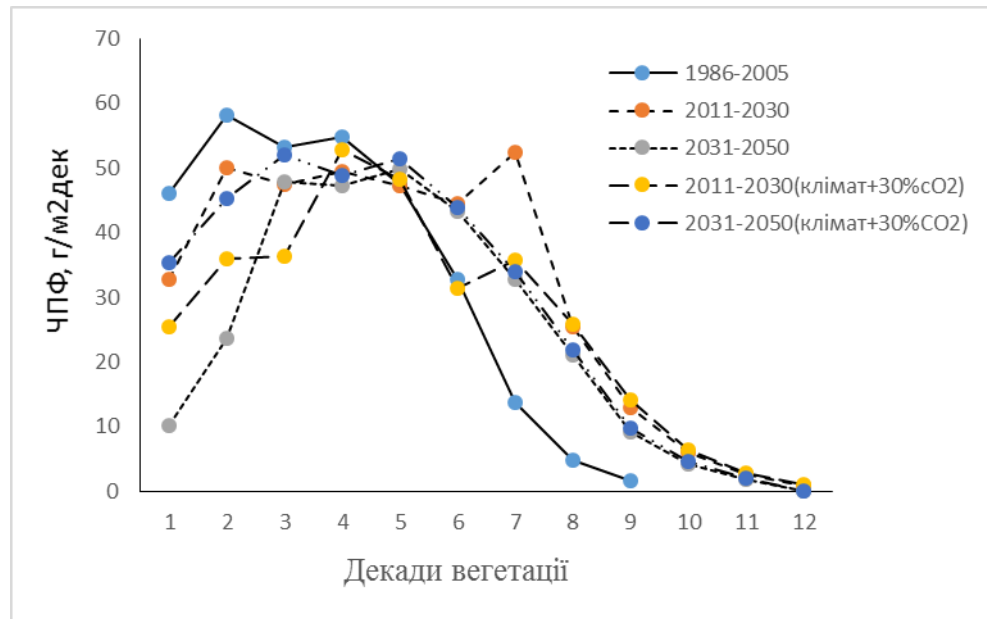


Рисунок 3.7 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

В Північному Степу максимальне значення ЧПФ за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 64,6 г/м²дек в третю декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) – 58,2 г/м²дек в третю декаду вегетації та 122,2 г/м²дек (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації (рис. 3.9). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO₂ складає 59,2 г/м²дек в третю декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 66,8 г/м²дек (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації.

В Південному Степу максимальне значення ЧПФ за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 63,7 г/м²дек в третю декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) – 56,5 г/м²дек в другу декаду вегетації та 52,3 г/м²дек (2031-2050 рр.) в другу декаду вегетації (рис. 3.10). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO₂ складає

59,4 г/м²дек в третю декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 58,2 г/м²дек (2031-2050 рр.) в другу декаду вегетації.

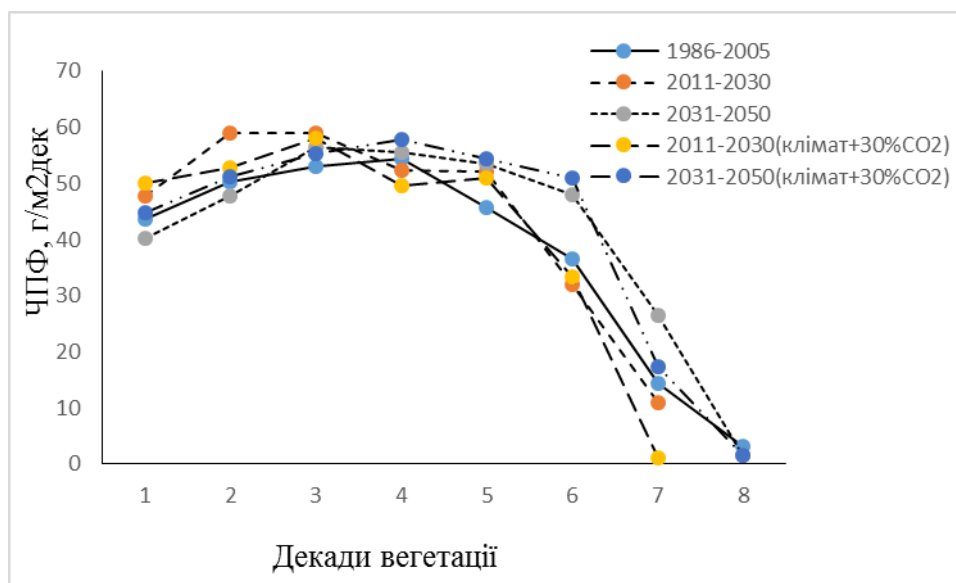


Рисунок 3.8 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

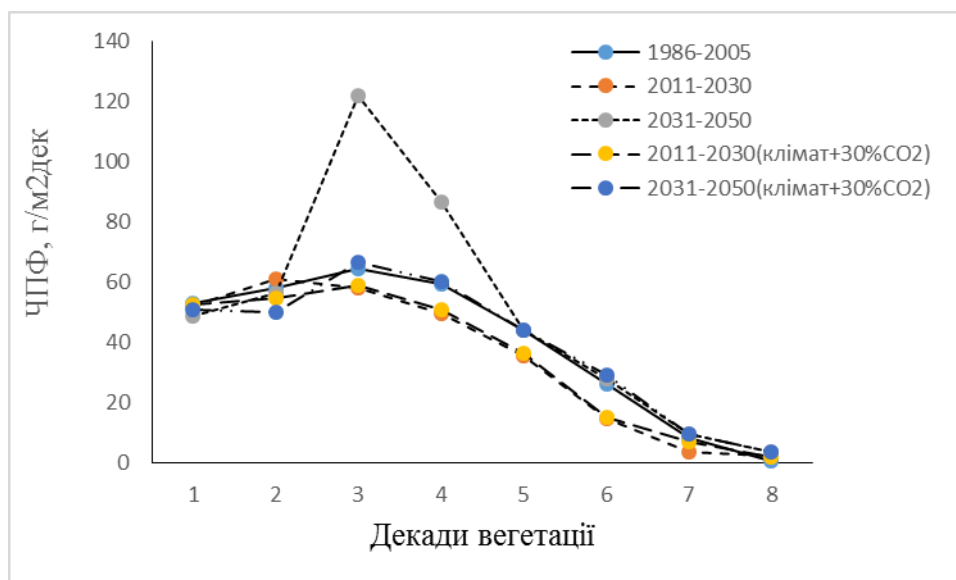


Рисунок 3.9 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

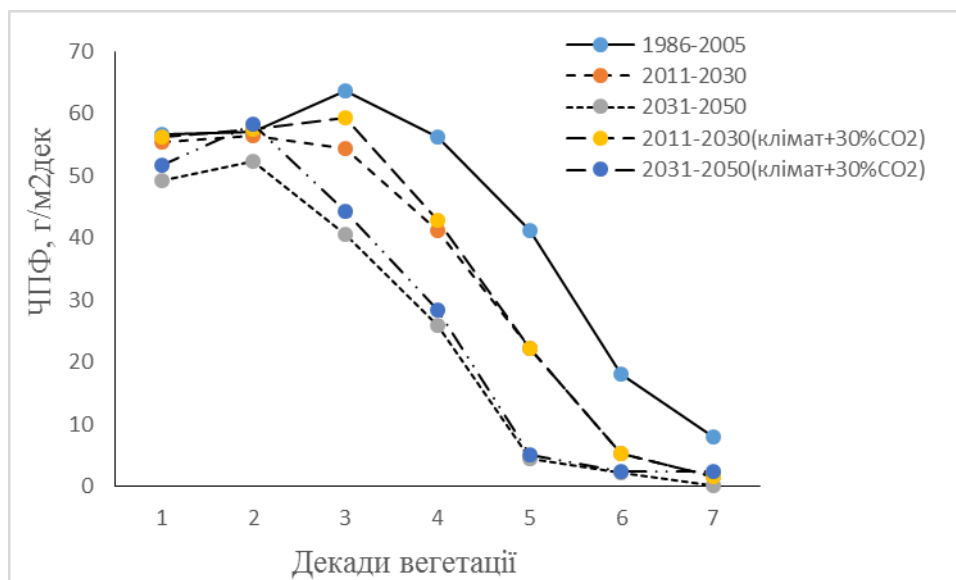


Рисунок 3.10 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

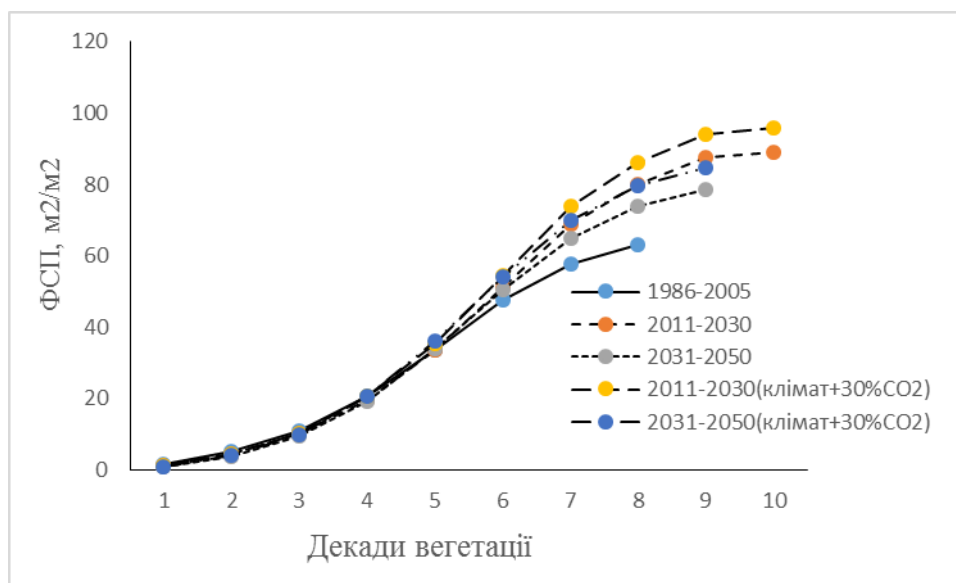


Рисунок 3.11 - Фотосинтетичний потенціал в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

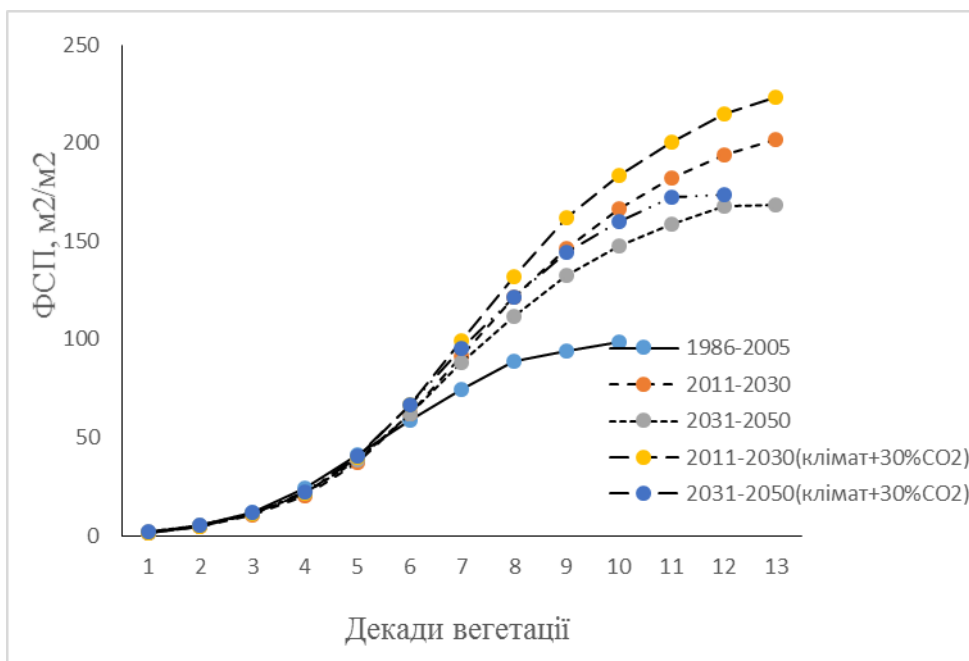


Рисунок 3.12 - Фотосинтетичний потенціал в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

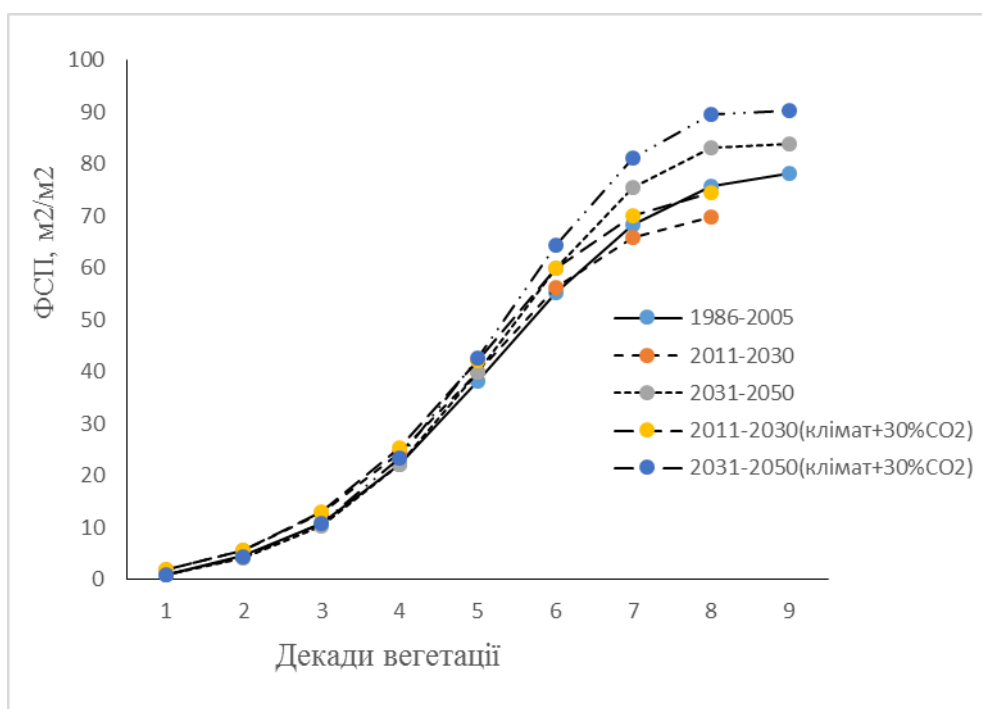


Рисунок 3.13 - Фотосинтетичний потенціал в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

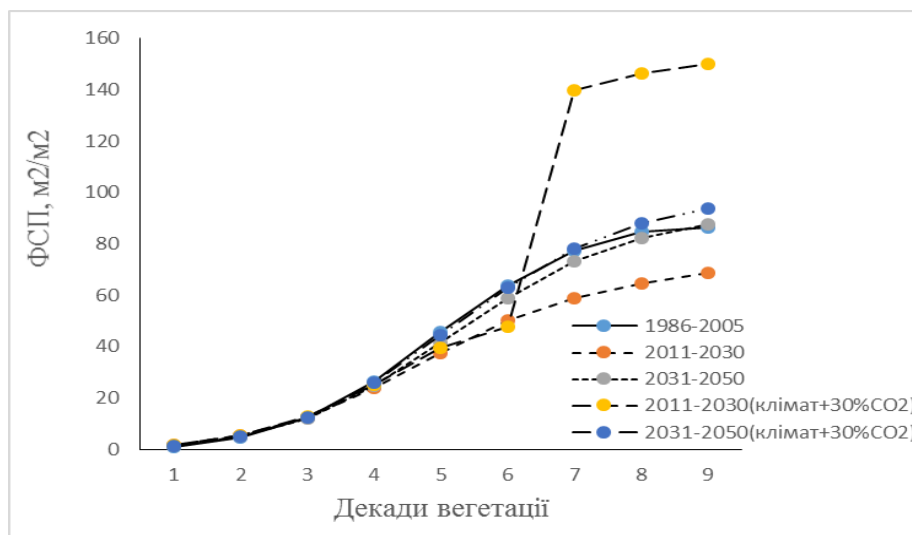


Рисунок 3.14 - Фотосинтетичний потенціал в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Фотосинтетичний потенціал в усіх чотирьох зонах за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.), та за умов збільшення CO_2 максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду (рис. 3.11-3.15).

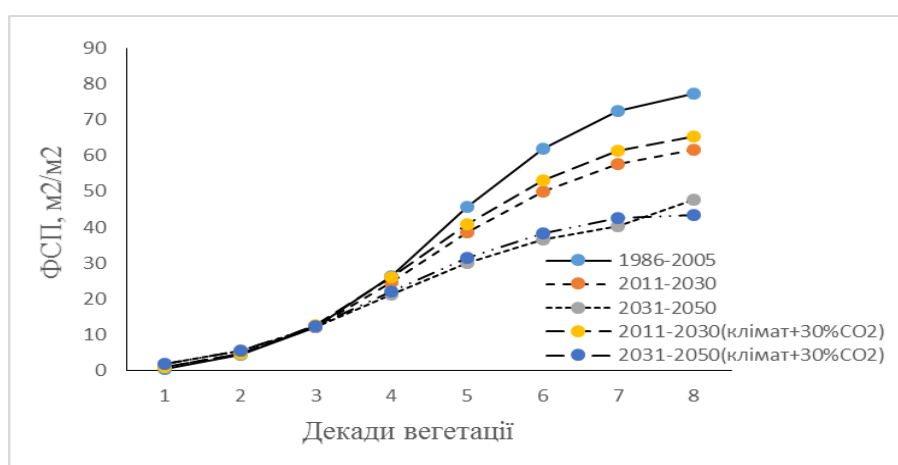


Рисунок 3.15 - Фотосинтетичний потенціал в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

3.4 Порівняльна характеристика продуктивності проса в умовах зміни клімату за сценарієм А1В

Була отримана кількісна характеристика таких показників фотосинтетичної продуктивності як площа листя, максимальний приріст біомаси, загальна біомаса рослин на м², розрахована чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФСП) рослин за вегетаційний період, урожай культури в ц/га за сценарієм А1В.

Результати розрахунків за сценарієм А1В представлені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Фотосинтетична продуктивність проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.)

Період	Площа листя проса в період максимального розвитку, м ² /м ²	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м ² дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м ²	Суша біомаса цілої рослини проса, г/м ²	Урожай проса, ц/га
Полісся					
1986-2005	1,38	50,7	58,3	228,3	10,4
2011-2030	1,13	38,2	47,4	188,8	8,2
2031-2050	1,28	50,3	55,3	209,5	9,0
Західний Лісостеп					
1986-2005	1,78	58,2	82,4	334,9	14,0
2011-2030	1,68	41,5	108,5	442,5	18,1
2031-2050	2,09	52,0	90,7	367,8	14,6
Східний Лісостеп					
1986-2005	1,69	54,3	77,9	306,1	13,1
2011-2030	1,68	42,3	82,9	303,1	14,2
2031-2050	1,64	60,8	81,3	251,5	12,0
Північний Степ					
1986-2005	1,93	64,6	101,3	351,2	14,2
2011-2030	1,84	44,9	92,4	328,3	13,4
2031-2050	1,22	57,6	57,6	198,6	8,0
Південний Степ					
1986-2005	1,93	63,7	95,6	311,7	12,2
2011-2030	0,5	27,3	13,1	36,1	1,2
2031-2050	0,79	48,5	20,3	63,4	1,8

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В на території Полісся в період максимального розвитку площа листя проса за період 1986-2005рр. склала $1,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – $1,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$, (2031-2050рр.) – $1,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Західному Лісостепу за ці ж періоди – $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $2,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Східному Лісостепу – $1,69 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,64 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Північному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,22 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Південному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Максимальне значення ЧПФ в Поліссі складає $50,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $38,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $50,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Західному Лісостепу - $58,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $41,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $52,0 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Східному Лісостепу – $54,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $42,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $60,8 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Північному Степу - $64,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $44,9 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $57,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Південному Степу – $63,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $27,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $48,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В на території Полісся в період максимального розвитку площа листя проса за період 1986-2005рр. склала $1,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – $1,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$, (2031-2050рр.) – $1,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Західному Лісостепу за ці ж періоди – $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $2,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Східному Лісостепу – $1,69 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,64 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Північному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $1,22 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В Південному Степу – $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Максимальне значення ЧПФ в Поліссі складає $50,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $38,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $50,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Західному Лісостепу - $58,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $41,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $52,0 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Східному Лісостепу – $54,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $42,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $60,8 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Північному Степу - $64,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $44,9 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $57,6 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр). В Південному Степу – $63,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (1986-2005рр), $27,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2011-2030рр), $48,5 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050рр).

Урожай проса за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) в Поліссі буде складати 8,2 ц/га. В Західному Лісостепу урожай проса склав 18,1 ц/га, в Східному Лісостепу – 14,2 ц/га, в Північному Степу – 13,1 ц/га, в Південному Степу – 1,2 ц/га.

Урожай проса за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в Поліссі буде складати 9 ц/га. В Західному Лісостепу урожай проса склав 14,6 ц/га, в Східному Лісостепу – 12 ц/га, в Північному Степу – 8 ц/га, в Південному Степу – 1,8 ц/га.

Площа листя проса в Поліссі набула максимального значення за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) в шосту декаду вегетації та склала $1,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) $1,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в п'яту декаду вегетації і $1,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в п'яту декаду вегетації (2031-2050 рр.) (рис. 3.16). В умовах збільшення CO_2 в Поліссі площа листя проса зростала до п'ятої декади вегетації і максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $1,37 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

В Західному Лісостепу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) - $2,35 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $2,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.17). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $2,57 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $2,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

В Східному Лісостепу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,61 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) - $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $1,64 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.18). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $1,82 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $1,76 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

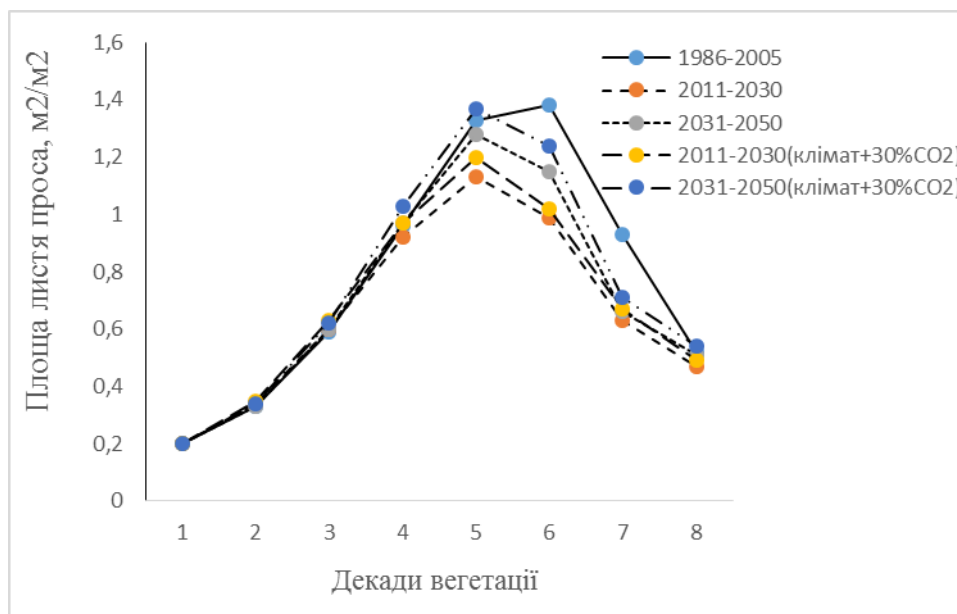


Рисунок 3.16 - Площа листя проса в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

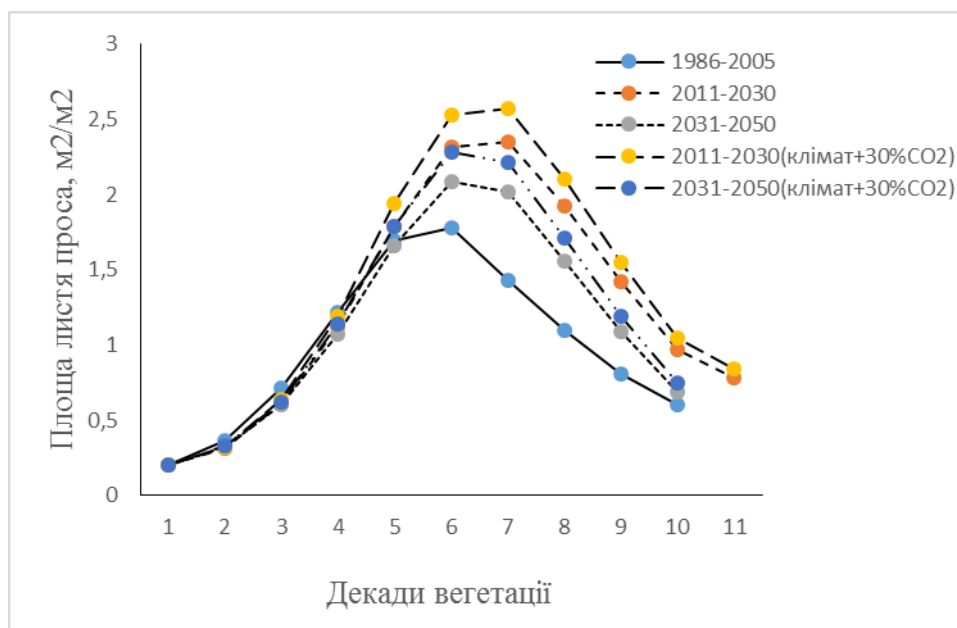


Рисунок 3.17 - Площа листя проса в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

В Північному Степу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями

зміни клімату (2011-2030 рр.) - $1,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) - $1,22 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.19). Максимальне значення площі листа проса за умов збільшення CO_2 складає $1,99 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $1,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

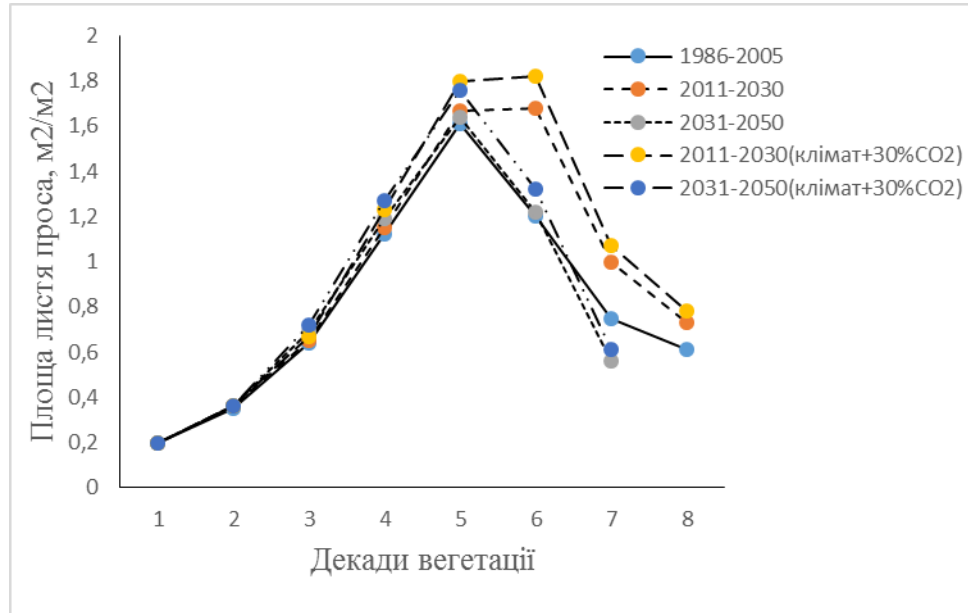


Рисунок 3.18 - Площа листа проса в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

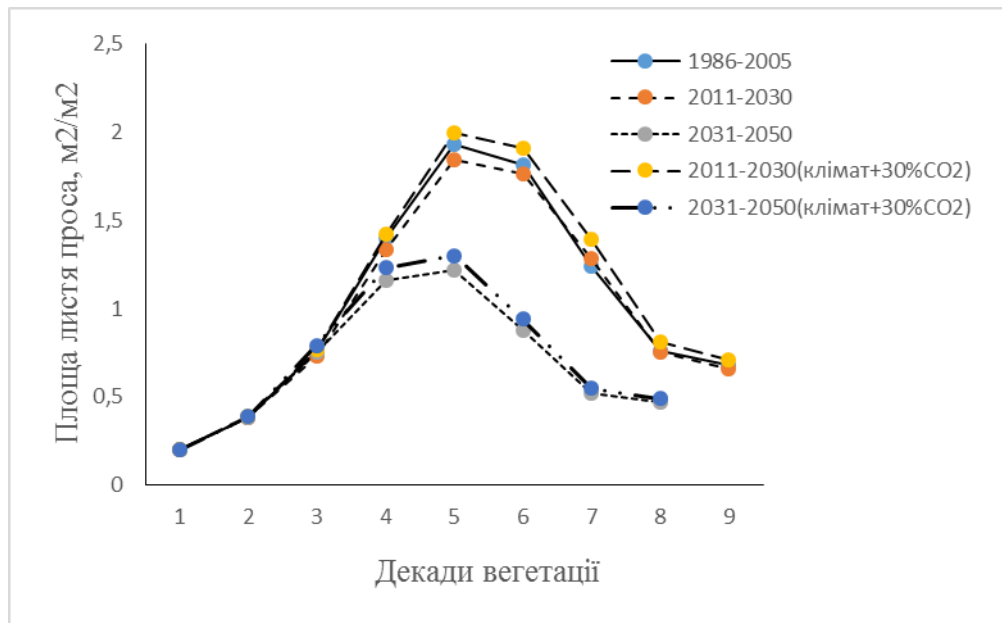


Рисунок 3.19 - Площа листа проса в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

В Південному Степу максимальна площа листя проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $1,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) - $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та (2031-2050 рр.) – $0,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (рис. 3.20). Максимальне значення площі листя проса за умов збільшення CO_2 складає $0,52 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2011-2030 рр.) та $0,83 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (2031-2050 рр.).

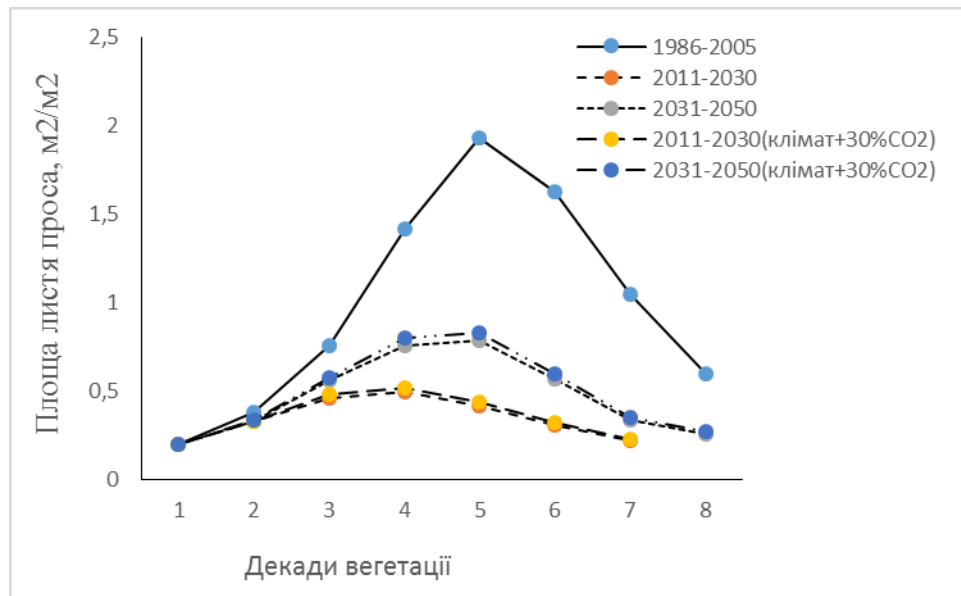


Рисунок 3.20 - Площа листя проса в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) в Поліссі набула максимального значення в четвертій декаді вегетації та складала $50,7 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – $38,2 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ в другу декаду вегетації та $50,3 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ в четверту декаду вегетації (2031-2050 рр.) (рис. 3.21). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO_2 складає $52,9 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ в третю декаду вегетації (2011-2030 рр.) та $53,4 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації.

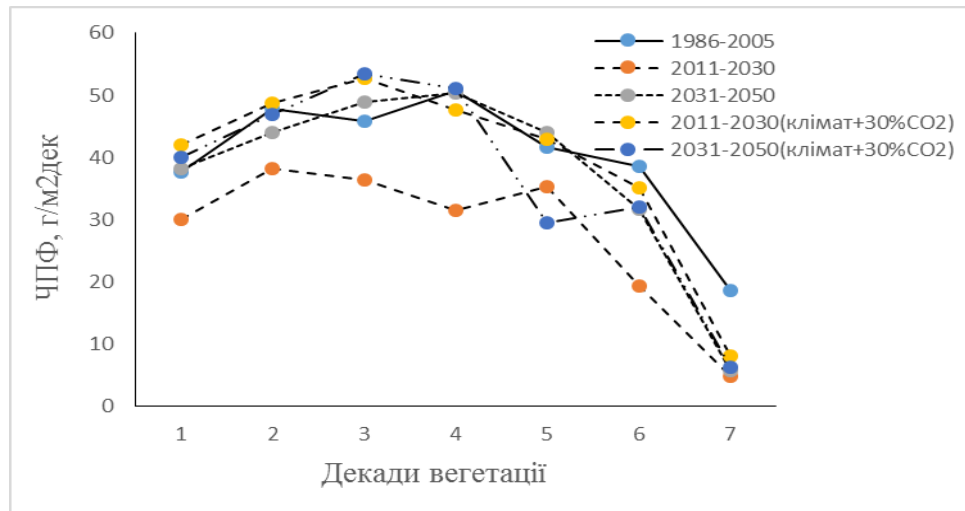


Рисунок 3.21 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Максимальне значення ЧПФ в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 58,2 г/м²дек в другу декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 41,5 г/м²дек в другу декаду вегетації та 50,5 г/м²дек (2031-2050 рр.) в четверту декаду вегетації (рис. 3.22).

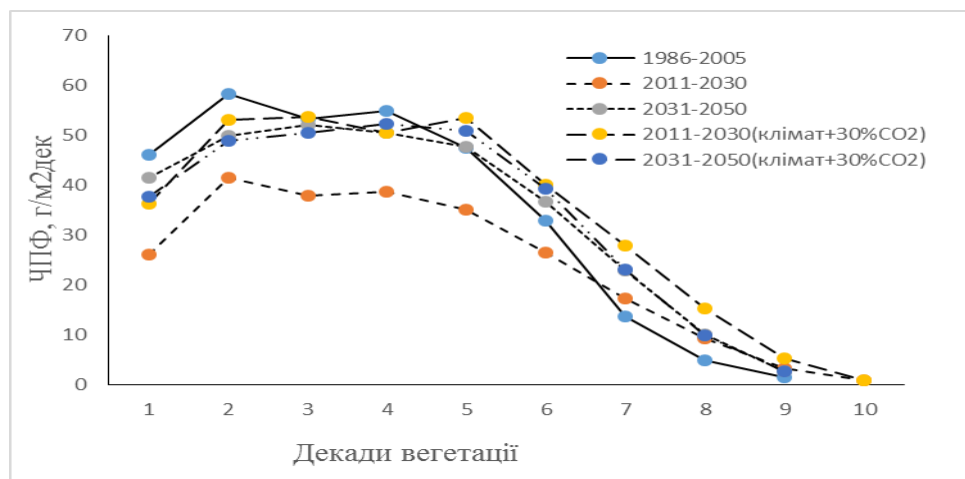


Рисунок 3.22 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO_2 складає $53,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в третю декаду вегетації (2011-2030 рр.) та $52,3 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (2031-2050 рр.) в четверту декаду вегетації.

Максимальне значення ЧПФ в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає $54,3 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в четверту декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – $42,3 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в третю декаду вегетації та $60,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації (рис. 3.23). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO_2 складає $60,7 \text{ г/м}^2\text{дек}$ в четверту декаду вегетації (2011-2030 рр.) та $60,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (2031-2050 рр.) в четверту декаду вегетації.

В Північному Степу максимального значення ЧПФ набуває в третю декаду вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.) – $64,5$, $44,9$, $57,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (рис. 3.24). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO_2 складає $62,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (2011-2030 рр.) та $63,0 \text{ г/м}^2\text{дек}$ (2031-2050 рр.) також в третю декаду вегетації.

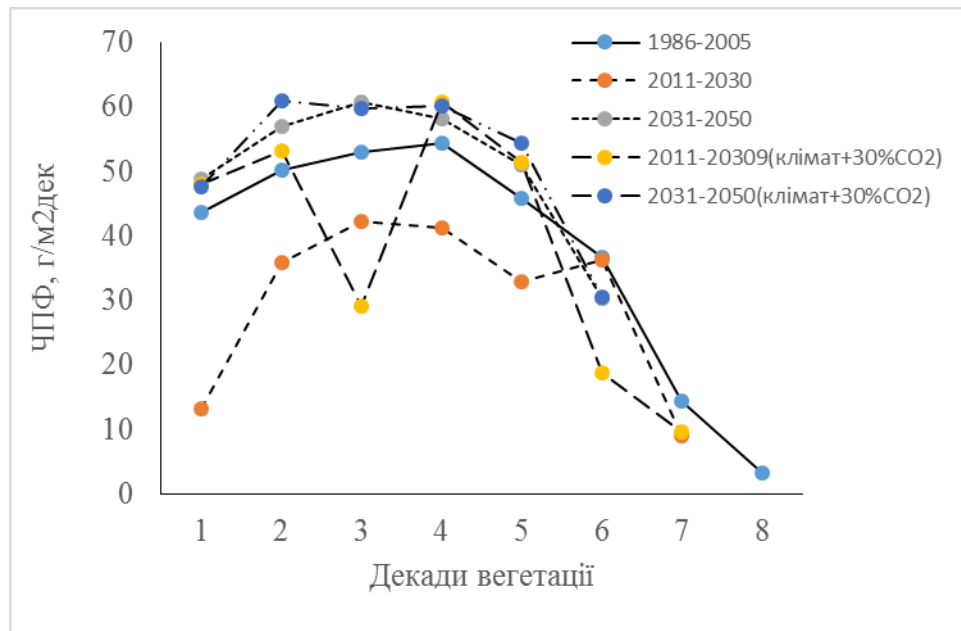


Рисунок 3.23 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

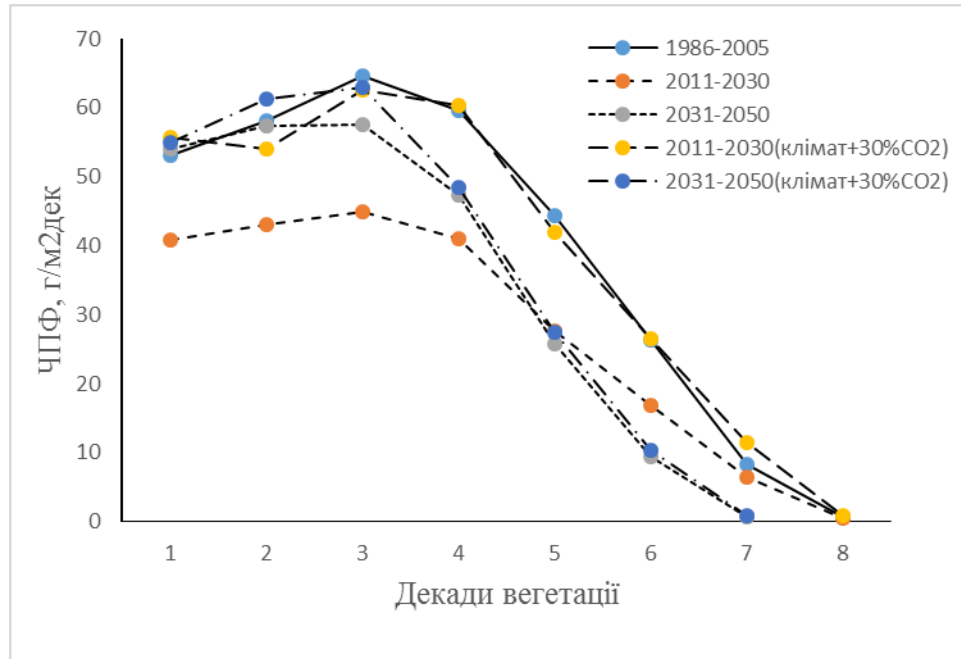


Рисунок 3.24 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

В Південному Степу максимальне значення ЧПФ за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) складає 63,7 г/м²дек в третю декаду вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) – 27,3 г/м²дек в першу декаду вегетації та 48,5 г/м²дек (2031-2050 рр.) в другу декаду вегетації (рис. 3.25). Максимальне значення ЧПФ за умов збільшення CO₂ складає 35,0 г/м²дек в другу декаду вегетації (2011-2030 рр.) та 44,2 г/м²дек (2031-2050 рр.) в третю декаду вегетації.

Фотосинтетичний потенціал в усіх чотирьох зонах за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.), та за умов збільшення CO₂ максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду (рис. 3.26-3.30).

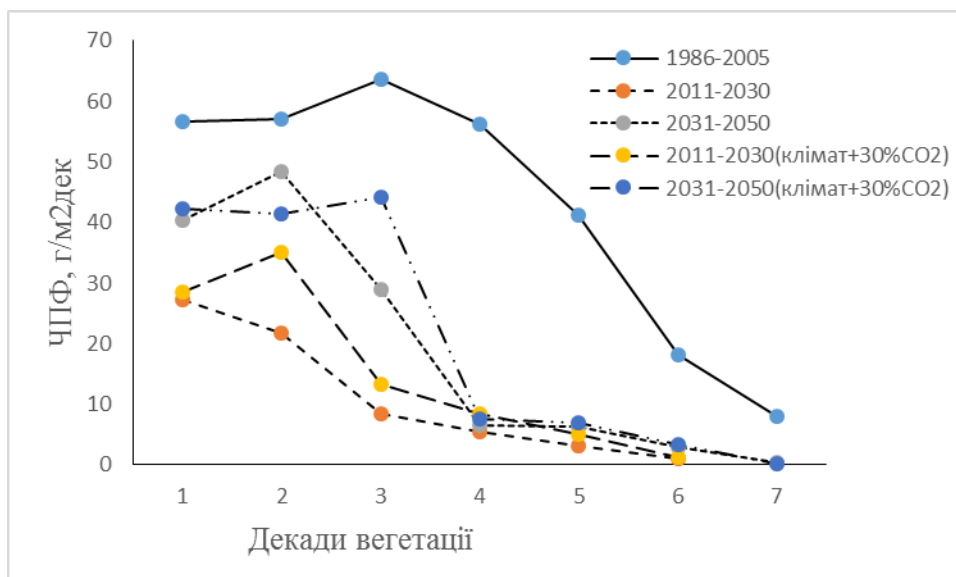


Рисунок 3.25 - Чиста продуктивність фотосинтезу проса в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

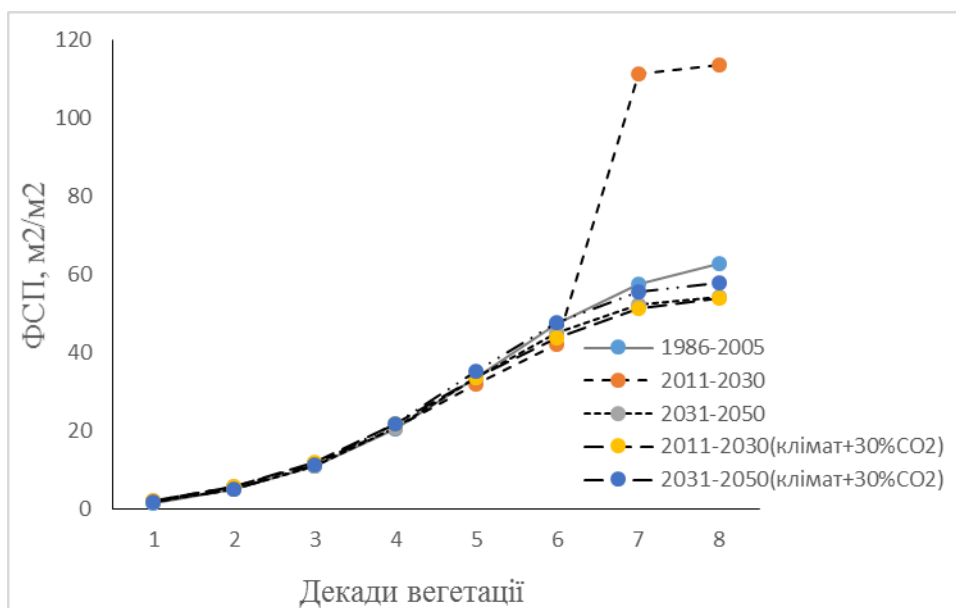


Рисунок 3.26 - Фотосинтетичний потенціал в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

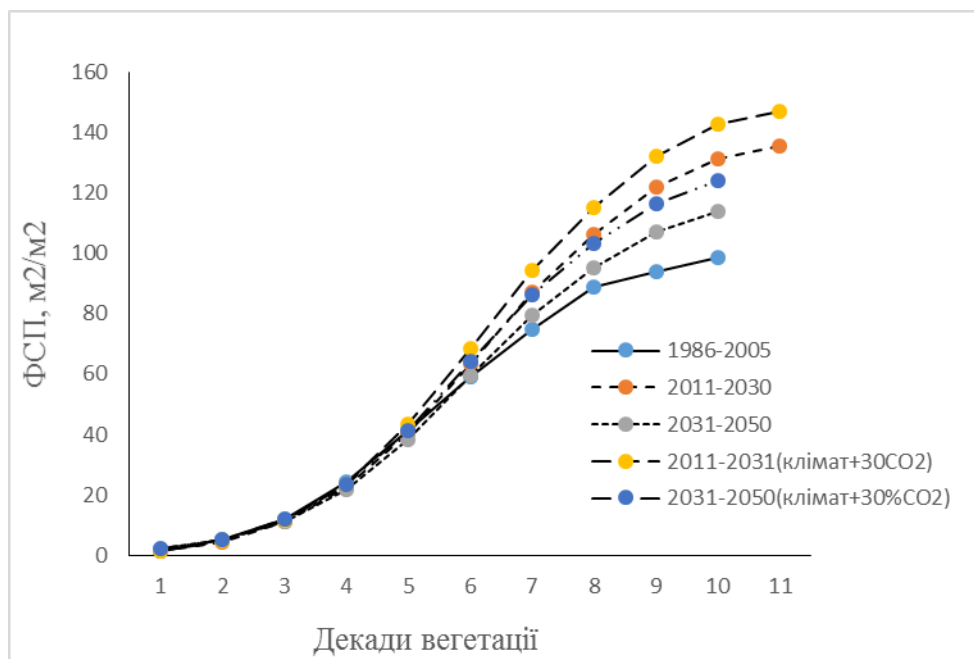


Рисунок 3.27 - Фотосинтетичний потенціал в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

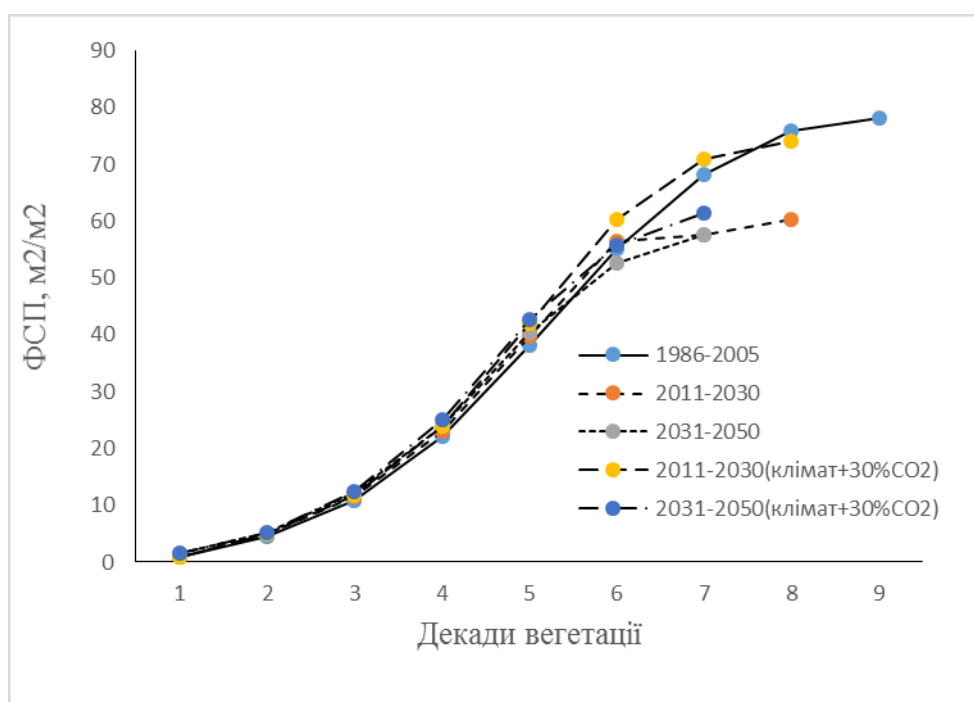


Рисунок 3.28 - Фотосинтетичний потенціал в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

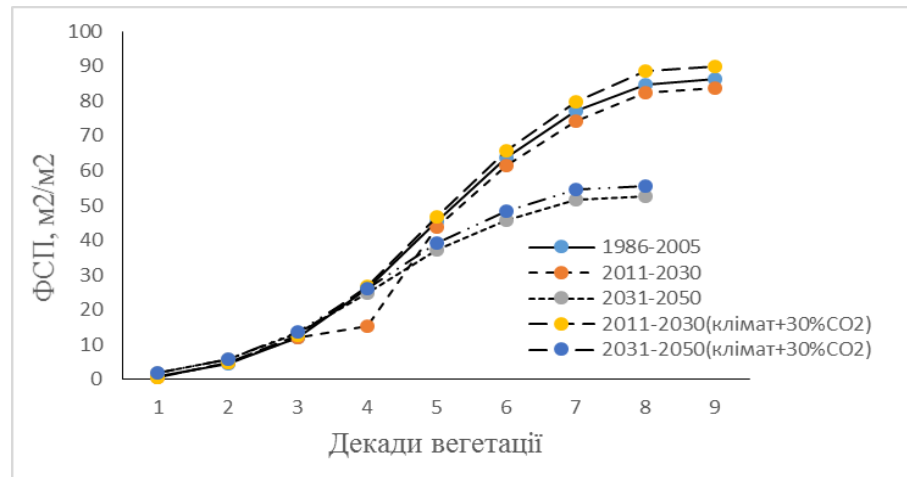


Рисунок 3.29 - Фотосинтетичний потенціал в Північному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

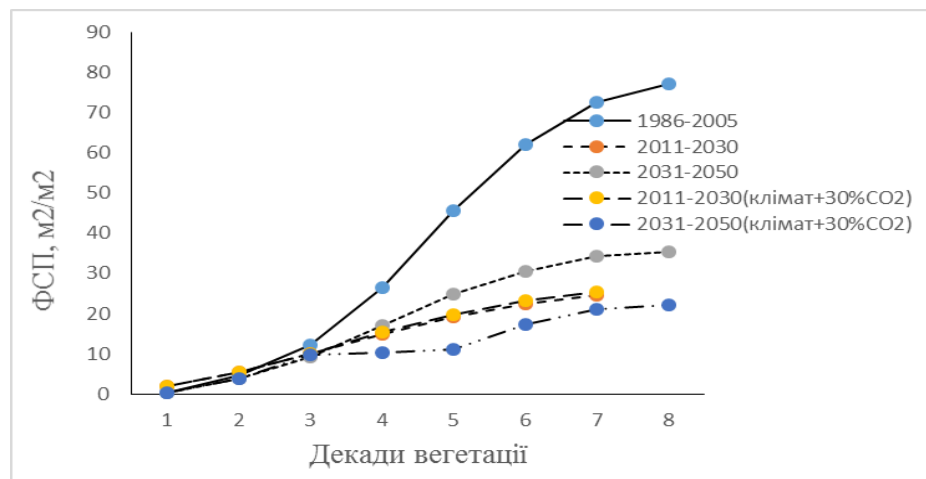


Рисунок 3.30 - Фотосинтетичний потенціал в Південному Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.).

Таким чином, за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 і А1В виконана оцінка впливу зміни клімату на продуктивність проса. Встановлені оптимальні агрометеорологічні та агрокліматичні умови, при яких спостерігається максимальна продуктивність сівби проса. Проведено порівняння показників фотосинтетичної продуктивності проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

4 МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУРИ ПРОСА

4.1 Концепція побудови моделі

У сучасній кількісній теорії продуктивності процес формування урожаю сільськогосподарської культури розглядають як складний безперервний ланцюг сполучених, взаємопов'язаних фізіологічних процесів, які розвиваються в часі, напруженість і якісна спрямованість яких визначається генотипом рослини та впливом факторів середовища проживання. Тому при моделюванні необхідно прагнути до обліку умов середовища протягом усього вегетаційного періоду за допомогою пристосованого для цієї мети математичного апарату.

Математичною моделлю системи прийнято називати її опис на якій-небудь формальній мові, що дозволяє судити про поведінку цієї системи за допомогою формальних процедур [49, 50].

Математична модель складних ієрархічно організованих динамічних об'єктів з різноманітними внутрішніми та зовнішніми зв'язками сама є складною системою безупинно мінливих образів, виражених в математичній символіці. Досвід побудови таких моделей вказує на необхідність використання всього різноманіття шляхів наукового пізнання і відмінностей підходів до опису цієї системи та її окремих частин (інтуїції і гіпотези) – від емпіричного підходу та індуктивних побудов до дедуктивної математичної теорії.

До складу моделі продукційного процесу включені описи, засновані на дедукції, (не вимагають перевірки). Проте в цілому ця модель має всі риси індуктивної теорії, що вимагають досліджень її достовірності. Конструювання такої моделі має розглядатися як процес її

розвитку, наближення ступеню вірогідності моделі до того рівня, який диктується практичними міркуваннями.

Розробка моделей, що описують комплекс процесів в агроценозах, є однією з найскладніших завдань сучасної науки. Пояснюється це необхідністю обліку та кількісного опису найважливіших біологічних, фізичних, біохімічних та інших процесів у житті рослин; недостатньою вивченістю питань взаємодії і впливу таких процесів в системі рослина – середовище; відсутністю досконалої експериментальної бази для визначення параметрів моделей та їх перевірки; складністю реалізації моделей на сучасних ЕОМ. Як зазначає Х.Г. Тоомінг [51], роль математичних моделей у вивченні функціонування фітоценозу в системі ґрунт – атмосфера інтегруюча. Також наводиться висловлювання Данкана про інтегруючу роль моделі. Він пише (цит. за Тоомінгом): «Довгий час багато вміння і засобів витрачалися на вивчення окремих частин біологічних систем, замість того щоб скласти вже добре досліджені частини і розглянути, як вони функціонують як єдина система. Положення аналогічно тому, якби ми змушені були відповісти на питання: «Скільки часу?», поглянувши в ящик, де знаходяться лише деталі розібраних годин. Ніякого значення не має те, як добре ці деталі виготовлені. Вони не покажуть часу до тих пір, поки не будуть правильно з'єднані між собою». Віддаючи належне образності та точності цього порівняння, не можна не відзначити, що якість «виготовлення цих деталей» має в системі першорядне значення, бо в останній з'єднуються в систему наші знання, уявлення, гіпотези, концепції, розроблені різними дисциплінами: фізіологією, біофізикою, геоботанікою, метеорологією, фізикою ґрунтів, агрономією і т. д. Математична модель містить у стислому і зручному для кількісного застосування вигляді наявну інформацію про продукційний процес, відображаючи добре або слабо розроблені питання, і може з'явитися як інструментом дослідження, так і основою для вирішення широкого кола прикладних задач.

Рівень складності моделі визначається кінцевою метою розробки, зокрема, прикладною значущістю моделі. При розробці прикладних моделей доцільно використовувати вже готові, апробовані блоки з інших моделей [52].

Досвід роботи автора з великими імітаційними моделями типу ґрунт – рослина – атмосфера, призначеними для досліджуваних робіт, і досвід створення першого варіанту спрощеної динамічної моделі типу погода – урожай, призначений для використання в практиці агрометеорологічного обслуговування сільського господарства [53, 54, 55, 56, 57, 58], дозволили взятися за розробку варіанту прикладної моделі формування продуктивності проса, тобто довгоперіодичної (за класифікацією З.Н. Біхеле, Х. А. Молдау, Ю. К. Росса) [55] динамічної моделі, яка описує продукційний процес у всіх аспектах з різним ступенем деталізації протягом усього вегетаційного періоду. Як припускають автори [52], подібні моделі в найблищі 10-15 років будуть мати найбільшу практичну значущість. А. М. Польовий [59] чітко сформулював ряд вимог до довгоперіодичних динамічних моделей, призначених для використання в агрометеорологічних прогнозах і розрахунках. Ці вимоги полягають у наступному.

Структуру моделі необхідно розробляти з урахуванням того, щоб вона забезпечувала досить точний опис основних процесів життєдіяльності рослин на рівні екосистем (поля), елементів (індивідуальні рослини) і компонентів (органи рослин). Подальше поглиблення рівня до клітини і біохімічних структур в прикладних моделях не обов'язково.

Однак структура моделі повинна передбачати використання тих параметрів, для оцінки яких можна отримати досить експериментальних даних. Крім того, в моделі повинні бути закладені можливості для адаптації її при використанні в прогностичних цілях, тобто необхідна оцінка географічної мінливості параметрів моделі.

При розробці моделі формування продуктивності проса в якості базового варіанту використана модель А.М.Польового. Ця модель була модифікована та адаптована стосовно до культури проса.

Блок-схема моделі формування продуктивності проса включає блоки основних фізіологічних процесів життєдіяльності рослини *Panicum miliaceum*: фотосинтезу, дихання, росту, розвитку, а також гідрометеорологічний блок. І хоча продуктивність посіву визначається всім комплексом зв'язків у системі ґрунт – рослина – атмосфера, при розробці моделі використані ті метеорологічні та агрометеорологічні дані про температуру і вологість повітря, опади, сонячну радіацію, водно-фізичні властивості і вологості ґрунту, які можна отримати за допомогою стандартних метеорологічних та агрометеорологічних спостережень. При цьому враховувався характер дії факторів зовнішнього середовища на агроценоз, який, як правило, не аддитивний (вплив факторів не сумується), або антогоністичний (взаємокомпенсації, наприклад, негативного впливу високої температури і пом'якшуючого впливу – зрошення), або синергічний (взаємопосилення дії різних факторів). Характер дії факторів може бути монодомінантним (за термінологією, тобто один із факторів набуває екстремальне (максимальне або мінімальне) значення, нівелюючи вплив інших факторів (заморозки, різке підвищення температури і т.д.).

Приймаючи до уваги масштаб змін факторів зовнішнього середовища, автор віддав перевагу врахуванню добових значень агро- та метеовеличин, які розраховуються в гідрометеорологічному, або підготовчому, блоці моделі.

Основні етапи побудови моделі: 1) розробка структури, 2) ідентифікація параметрів і структури; 3) дослідження моделі.

Відповідно до прийнятої термінології назвемо модель формування продуктивності проса SIMIL (Simulation of Millet) [49].

Однією із основних умов високої культури землеробства є найбільш повне використання кліматичних ресурсів. У цьому аспекті вивчення

кліматичної забезпеченості формування урожаю сільськогосподарських культур з урахуванням особливостей мікроклімату територій має важливе наукове та практичне значення. При врахуванні впливу клімату на ефективність сільськогосподарського виробництва головним є визначення агрокліматичних ресурсів території, що реалізовується шляхом їх агрокліматичного районування.

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, яка покладена в основу нашого дослідження, заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга, результати моделювання формування врожаю А.М. Польового та методах оцінки мікрокліматичної мінливості елементів клімату в горбистому рельєфі Е.Н. Романової [60, 61, 62, 63, 64, 65, 66]. Базова модель була нами модифікована і адаптована стосовно до культури проса.

Модель оцінки агрокліматичних ресурсів культури проса має блочну структуру і містить шість блоків (рис. 4.1):

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з урахуванням експозиції поля;
- блок функцій впливу фази розвитку та метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;
- блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням;
- блок агроекологічних категорій урожайності. Враховуючи біологічні особливості культури проса, дозрівання якої проходить трьома етапами, нами моделюються три фази дозрівання зерна проса у волоті;
- блок узагальнюючих оціночних характеристик.

Розглянемо більш детально ці блоки.

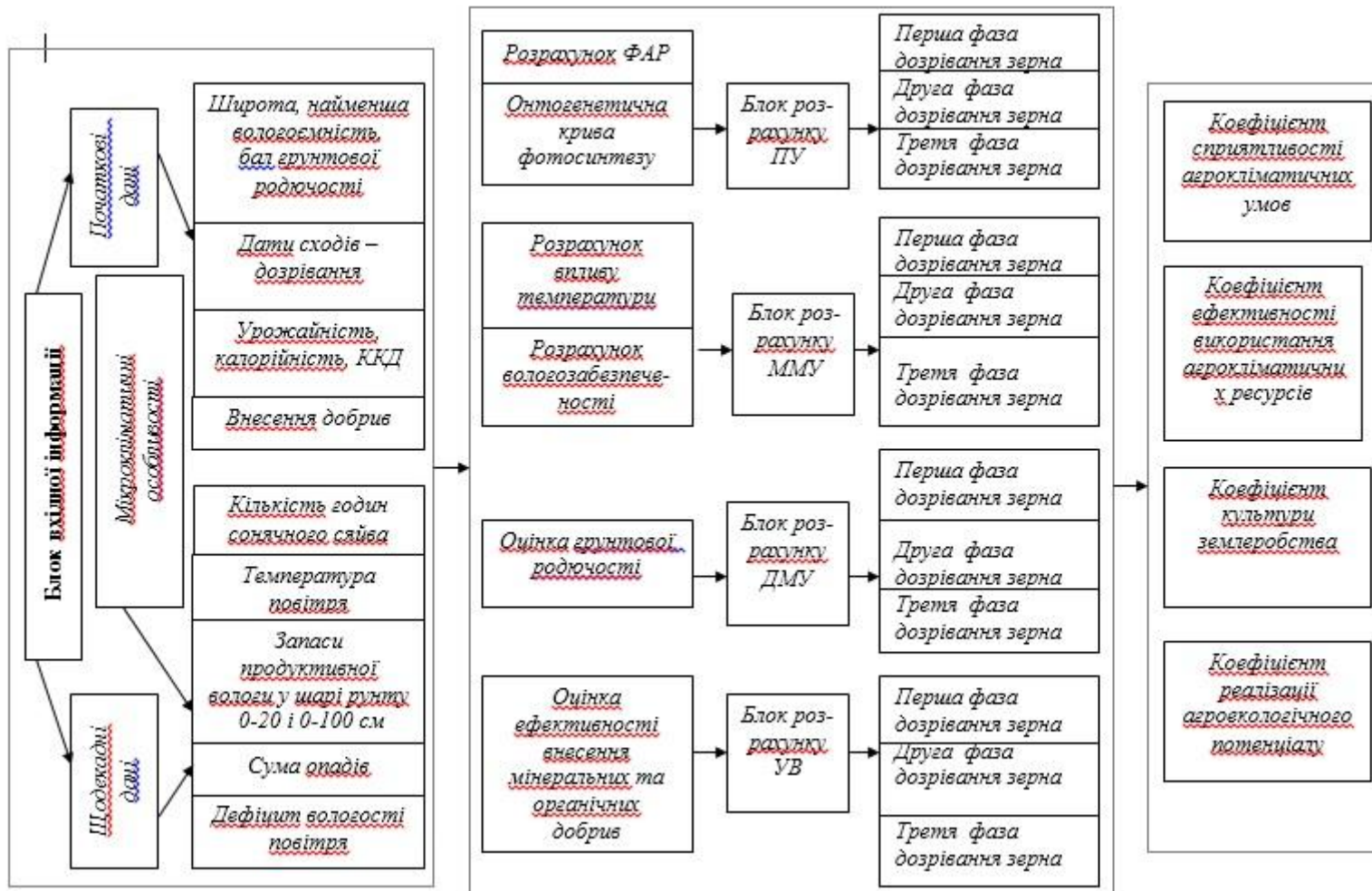


Рисунок 4.1 - Блок-схема агрокліматичної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур.

4.2 Блок вхідної агрометеорологічної інформації

Цей блок складається із даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить у собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони поділяються на три групи:

Перша група – запаси продуктивної вологи у ґрунті, середньодекадна температура повітря, середня за декаду кількість годин сонячного сяйва, сума опадів за декаду, середній за декаду дефіцит насичення повітря, кількість днів у розрахунковій декаді.

Друга група – інформація про внесення доз азотних, фосфорних і калійних добрив, дані про оптимальні дози цих добрив, дані про внесення органічних добрив та їхній оптимальній дозі, рік внесення органічних добрив, бал ґрунтового бонітету.

Третя група – інформація про експозицію та крутість схилу, на якому розташоване поле, характеристика типу схилу і місця розташування поля на схилі.

4.3 Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму

Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (4.1)$$

де Q_o – сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню, кал/см²·доба;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – номер розрахункової декади;

A і B – проміжні характеристики, що визначаються в залежності від широти місцевості та схилення Сонця.

Для розрахунку випаровуваності E_0 використовується метод А.М. Алпат'єва:

$$E_0^j = 0,65 \cdot DWW^j \cdot dv^j \cdot 0,75, \quad (4.2)$$

де DWW – середній за декаду дефіцит насичення повітря, гПА;

dv – кількість днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко

$$E^j = \frac{2W^j + O_S^j + P_{nor}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_0^j}}, \quad (4.3)$$

де E – сумарне випаровування на схилі, мм;

P_{nor} – норма вегетаційних поливів;

W_{HB} – найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см, мм;

O_S – сума опадів за декаду з урахуванням схилу, мм;

W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на схилі, мм.

Величина коефіцієнта для перерахунку випаровуваності на схилі k^E знаходиться в залежності від зволоження території, пори року, крутості схилу.

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація у нижні шари ґрунту

$$F_{ilt}^j = W^j + O_S^j + P_{nor}^j - E^j - W_{HB}, \quad (4.4)$$

де F_{ilt} – інфільтрація в нижні шари ґрунту на схилі за декаду, мм.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи використовується рівняння водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + O_S^j + P_{nor}^j - E^j - F_{ilt}^j \quad (4.5)$$

4.4 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин

В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища. Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу використовується формула

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \left[-a_{\Phi} \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (4.6)$$

де величина α_{Φ} знаходиться за виразом

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^0}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (4.7)$$

де α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

α_{Φ}^0 – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

Σt_1 – сума ефективних температур повітря від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

TS_2 – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1}^j \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases} \quad (4.8)$$

де ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу, відн. од.;

T – середньодекадна температура повітря, °С;

T_{Φ} – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез, °С;

T_{opt1} – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С;

T_{opt2} – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °С.

У рівнянні (4.8) проміжні величини знаходяться за формулами:

$$x_1^j = (T_s^j - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}), \quad (4.9)$$

$$x_2^j = (T_s^j - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (4.10)$$

де T_{max} – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, °С;

T_s – температура повітря на горизонтальній поверхні, °С.

Значення нижньої і верхньої межі температурного оптимуму для фотосинтезу визначаються як функції часу.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез γ_{Φ} знаходиться як

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3, & \\ & \text{при } W^j > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (4.11)$$

де W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм;

W_{opt1} – нижня межа оптимальних запасів вологи, мм;

W_{opt2} – верхня межа оптимальних запасів вологи, мм.

$$x_3^j = W^j / W_{opt1}^j, \quad (4.12)$$

$$x_4^j = W^j / W_{opt2}^j. \quad (4.13)$$

Функція впливу вологозабезпеченості посівів розглядається як сполучення двох функцій. Враховується функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин (за даними про фактичні запаси вологи) і відношення сумарного випаровування посівів до випаровуваності

$$FW = \left(\gamma_{\phi}^j \cdot \frac{E^j}{E_0^j} \right)^{0,5}, \quad (4.14)$$

де FW – відносна вологозабезпеченість посівів, відн. од.

Аналогічно визначається узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості FTW_1 на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\psi_{\phi} FW)^{0,5}. \quad (4.15)$$

До цієї функції вводиться корекція на рівень температури в сполученні з вологозабезпеченістю:

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1[1 + (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1[1 - (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} . \quad (4.16)$$

4.5 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

Родючість ґрунту характеризується вмістом у ній гумусу, що залежить від міри впливу ерозії ґрунту.

$$G_{um} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (4.17)$$

$$F_{G_{um}} = \frac{G_{um}}{G_{umopt}}, \quad (4.18)$$

де G_{um} – вміст гумусу у ґрунті, %;

k_{er}^G – функція впливу ерозії ґрунту на вміст гумусу у ґрунті, відн. од;

G_{umopt} – оптимальний для вирощування сільськогосподарської культури вміст гумусу у ґрунті, %.

Функція впливу вмісту гумусу у ґрунті визначається за формулою О.С. Образцова для розрахунку забезпеченості рослин елементами мінерального живлення

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (4.19)$$

де FW_{Gum} – функція впливу вмісту гумусу у ґрунті на формування урожаю, відн. од.

Значення функцій оптимальності азотного, фосфорного і калійного живлення розраховується за методом О.С. Образцова з деякими модифікаціями

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (4.20)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (4.21)$$

де N_m – внесена доза азотних добрив, кг/га;

N_{opt} – оптимальна доза азотних добрив, необхідна для одержання максимального урожаю, кг/га;

FW_N – функції впливу забезпеченості азотом, відн. од.;

k_{ef} – коефіцієнт ефективності добрив в залежності від вологості ґрунту, відн. од.

Аналогічно визначаються функції впливу забезпеченості фосфором FW_P і калієм FW_K .

Вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив розраховується за виразом:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{W^j}{W_{opt}^j} \geq 0,85, \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < \frac{W^j}{W_{opt}^j} < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } \frac{W^j}{W_{opt}^j} \leq 0,70, \end{cases} \quad (4.22)$$

Аналогічно визначається співвідношення дози органічних добрив до їх оптимальної величини і розраховується функція впливу внесення органічних добрив з врахуванням року внесення добрив

$$F_{Org} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\ opt}}, \quad (4.23)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (4.24)$$

де FW_{Org} – функція впливу внесення органічних добрив на урожай;

O_{rg} – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg\ opt}$ – оптимальна для вирощування сільськогосподарської культури доза внесення органічних добрив, т/га;

k_{Org}^g – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн. од.

Узагальнена функція впливу родючості ґрунту і внесення мінеральних та органічних добрив розраховується за принципом Лібіха

$$FWM_{ef}^j = \min \left\{ FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j \right\}, \quad (4.25)$$

де FWM_{ef} – функція впливу ефективної родючості на урожай, відн. од.

4.6 Блок агроекологічних категорій урожайності

Визначення величини різних агроекологічних категорій урожайності здійснюється з врахуванням внесених модифікацій, із залученням більш повної інформації і наповненням цих категорій новим змістом.

Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ΦAP) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi ap}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (4.26)$$

де $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

η – ККД посівів, відн. од.;

$Q_{\phi ap}$ – середньодекадна за добу сума ΦAP , кал/см² доба;

q – калорійність.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму

$$\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (4.27)$$

де $\frac{\Delta ММУ}{\Delta t}$ – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м²;

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

Формування дійсно-можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (4.28)$$

де $\frac{\Delta ДМУ}{\Delta t}$ – приріст дійсно-можливої урожайності загальної біомаси за

декаду, г/м²;

B_{nl} – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (4.29)$$

де $\frac{\Delta УВ}{\Delta t}$ – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м²;

$k_{земл}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.;

FWM_{ef} – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Різні агроекологічні категорії урожаю зерна при його стандартній 14 %-ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ^i_{зерна} = k_{дозр}^i ПУ \cdot K_{зосн}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (4.30)$$

де $ПУ^i_{зерна}$ – потенційний урожай зерна, який формується за i -ту фазу дозрівання зерна в волоті, ц/га;

$K_{зосп}^{ПУ}$ – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий $ММУ_{зерна..}$, дійсно-можливий $ДМУ_{зерна}$ і урожай у виробництві $УВ_{зерна}$ зерна.

4.7 Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різноманітних агроекологічних категорій урожайності ($ПУ$, $ММУ$, $ДМУ$, $УВ$), а також їхніх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур.

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої урожайності і потенційної урожайності

$$K_m = ММУ_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (4.31)$$

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

2. Сприятливість ґрунтових умов показує відношення-дійсно можливої урожайності до метеорологічно-можливої урожайності

$$K_z = ДМУ_{зерна} / ММУ_{зерна}, \quad (4.32)$$

де K_z – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

3. Співвідношення урожайності у виробництві і метеорологічно-можливої урожайності встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховується за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів

$$K_{акл} = UB_{зерна} / ММУ_{зерна}, \quad (4.33)$$

де $K_{акл}$ – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.

4. При реальних ґрунтових умовах співвідношення урожайності у виробництві і дійсно-можливої урожайності можна розглядати як показник досконалої агротехнології

$$K_{земл} = UB_{зерна} / ДМУ_{зерна}, \quad (4.34)$$

де $K_{земл}$ – коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов (характеризує рівень культури землеробства з погляду ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов), відн. од.

5. Величина відношення урожайності у виробництві до потенційної урожайності характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу

$$K_{аек.пот} = UB_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (4.35)$$

де $K_{аек.пот}$ – коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.

Підвищення рівня $UB_{зерна}$ і доведення його до $ДМУ_{зерна}$ вимагає ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є

першочерговою задачею програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різноманітних господарських факторів, які знаходяться у мінімумі.

Наближення $ДМУ_{зерна}$ до $ММУ_{зерна}$ вимагає виконання різноманітних заходів для підвищення родючості ґрунту. Різниця між $ММУ_{зерна}$ і $ПУ_{зерна}$ компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів і культур, що краще пристосовані до особливостей конкретного клімату. Підвищення рівня $ПУ_{зерна}$ забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

Формули (4.1)–(4.35) дозволяють визначити основні агроекологічні категорії урожайності сільськогосподарських культур для різних елементів рельєфу, що формуються під впливом ґрунтово-кліматичних умов і мікрокліматичних особливостей досліджуваних територій та виконати для цих територій оцінку агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Визначення параметрів моделі та перевірка її адекватності.

На підставі виконаних експериментальних досліджень, матеріалів масових спостережень мереж гідрометеорологічних станцій та даних сортодільниць за ростом, розвитком і формуванням урожаю проса нами виконана ідентифікація параметрів моделі стосовно до культури проса.

До їх числа входить визначення онтогенетичної кривої фотосинтезу за формулою 4.6, в якій параметр Σt_l характеризує період, коли спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу культури. Цей параметр визначено для всіх чотирьох ґрунтово-кліматичних зон.

При розрахунку функції впливу температури повітря на продукційний процес рослин (формула 4.8) використовуються два параметри, які характеризують нижню (T_{opt1}) (11,2 – 13,8 °С) та верхню межу (T_{opt2}) (22,8 – 22,7 °С) температурного оптимуму для фотосинтезу. Ці оптимальні величини мають вегетаційний хід і відмінні для різних ґрунтово-кліматичних зон.

Отримані рівняння апроксимують залежність оптимальної температури від суми температур вище 10 °С, які накопичуються від дати сходів. У загальному виді рівняння записується так

$$T_{opt_1} = a_0 + a_1 \Sigma t_{>10} + a_2 (\Sigma t_{>10})^2 + a_3 (\Sigma t_{>10})^3, \quad (4.36)$$

де a_0 , a_1 , a_2 , a_3 – емпіричні параметри, отримані для кожної ґрунтово-кліматичної зони.

Для оцінки впливу вологості ґрунту на фотосинтез застосовується формула 4.11, в якій використовуються показники нижньої (W_{opt_1}) (62 – 102 мм) та верхньої (W_{opt_2}) (111 – 126 мм) межі оптимальних значень вологості ґрунту. Відповідно біологічним особливостям культури проса, як нижня межа оптимальної вологості приймається величина, яка дорівнює 60% від НВ, а за верхню межу приймається величина НВ. Ці величини визначені за даними агрогідрологічних обстежень гідрометеорологічних станцій України.

За оптимальне значення вмісту гумусу в ґрунті було прийнято величину 5%, яка використовується у розрахунках впливу родючості ґрунту на формування урожаю за формулою 4.18.

В запропонованій нами моделі враховується внесення мінеральних та органічних добрив (за формулами 4.21 – 4.24). В цих формулах враховуються оптимальні дози внесення азотних, фосфорних та калійних добрив, а також оптимальна норма внесення органічних добрив. Як оптимальні дози мінеральних добрив прийняті рекомендовані значення, які складають: для азотних добрив – 50-70 кг/га; для фосфорних – 30-70 кг/га; для калійних – 30-70 кг/га.

При розрахунку прирости потенційної урожайності загальної біомаси за формулою 4.26 використовуються величини: $KПД$ посіву, η та калорійність. За результатами експериментальних даних вони приймалися відповідно рівними 1% та 3 кал/кг.

Для розрахунку рівня господарської урожайності за формулою 4.29 використовується величина коефіцієнту, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності. Цей коефіцієнт було знайдено як відношення рівня господарської урожайності до урожайності, отриманої в умовах високої культури землеробства науково-дослідних установ та сортовипробувальних ділянок. В середньому він приймається рівним 0,7.

Розрахунок урожайності зерна проса ведеться з врахуванням особливостей дозрівання, яке проходить у цієї культури в три етапи. У зв'язку з цим в рівнянні 4.40 введена величина коефіцієнту $k^i_{дозр}$, який характеризує долю дозрілого зерна в волоті в кожному із трьох фаз дозрівання. На підставі експериментальних даних величина цього коефіцієнту за трьома фазами оцінюється відповідно як 0,4; 0,35; 0,25.

Таким чином, визначені параметри моделі стосовно до культури проса, що дозволяють провести перевірку її адекватності та використовувати в подальшому для агрокліматичних розрахунків.

Перевірка адекватності моделі велась шляхом співставлення розрахованої величини господарської урожайності.

5 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОСА В УКРАЇНІ

Ступінь відповідності кліматичних умов біологічним особливостям сільськогосподарських культур і агротехніки їх вирощування визначає продуктивність цих культур. Найбільш висока врожайність досягається за умов максимально більш повного використання рослиною кліматичних ресурсів.

Максимум продуктивності може бути досягнуто за рахунок зміни структури посівних площ досліджуваної культури з метою отримання кращої відповідності кліматичних умов їх біологічним вимогам.

Нами ставилася задача оцінити агрокліматичні умови формування урожаю проса по агрокліматичних зонах України.

В якості ключових в кожній з чотирьох агрокліматичних зон України [67, 68, 69, 70] вибрано по одному агрокліматичному району, типовому для агрокліматичної зони.

Нами обрані наступні агрокліматичні райони:

- в I агрокліматичній зоні – центральний район Полісся,
- в II агрокліматичній зоні – центральний район Лісостепу,
- в III агрокліматичній зоні – центральний район Північного Степу,
- в IV агрокліматичній зоні – центральний район Південного Степу.

Нами виконана адаптація базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур стосовно культури проса. На цій основі виконані оцінки агроекологічних рівнів урожайності в умовах Полісся, Лісостепу, Північного Степу та Південного Степу. В якості вхідної інформації використовувалися середньообласні дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Української Гідрометслужби.

5.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Полісся

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

Розглянемо динаміку приростів потенційної урожайності ($ПУ$) проса та хід декадних інтенсивностей ΦAP за вегетаційний період в районі Полісся.

На початку вегетації рівень інтенсивності ΦAP складає 0,274 кал/см²хвилину (рис. 5.1). У наступній декаді вегетації ця інтенсивність збільшується до 0,258 кал/см²хвилину. Далі інтенсивність ΦAP поступово зростає і в сьомій декаді вегетації досягає максимуму та складає 0,281 кал/см²хвилину. Далі йде поступове зниження і в кінці вегетації інтенсивність ΦAP складає 0,242 кал/см²хвилину.

Приріст $ПУ$, як видно з табл. 5.1 і рис. 5.1, в першій декаді вегетації складає 24,9 г/м²дек. У наступній декаді вегетації приріст $ПУ$ різко зростає і досягає позначки 65,1 г/м²дек. Далі приріст $ПУ$ поступово збільшується і досягає максимуму у п'ятій декаді вегетації та складає 80,8 г/м²дек. У шостій декаді вегетації він незначно знизився до 76,5 г/м²дек, в сьомій декаді вегетації підвищився до позначки 77,3 г/м²дек. в кінці вегетації $ПУ$ різко знизився і склав 12,3 г/м²дек.

Рівень $ПУ$ лімітується фактором тепла та вологи. Ці два фактори визначають рівень наступної агроекологічної категорії урожайності – метеорологічно-можливий урожай ($ММУ$).

Розглянемо динаміку показників волого-температурного режиму протягом вегетації проса в районі Полісся.

Як видно з табл. 5.1, нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу цієї культури починається з температури 12,2 °С, піднімається до максимуму у п'ятій декаді вегетації – 19,6 °С, далі поступово знижується і в кінці періоду складає 17,6 °С.

Таблиця 5.1 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності проса в Поліссі

Декади вегетації	Інтенсивність ΦAP за декаду, кал/см ² хвилину	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °С		Середня температура повітря за декаду, °С	Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Відносне вологозабезпечення, відн. од.	Запаси вологи в шарі 0-100 см, мм	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа	верхня межа						<i>ПУ</i>	<i>ММУ</i>	<i>ДМУ</i>	<i>УВ</i>
1	0,274	12,2	15,5	15,6	10,3	13,6	0,76	157	24,9	23,0	13,8	8,3
2	0,258	15,4	18,1	17,1	29,0	39,0	0,74	151	65,1	62,0	37,2	22,4
3	0,258	17,6	20,1	17,2	27,0	39,0	0,69	144	72,7	68,5	41,1	24,8
4	0,259	19,1	21,7	18,3	25,1	39,0	0,64	135	78,3	72,5	43,5	26,2
5	0,265	19,6	22,6	18,2	24,4	39,0	0,63	126	80,8	72,2	43,3	26,1
6	0,266	19,5	22,7	18,9	24,3	39,0	0,62	117	76,5	69,2	41,5	25,0
7	0,281	18,7	22,1	18,8	22,9	37,5	0,61	107	77,3	70,3	42,2	25,4
8	0,246	17,8	20,7	19,1	19,3	34,1	0,57	95	49,4	40,9	24,5	14,8
9	0,242	17,6	20,2	17,9	6,5	10,2	0,63	83	12,3	9,2	5,5	3,3

ПУ, г/м² дек

Інтенсивність ФАР,
кал/см²хвилину

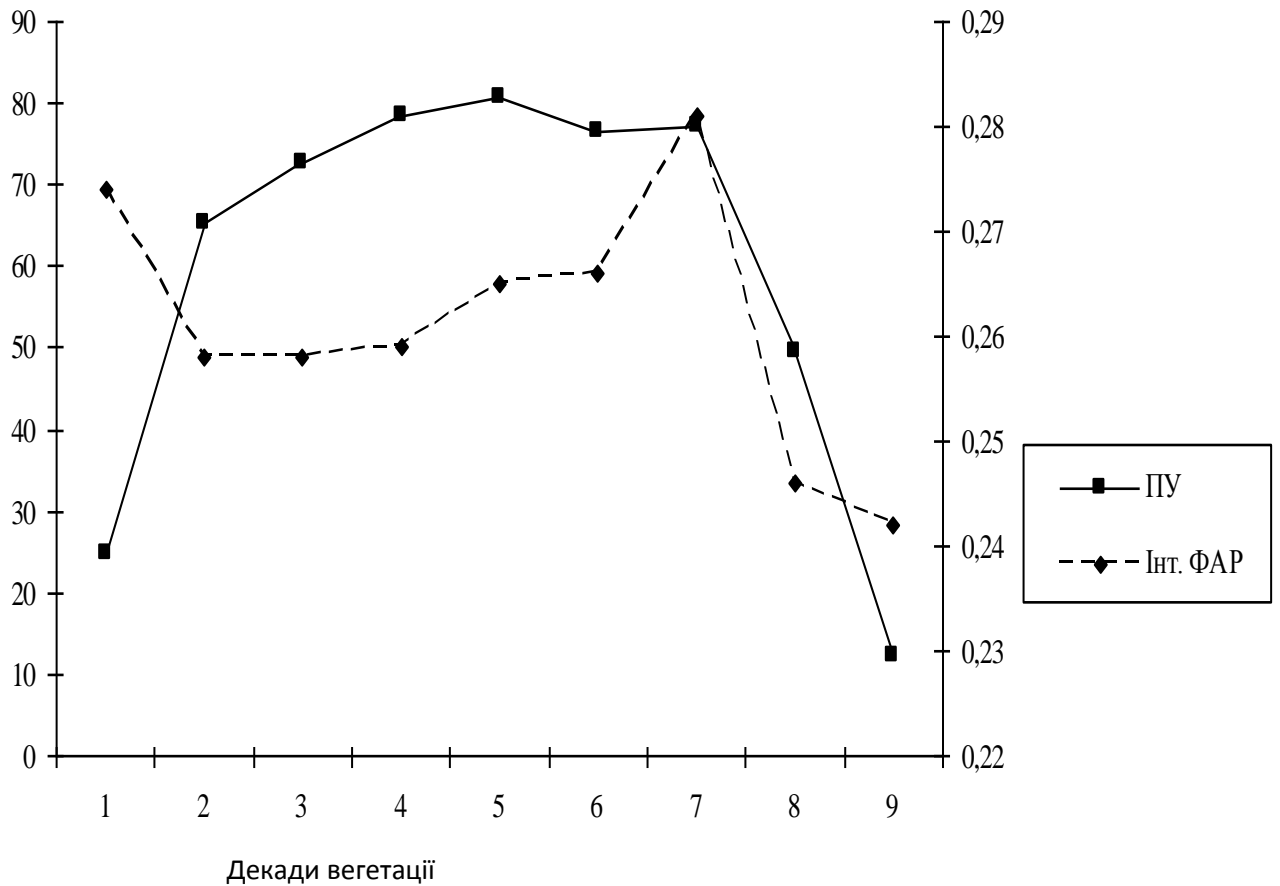


Рисунок 5.1 - Динаміка та інтенсивності ФАР декадних приростів ПУ
проса в Поліссі.

Верхня межа температурного оптимуму починається з температури 15,5 °С, досягає максимуму в шостій декаді вегетації – 22,7 °С і знижується до 20,2 °С в дев'ятій декаді вегетації.

Крива ходу середньодекадної температури повітря (t) (рис. 5.2) починається з позначки 15,6 °С, далі плавно піднімається, досягає максимуму в шостій декаді вегетації і складає 18,9 °С. В кінці вегетації середньодекадна температура повітря досягла позначки 17,9 °С.

У початковий період вегетації (рис. 5.2) приріст ММУ складає 22,9 г/м²дек. Далі крива різко піднімається в наступній декаді вегетації до 62,0 г/м²дек. У наступні періоди спостерігається її плавний ріст. Максимальне значення спостерігається в четвертій декаді вегетації і складає

72,5 г/м²дек. Потім прирости ММУ поступово знижуються і в кінці вегетації відбувається різке зниження приростів ММУ до 9,2 г/м² дек.

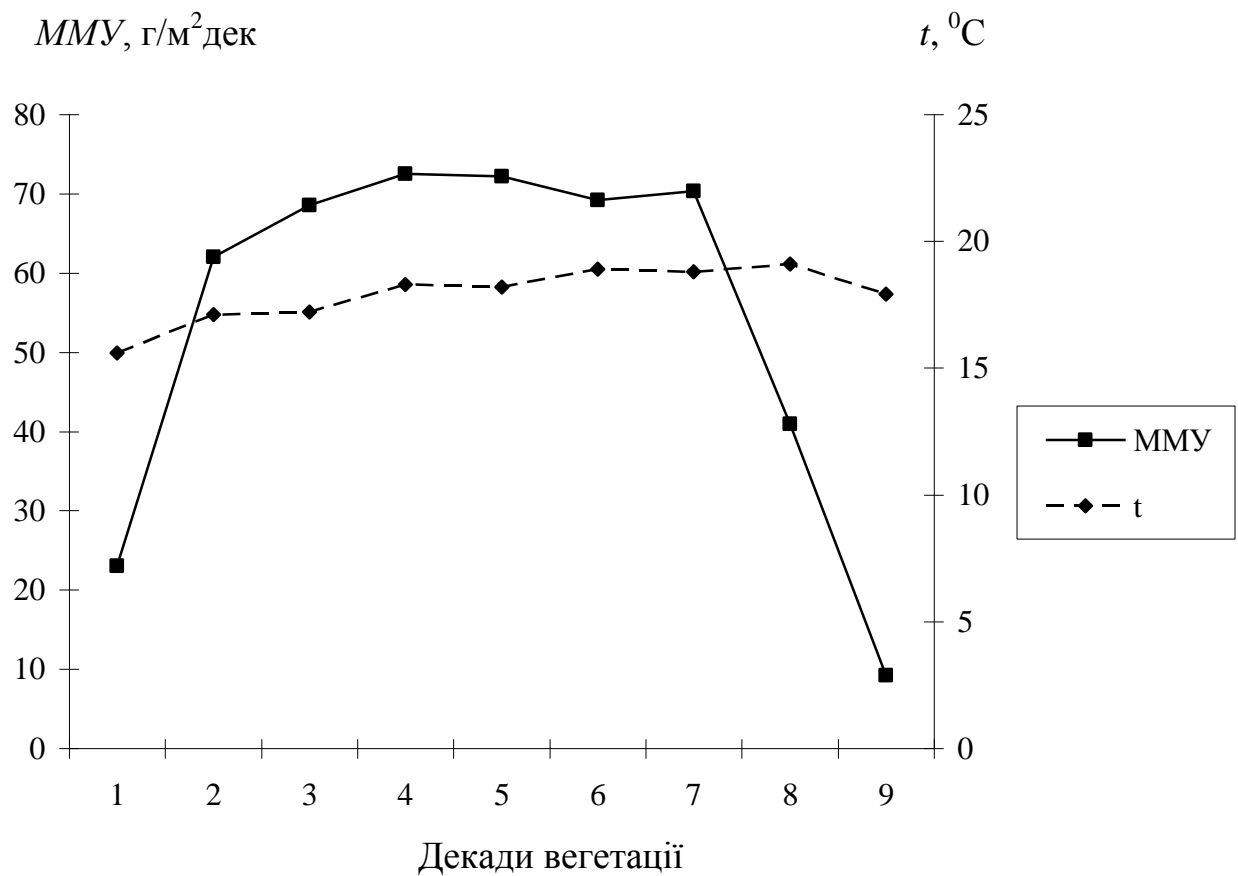


Рисунок 5.2 - Декадний хід температури повітря (t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) проса в Поліссі.

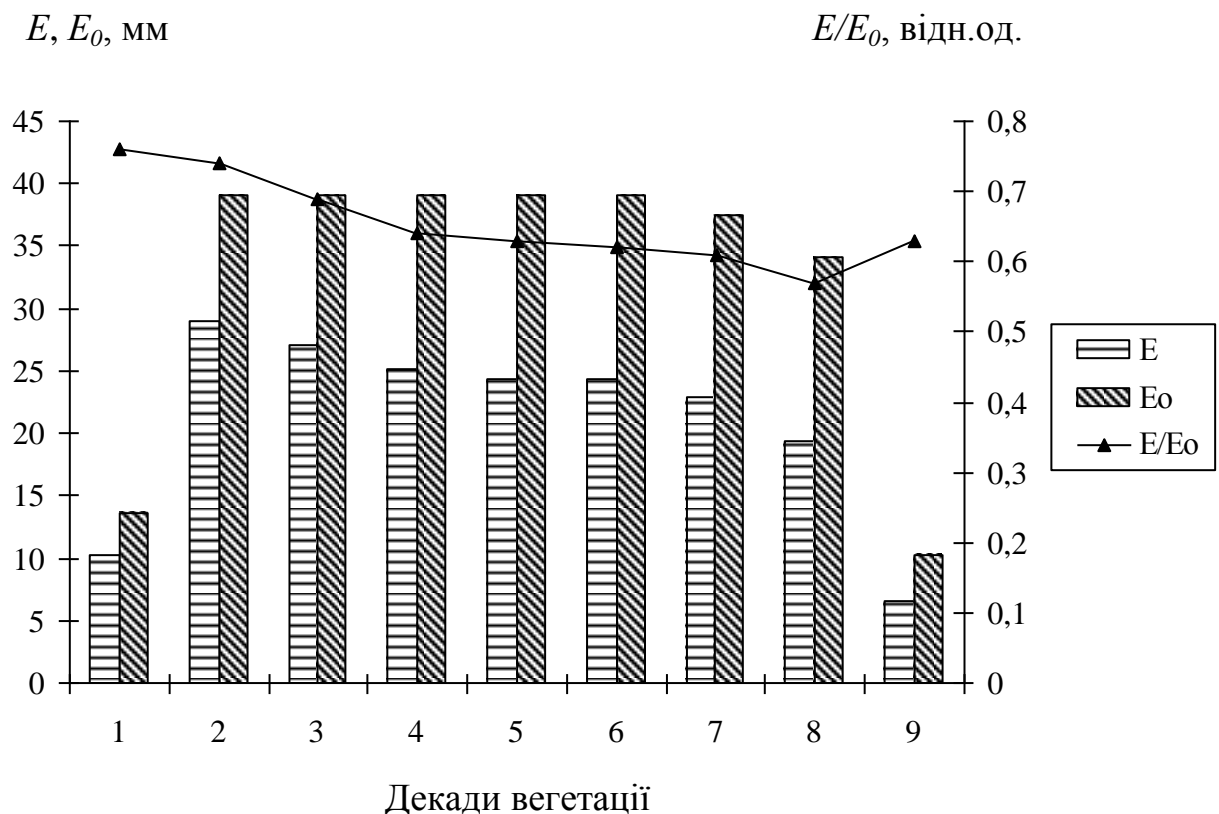
Сумарне випаровування (E) в першій декаді вегетації від сходів складає 10,3 мм (рис. 5.3), потім у міру росту температури повітря сумарне випаровування зростає до 29,0 мм у другій декаді вегетації. Потім повільно знижується і в кінці вегетації відбувається різке зниження до позначки 6,5 мм.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетації проса складає 13,6 мм. Далі в наступних п'яти декадах вегетації випаровуваність складає 39,0 мм. В кінці вегетації випаровуваність різко знизилася до 10,2 м.

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Розгляд динаміки відношення E/E_0 (рис. 5.3) показує, що на початку вегетації проса вона знаходиться на позначці 0,76 відн. од., поступово знижуючись, досягає найнижчих значень у восьмій декаді вегетації – 0,57 відн. од. В кінці вегетації підвищується і складає 0,63 відн. од.

Як видно з табл. 5.1, максимальне значення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту спостерігалось в першій декаді і склало 157 мм.



E – випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Рисунок 5.3 - Декадний хід характеристик водного режиму посівів проса в Поліссі.

Далі запаси вологи поступово знижуються і в дев'ятій декаді вегетації досягли мінімального значення 83 мм.

Хід динаміки приростів дійсно-можливої урожайності (ДМУ) представлений на рис. 5.4. Величини приростів починаються з позначки 13,8 г/м²дек, далі різко зростають і в четвертій декаді вегетації досягають

максимуму 43,5 г/м²дек. У наступні декади прирости ДМУ знижуються і в кінці вегетаційного періоду відбувається різке зниження до 5,5 г/м²дек.

Прирости урожайності на рівні УВ (рис. 5.4) починаються з позначки 8,3г/м²дек, після чого різко зростають у другій декаді вегетації та складають 22,4 г/м²дек. Потім поступово піднімаються і досягають максимуму в четвертій декаді вегетації 26,2 г/м²дек. В кінці вегетаційного періоду УВ різко знижується до позначки 3,3 г/м²дек.

ДМУ, УВ, г/м²дек

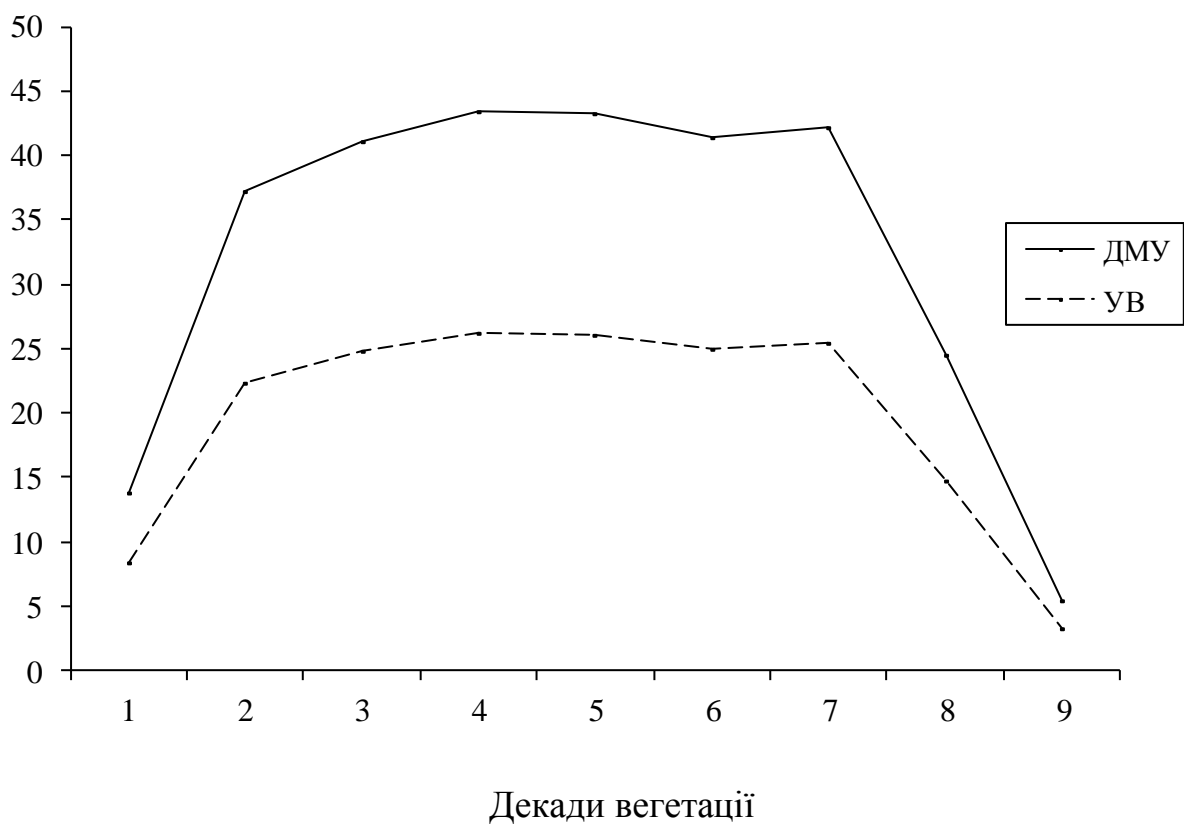


Рисунок 5.4 - Динаміка приростів ДМУ і УВ проса в центральному районі Полісся.

5.2 Агрокліматичні умови та динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Лісостепу

У центральному районі Лісостепу складається дещо інша картина агроекологічних рівнів урожаїв проса (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності проса в Лісостепу

Декади вегетації	Інтенсивність ΦAP за декаду, кал/см ² хвилину	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °C		Середня температура повітря за декаду, °C	Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Відносне вологозабезпечення, відн. од.	Запаси вологи в шарі 0-100 см, мм	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа	верхня межа						<i>ПУ</i>	<i>ММУ</i>	<i>ДМУ</i>	<i>УВ</i>
1	0,243	11,8	15,2	16,1	7,6	10,2	0,74	140	16,4	14,8	11,9	8,8
2	0,259	14,7	17,6	17,7	29,5	39,0	0,76	137	65,4	61,0	48,8	36,1
3	0,254	16,9	19,5	17,8	28,1	39,0	0,72	134	73,2	70,5	56,4	41,7
4	0,254	18,6	21,1	19,1	25,7	39,0	0,66	132	77,4	74,5	59,6	44,0
5	0,254	19,4	22,2	19,0	26,7	43,9	0,61	123	75,7	70,2	56,1	41,5
6	0,258	19,6	22,7	19,9	25,8	43,9	0,59	114	67,8	62,3	49,9	36,9
7	0,259	19,3	22,6	19,6	27,0	48,3	0,56	106	58,4	52,9	42,3	31,3
8	0,279	18,7	22,0	20,0	21,0	39,5	0,53	98	36,4	32,6	26,1	19,3

На початку вегетації рівень інтенсивності ΦAP (рис. 5.5) складає 0,243 кал/см²хвилину. У другій декаді вегетації інтенсивність ΦAP підвищується до позначки 0,259 кал/см²хвилину. З третьої декади вегетації по п'яту інтенсивність ΦAP знижується і складає 0,254 кал/см²хвилину, далі спостерігається поступовий ріст і в кінці вегетації досягає максимальних значень – 0,279 кал/см²хвилину.

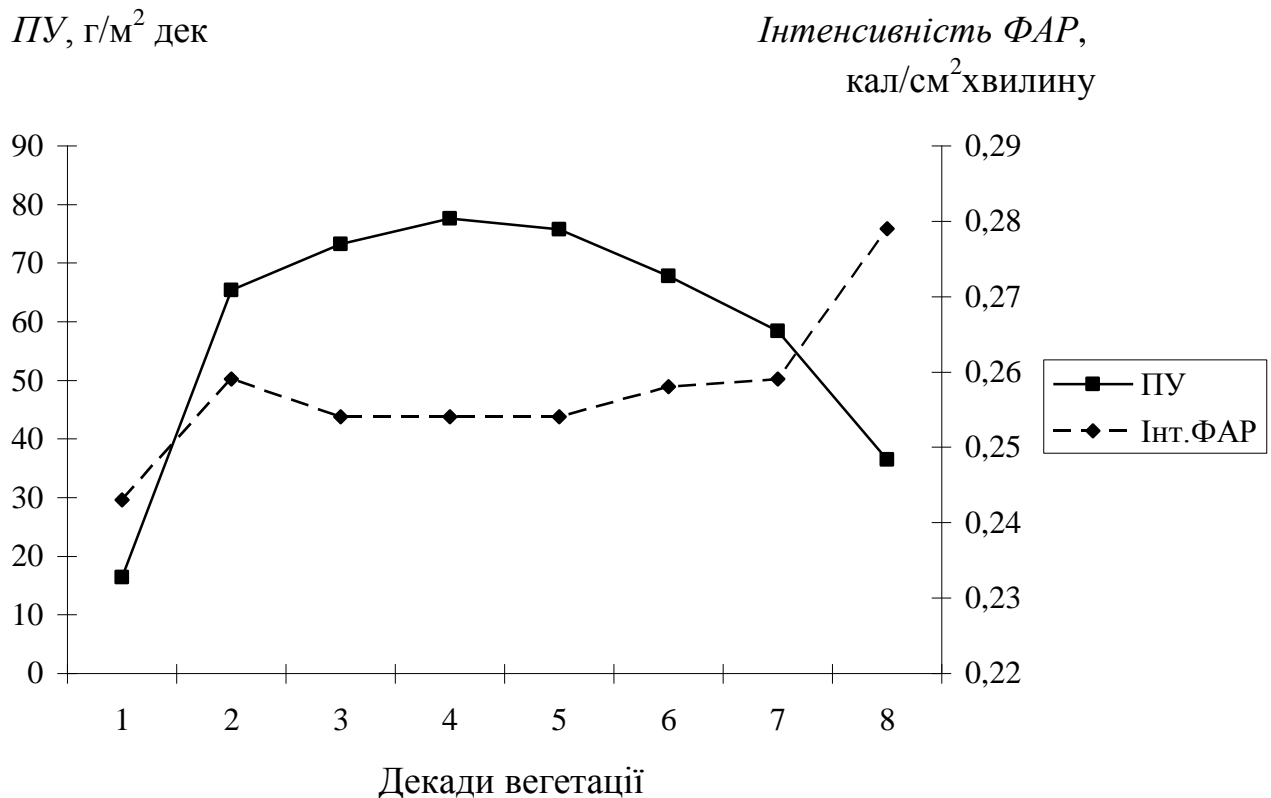


Рисунок 5.5 - Динаміка інтенсивності ΦAP і декадних приростів $ПУ$ проса в Лісостепу.

Для динаміки приростів $ПУ$ (табл. 5.2, рис. 5.5) характерно, що в першій декаді вегетації прирости починаються з позначки 16,4 г/м²дек. У наступній декаді приріст $ПУ$ різко зростає і досягає позначки 65,4 г/м²дек. Далі приріст $ПУ$ поступово збільшується і досягає максимуму в четвертій декаді вегетації та складає 77,6 г/м²дек. З цього моменту спостерігається повільне зниження приростів і в кінці вегетації приріст $ПУ$ складає 36,4 г/м²дек.

Нижня межа оптимальної температури повітря починається з температури $11,8^{\circ}\text{C}$, піднімається до максимуму в третій декаді вегетації – $19,9^{\circ}\text{C}$ і в кінці періоду складає $18,7^{\circ}\text{C}$.

Верхня межа температурного оптимуму починається з температури $15,2^{\circ}\text{C}$, далі йде поступовий ріст і досягає максимуму в шостій декаді вегетації – $22,7^{\circ}\text{C}$ і в кінці вегетації складає $22,0^{\circ}\text{C}$.

У першу декаду вегетації середньодекадна температура повітря (t) (рис. 5.6) починається з позначки $16,1^{\circ}\text{C}$, далі поступово піднімається і в четвертій декаді вегетації складає $19,1^{\circ}\text{C}$. У наступних декадах спостерігається поступове падіння та зростання середньодекадної температури повітря і в кінці вегетації досягає максимальних значень $20,0^{\circ}\text{C}$.

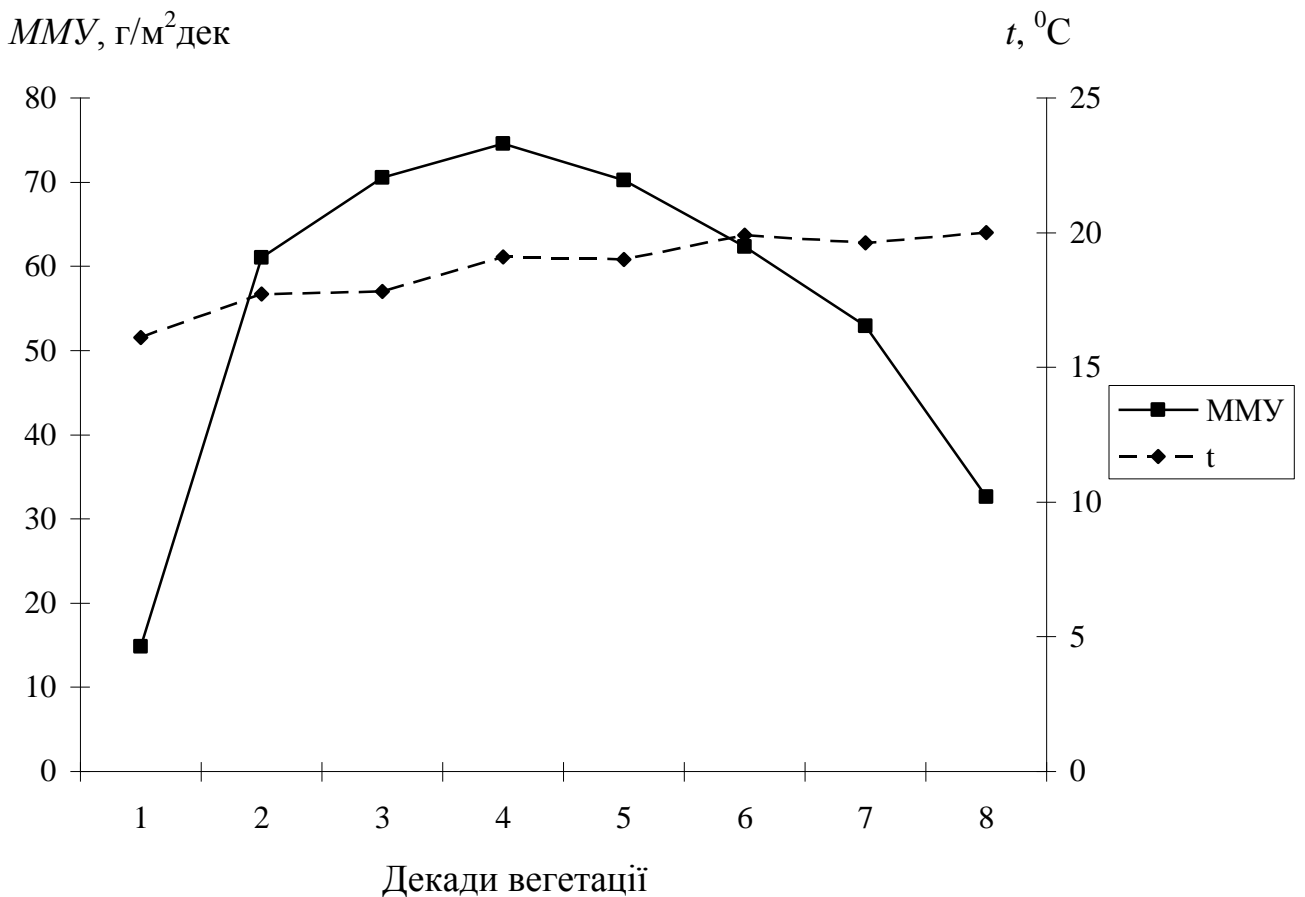
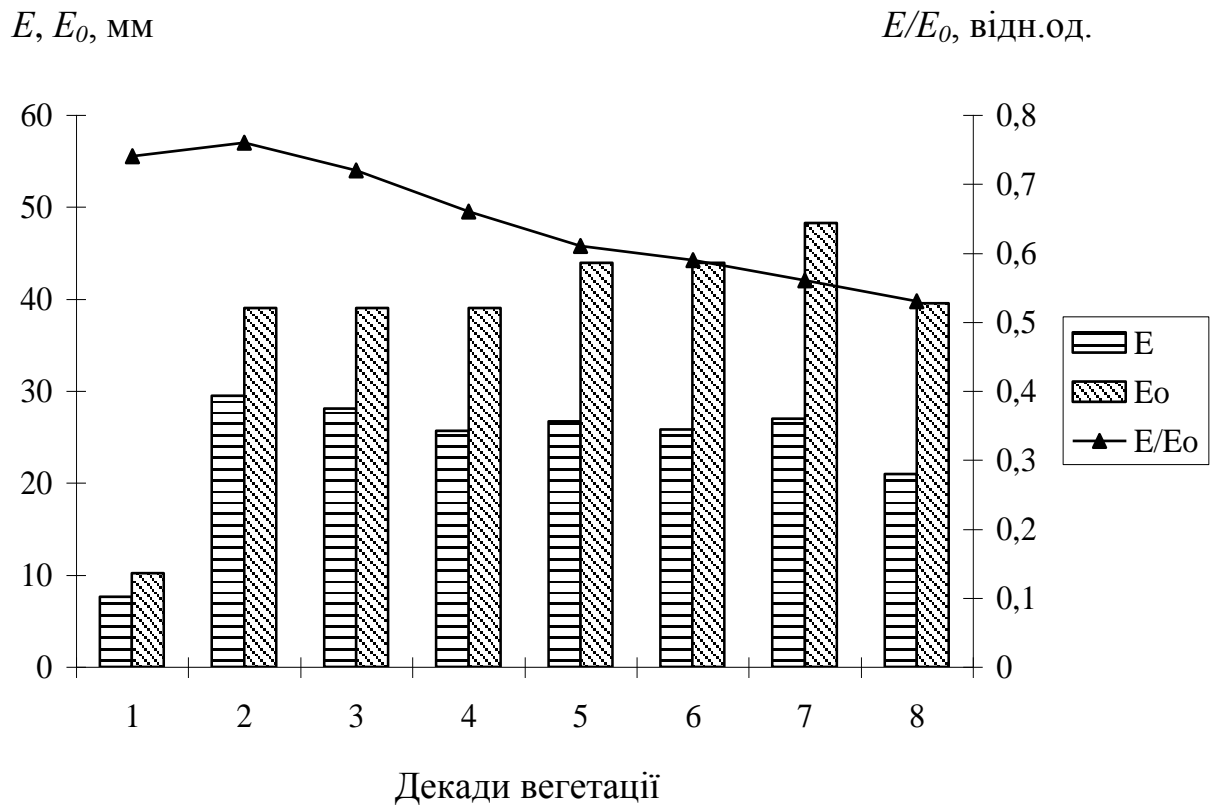


Рисунок 5.6 - Декадний хід температури повітря (t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (ММУ) проса в Лісостепу.

На початку вегетації (рис. 5.6) приріст $ММУ$ складає $14,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Далі крива різко зростає у другій декаді вегетації до $61,0 \text{ г/м}^2\text{дек}$. У наступні періоди спостерігається її повільний ріст. Максимальне значення спостерігається у четвертій декаді вегетації та складає $74,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Потім прирости $ММУ$ поступово знижуються і в кінці вегетації приріст $ММУ$ складає $32,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$.

Величина сумарного випаровування (E) в першій декаді вегетації складає $7,6 \text{ мм}$ (рис. 5.7). Різко підвищуючись, вона досягає максимальних значень у другій декаді вегетації і складає $29,5 \text{ мм}$. Потім спостерігається повільне зниження і в кінці вегетації сумарне випаровування складає $21,0 \text{ мм}$.



E – випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Рисунок 5.7 - Декадний хід характеристик водного режиму посівів проса у Лісостепу.

Величина випаровуваності (E_0) (рис. 5.7) на початку вегетації проса складає $10,2 \text{ мм}$. Далі у другій, третій і четвертій декадах вегетації

відбувається різке підвищення випаровуваності до 39,0 мм. Потім у наступні декади вегетації йде повільне підвищення випаровуваності і в сьомій декаді вегетації випаровуваність досягає максимального значення і складає 48,3 мм. В кінці вегетації випаровуваність знизилася до 39,5 мм.

Розгляд динаміки відношення E/E_0 (рис. 5.7) показує, що на початку вегетації проса вона знаходиться на позначці 0,74 відн.од., поступово знижуючись, досягає найнижчих значень в кінці вегетації і складає 0,53 відн.од.

Максимальне значення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (табл. 5.1) спостерігалось в першій декаді вегетації і склало 140 мм. Далі запаси вологи поступово знижуються і в восьмій декаді вегетації досягли мінімального значення 98 мм.

Прирости дійсно-можливої уврожайності (ДМУ) представлені на рис. 5.8.

ДМУ, УВ, г/м²дек

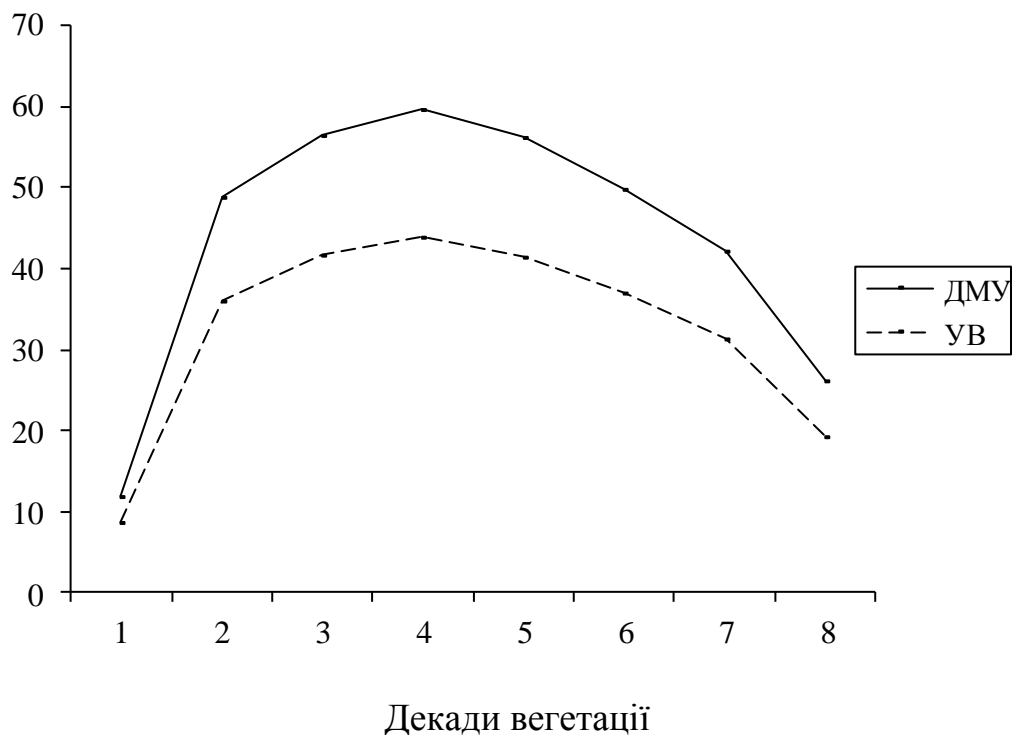


Рисунок 5.8 - Динаміка приростів ДМУ і УВ проса в центральному районі Лісостепу.

Величини приростів починаються з позначки 11,9 г/м²дек, після чого в наступні декади вегетації *ДМУ* починає рости, досягає максимуму в четвертій декаді вегетації і складає 59,6 г/м²дек. В кінці вегетаційного періоду прирости *ДМУ* знижуються до 26,1 г/м²дек.

Прирости урожайності на рівні *УВ* (рис. 5.8) починаються з позначки 8,8 г/м²дек, після чого різко зростають у другій декаді вегетації і складають 36,1 г/м² дек. Максимальних значень прирости *УВ* досягають у четвертій декаді вегетації і складають 44,0 г/м² дек. В кінці вегетаційного періоду йде зниження *УВ* до позначки 19,3 г/м² дек.

5.3 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Північного Степу

У табл. 5.3 представлені агрокліматичні умови формування агроекологічних категорій урожайності проса в Північному Степу.

На початку вегетації рівень інтенсивності *ФАР* складає 0,235 кал/см²хвилину (рис. 5.9). У наступній декаді вегетації ця інтенсивність збільшуються до 0,259 кал/см²хвилину. Далі інтенсивність *ФАР* поступово зростає і у восьмій декаді вегетації досягає максимуму та складає 0,294 кал/см²хвилину. Далі йде поступове зниження і в кінці вегетації інтенсивність *ФАР* складає 0,270 кал/см²хвилину.

Приріст *ПУ*, як видно з табл. 5.3 і рис. 5.9, в першій декаді вегетації складає 10,3 г/м²дек. У наступній декаді вегетації приріст *ПУ* різко зростає і досягає позначки 67,6 г/м²дек. Далі приріст *ПУ* поступово збільшується і досягає максимуму в шостій декаді вегетації та складає 82,8 г/м²дек. Після цього він починає поступово знижуватися і наприкінці вегетації складає 29,6 г/м²дек.

Розглянемо динаміку показників волого-температурного режиму протягом вегетації проса в районі Північного Степу.

Таблиця 5.3 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності проса в Північному Степу

Декади вегетації	Інтенсивність ΦAP за декаду, кал/см ² хвилину	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °С		Середня температура повітря за декаду, °С	Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Відносне вологозабезпечення, відн. од.	Запаси вологи в шарі 0-100 см, мм	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа	верхня межа						<i>ПУ</i>	<i>ММУ</i>	<i>ДМУ</i>	<i>УВ</i>
1	0,235	11,5	15,0	16,4	6,1	7,8	0,78	126	10,3	9,3	5,6	4,3
2	0,259	14,2	17,1	16,8	36,0	48,3	0,75	123	67,6	63,7	38,2	29,8
3	0,260	16,5	19,1	18,9	37,1	48,8	0,65	123	69,4	65,6	39,4	30,7
4	0,261	18,1	20,7	19,0	28,1	48,8	0,58	117	75,9	71,3	42,8	33,4
5	0,265	19,2	21,9	20,4	27,3	53,6	0,51	108	80,6	73,6	44,2	34,4
6	0,272	19,6	22,6	20,7	26,4	58,5	0,45	101	82,8	72,8	43,7	30,3
7	0,277	19,5	22,7	21,5	24,5	58,5	0,42	90	79,4	67,8	40,7	28,2
8	0,294	18,8	22,1	21,2	24,9	64,3	0,39	78	81,5	67,9	40,7	28,2
9	0,270	18,4	21,6	21,4	10,8	29,3	0,37	67	29,6	24,0	14,4	10,0

Як видно з табл. 5.3, нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу цієї культури починається з температури $11,5^{\circ}\text{C}$, піднімається до максимуму в шостій декаді вегетації – $19,6^{\circ}\text{C}$ і в кінці вегетації складає $18,4^{\circ}\text{C}$.

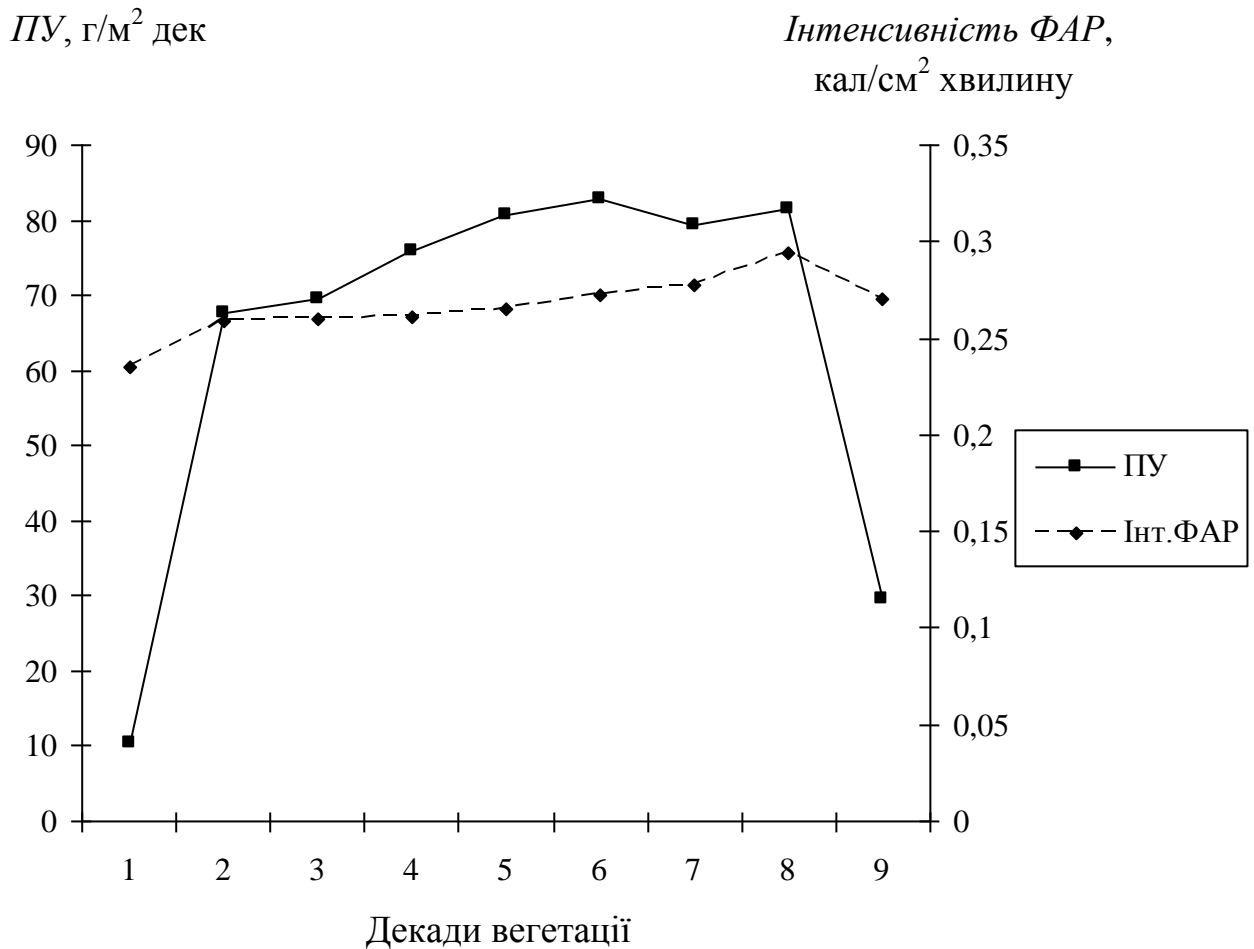


Рисунок 5.9 - Динаміка інтенсивності ФАР і декадних приростів ПУ проса в Північному Степу.

Верхня межа температурного оптимуму починається з температури $15,0^{\circ}\text{C}$, досягає максимуму в сьомій декаді вегетації – $22,7^{\circ}\text{C}$ і знижується до $21,6^{\circ}\text{C}$ в кінці вегетації.

Крива ходу середньодекадної температури повітря (t) (рис. 5.10) починається з позначки $16,4^{\circ}\text{C}$, далі поступово піднімається, досягає

максимуму в сьомій декаді вегетації і складає $21,5^{\circ}\text{C}$, далі незначно знижується в кінці вегетації до позначки $21,4^{\circ}\text{C}$.

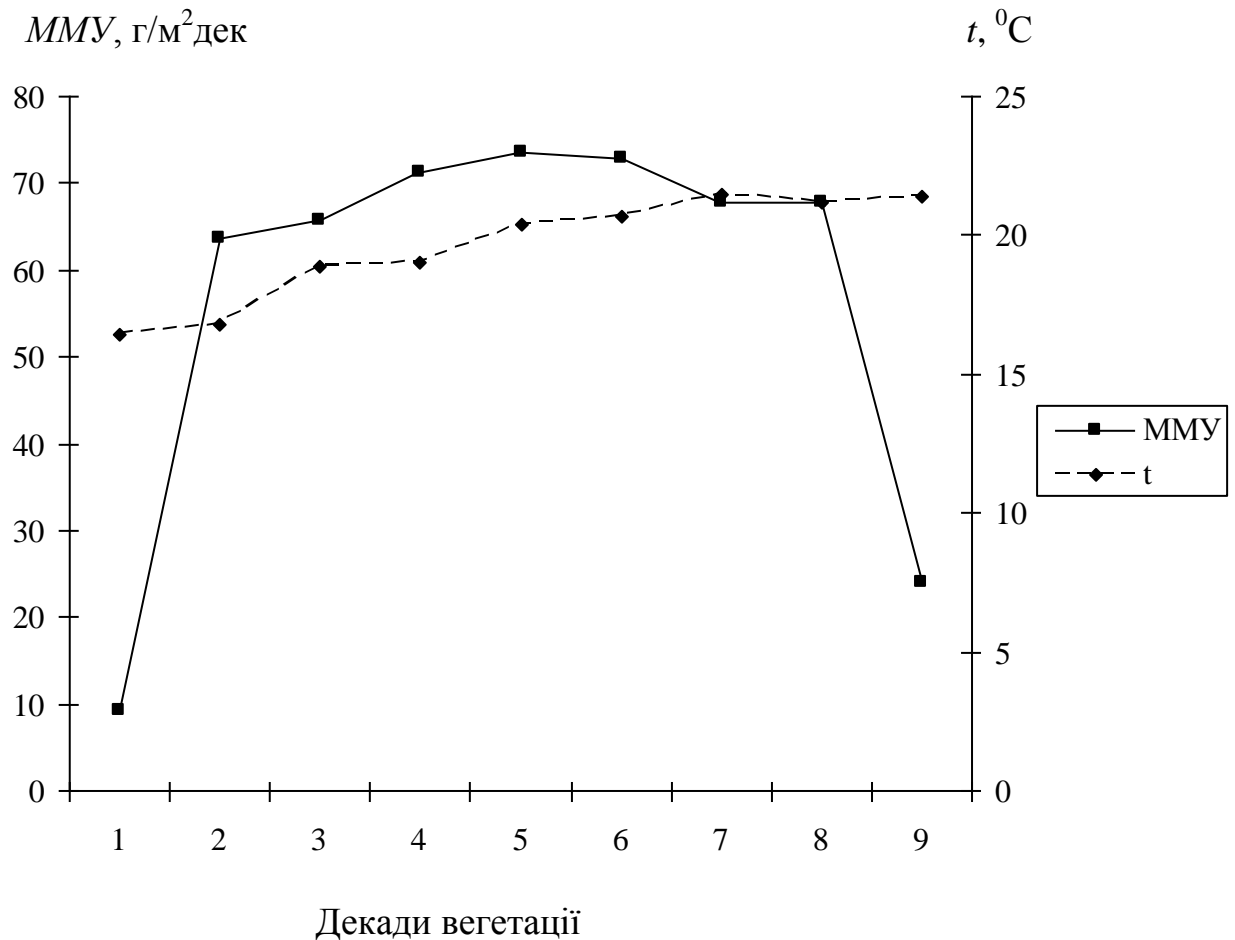
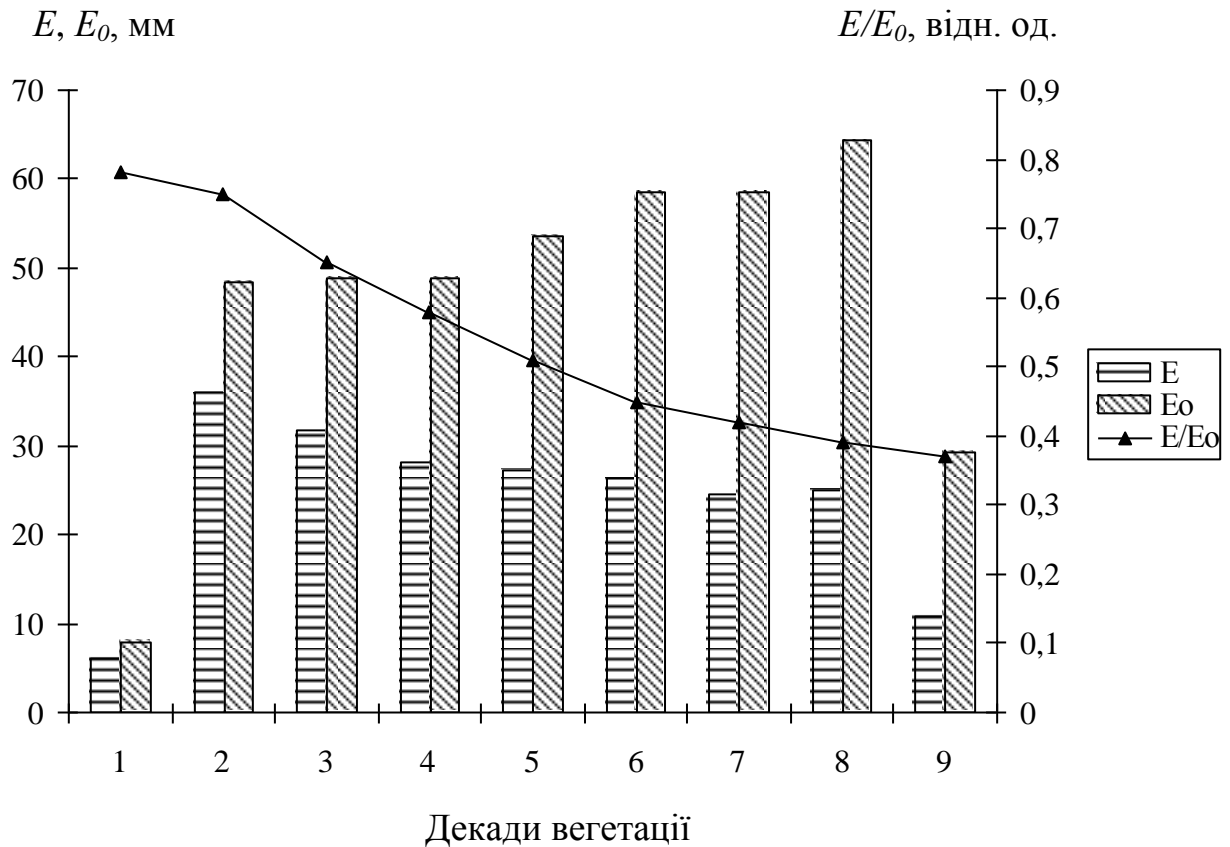


Рисунок 5.10 - Декадний хід температури повітря (t) і приростів метеорологічно-можливого урожаю (MMU) проса в Північному Степу.

На початку вегетації (рис. 5.10) приріст MMU складає $9,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Далі крива різко піднімається в наступній декаді вегетації до $63,7 \text{ г/м}^2\text{дек}$. У наступні періоди спостерігається її повільний ріст. Максимальне значення спостерігається у п'ятій декаді вегетації і складає $73,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Потім прирости MMU повільно знижуються і в кінці вегетації відбувається різке зниження приростів MMU до $24,0 \text{ г/м}^2\text{дек}$.

Сумарне випаровування (E) в першій декаді вегетації від сходів складає $6,1 \text{ мм}$ (рис. 5.11), потім у міру росту температури повітря сумарне

випаровування зростає до 36 мм у другій декаді вегетації. Потім повільно знижується і в кінці вегетації складає 10,8 мм.



E – випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Рисунок 5.11 - Декадний хід характеристик водного режиму посівів проса в Північному Степу.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетації проса складає 7,8 мм (рис. 5.11). Далі у другій декаді вегетації відбувається різке підвищення випаровуваності до 48,3 мм. Потім у наступні декади вегетації спостерігається поступове підвищення випаровуваності і в восьмій декаді вегетації випаровуваність досягає максимального значення та складає 64,3 мм. В кінці вегетації випаровуваність різко знизилася до 29,3 мм.

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Розгляд динаміки відношення E/E_0 (рис. 5.11) показує, що на початку вегетації проса вона знаходиться на позначці 0,78 відн.од., поступово знижуючись, досягає найнижчих значень в кінці вегетації і складає 0,37 відн.од.

Як видно з табл. 5.3, максимальне значення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту спостерігалось в першій декаді вегетації і склало 126 мм. У другій та третій декадах вегетації запаси вологи незначно знизилися до позначки 123 мм. Далі запаси вологи поступово знижуються і в дев'ятій декаді вегетації досягли мінімального значення 67 мм.

Хід динаміки приростів дійсно-можливої урожайності (ДМУ) представлений на рис. 5.12.

ДМУ, УВ, г/м²дек

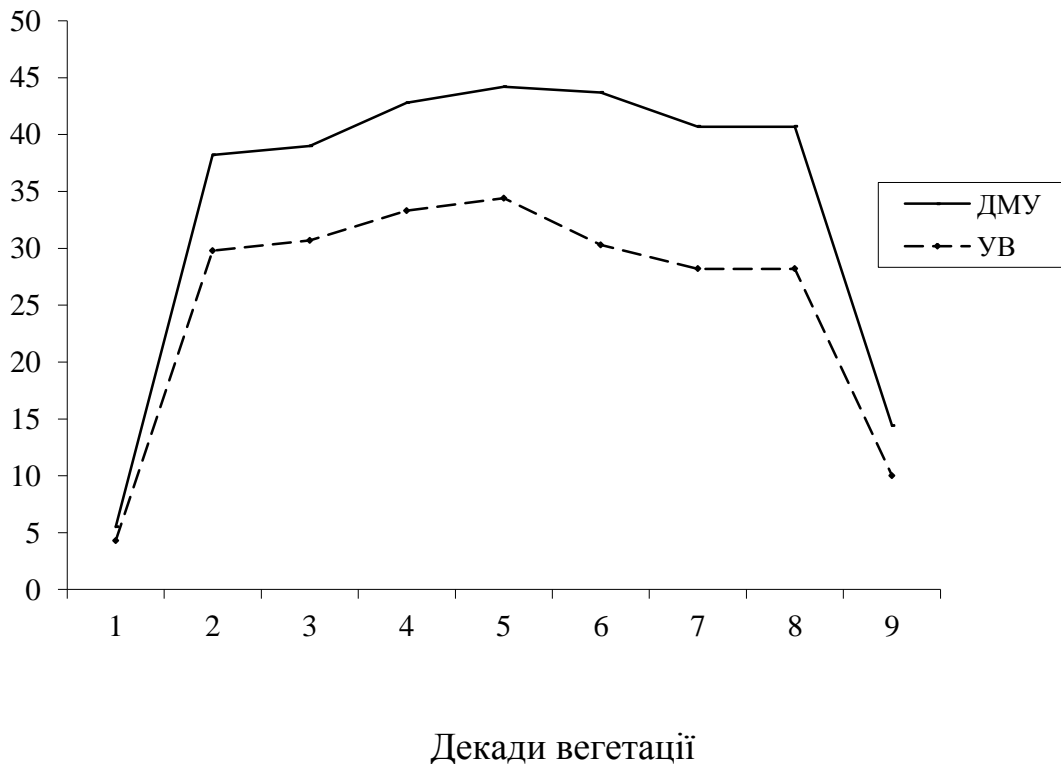


Рисунок 5.12 - Динаміка приростів ДМУ і УВ проса в центральному районі Північного Степу.

Величини приростів починаються з позначки $5,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$, далі різко зростають в наступній декаді вегетації до $38,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$, після чого *ДМУ* починає рости, досягаючи максимуму в п'ятій декаді вегетації і складає $44,1 \text{ г/м}^2\text{дек}$. в кінці вегетаційного періоду прирости *ДМУ* знижуються до $14,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$.

Прирости урожайності на рівні *УВ* (рис. 5.12) починаються з позначки $4,3 \text{ г/м}^2\text{дек}$, після чого різко зростають у другій декаді вегетації і складають $29,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Потім поступово піднімаються і досягають максимуму у п'ятій декаді вегетації та складають $4,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$. В кінці вегетаційного періоду *УВ* різко знижується до позначки $10,0 \text{ г/м}^2\text{дек}$.

5.4. Вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів агроекологічних категорій урожайності в центральному районі Південного Степу

Розглянемо динаміку приростів потенційної урожайності та хід декадних сум *ФАР* за період сходи – повна стиглість в центральному районі Південного Степу.

На початку вегетації рівень інтенсивності *ФАР* (рис. 5.13) складає $0,272 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$. Далі спостерігається поступове підвищення та зниження цих значень. Максимальне значення інтенсивності *ФАР* спостерігається у восьмій декаді вегетації та складає $0,340 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$. У дев'ятій декаді вегетації ця інтенсивність зменшується до $0,306 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$.

Приріст *ПУ* (рис. 5.13) в першій декаді вегетації складає $29,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$. У наступній декаді приріст *ПУ* різко зростає і досягає позначки $76,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$. Далі приріст *ПУ* поступово збільшується та досягає максимуму в шостій декаді вегетації і складає $92,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$. У наступні декади вегетації приріст *ПУ* починає поступово знижуватися і наприкінці вегетації спостерігається різке падіння до позначки $19,4 \text{ г/м}^2 \text{ дек}$.

Нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу цієї культури починається з температури $12,2^{\circ}\text{C}$, піднімається до максимуму в шостій декаді вегетації – $19,6^{\circ}\text{C}$ і в кінці вегетації складає $18,4^{\circ}\text{C}$ (табл. 5.4).

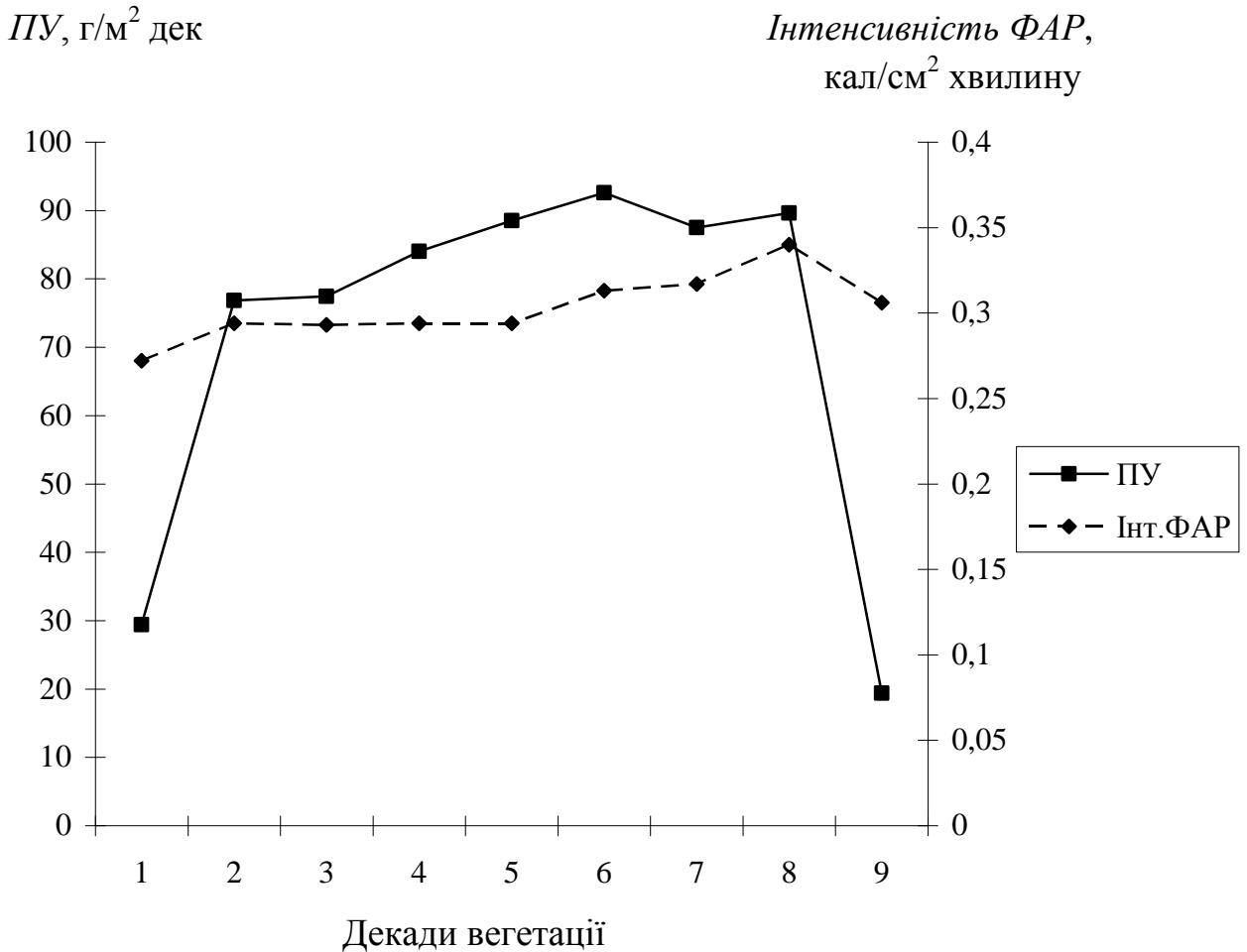


Рисунок 5.13 - Динаміка інтенсивності ФАР і декадних приростів ПУ проса в Південному Степу.

Верхня межа температурного оптимуму починається з температури $15,5^{\circ}\text{C}$, далі спостерігається поступовий ріст цих значень. У шостій та сьомій декадах вегетації температура досягає максимуму – $22,7^{\circ}\text{C}$, і в кінці вегетації знижується до позначки $21,6^{\circ}\text{C}$.

Середньодекадна температура повітря (t) (рис. 5.14) починається з позначки $16,6^{\circ}\text{C}$. Далі поступово піднімається, досягаючи максимуму в кінці вегетації – $22,7^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 5.4 - Агрокліматичні умови формування агроєкологічних категорій урожайності проса в Південному Степу

Декади вегетації	Інтенсивність <i>ФАР</i> за декаду, кал/см ² хвилину	Оптимальні температури повітря для фотосинтезу, °С		Середня темпера- тура повітря за декаду, °С	Сумарне випаро- вування, мм	Випаро- вува- ність, мм	Відносне волого- забезпе- чення, відн. од.	Запаси вологи в шарі 0-100 см, мм	Прирости агроєкологічних категорій урожайності, г/м ² дек			
		нижня межа	верхня межа						<i>ПУ</i>	<i>ММУ</i>	<i>ДМУ</i>	<i>УВ</i>
1	0,272	12,2	15,5	16,6	10,8	17,1	0,63	111	29,4	25,6	18,9	10,9
2	0,294	14,7	17,5	17,4	24,8	42,9	0,58	108	76,8	69,3	51,3	29,7
3	0,293	16,8	19,4	19,3	21,5	43,9	0,49	106	77,4	68,9	51,0	26,2
4	0,294	18,3	20,9	19,7	20,2	48,8	0,41	104	84,0	72,7	53,8	27,6
5	0,297	19,3	22,1	21,4	17,6	48,8	0,36	92	88,5	73,5	54,4	28,0
6	0,313	19,7	22,7	21,7	18,8	58,5	0,32	78	92,6	73,8	54,6	28,1
7	0,317	19,4	22,7	22,6	18,7	63,4	0,30	62	87,5	66,5	49,2	25,3
8	0,340	18,7	22,0	22,5	18,5	69,7	0,27	52	89,9	52,5	38,9	20,0
9	0,306	18,4	21,6	22,7	5,0	19,0	0,26	43	19,4	9,8	7,2	3,7

У першій декаді вегетації (рис. 5.14) приріст *ММУ* складає 25,6 г/м²дек. Далі крива різко піднімається у другій декаді вегетації до 69,3 г/м²дек. У наступні періоди спостерігається її поступовий ріст. Максимальне значення спостерігається в шостій декаді вегетації і складає 73,8 г/м² дек. Потім прирости *ММУ* поступово знижуються і в кінці вегетації відбувається різке зниження приростів *ММУ* до 9,8 г/м² дек.

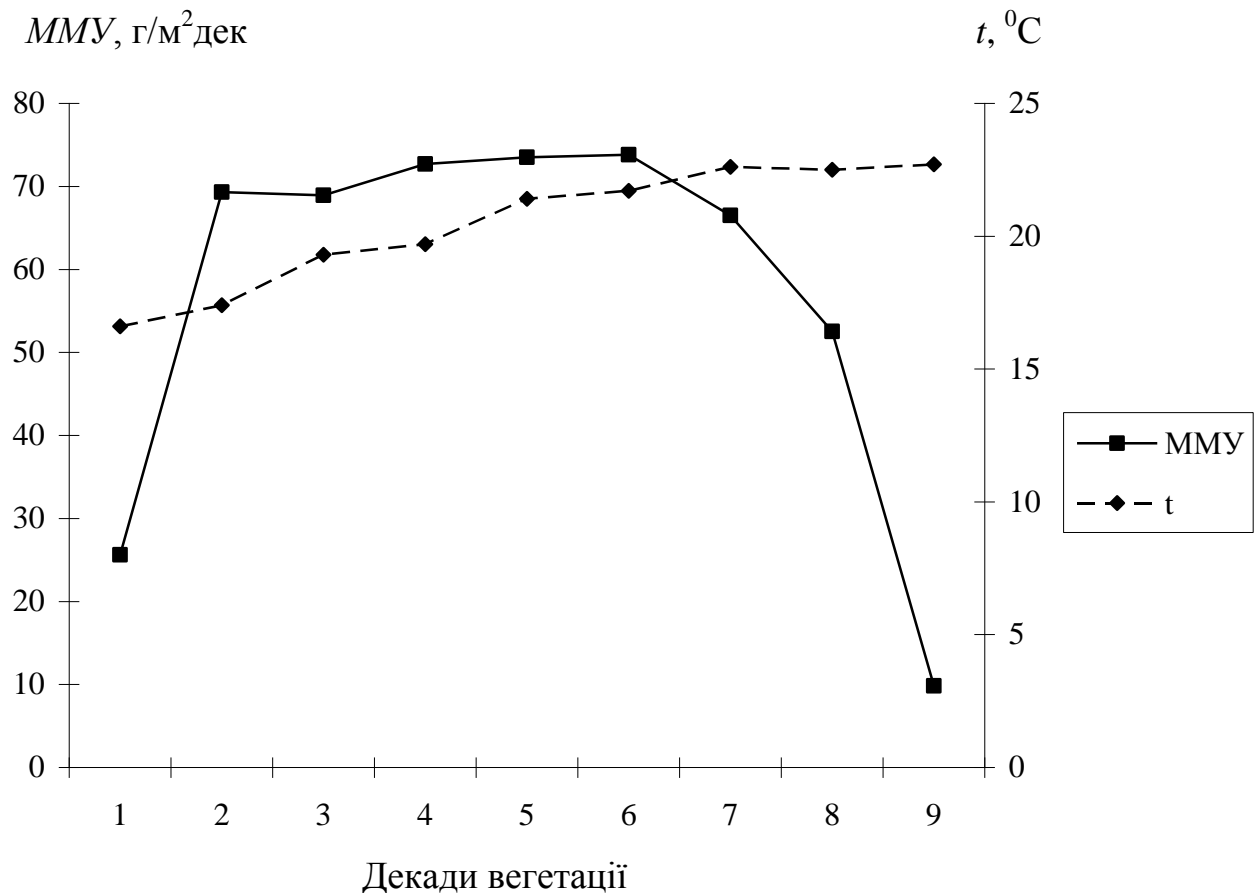
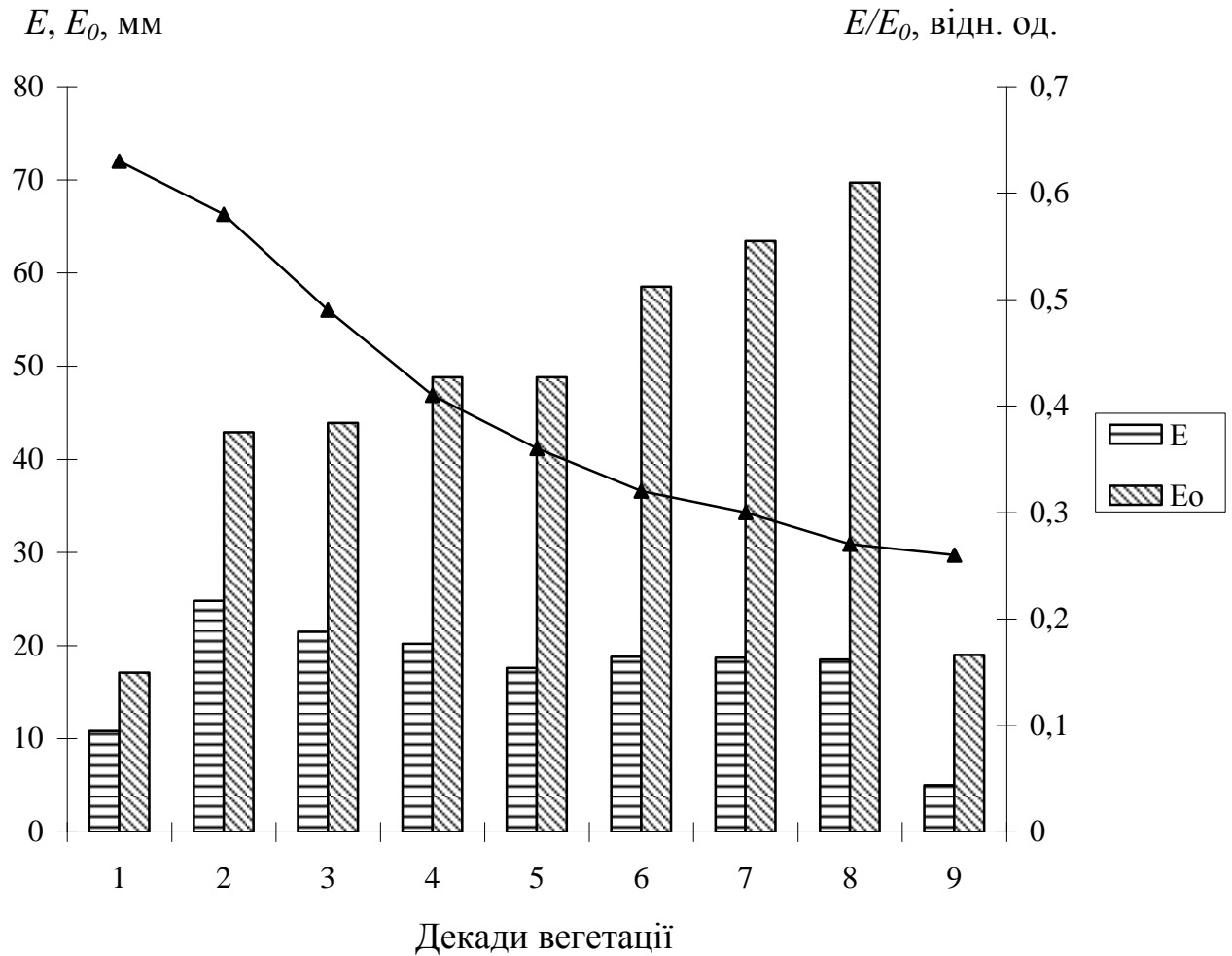


Рисунок 5.14 - Декадний хід температури повітря (*t*) і приростів метеорологічно-можливого врожаю (*ММУ*) проса в Південному Степу.

Сумарне випаровування (*E*) в першій декаді від сходів складає 10,8 мм (рис. 5.15), потім у міру росту температури повітря сумарне випаровування зростає до 24,8 мм у другій декаді вегетації. Потім повільно знижується і в кінці вегетації спостерігається різке падіння до 5,0 мм.

Випаровуваність (E_0) на початку вегетації проса складає 17,1 мм (рис. 5.15). Далі у другій декаді вегетації відбувається різке підвищення випаровуваності до 42,9 мм. Потім у наступні декади вегетації спостерігається поступове підвищення випаровуваності і в восьмій декаді вегетації випаровуваність досягає максимального значення та складає 69,7 мм. В кінці вегетації випаровуваність різко знизилася до 19,0 мм.



E – випаровування; E_0 – випаровуваність; E/E_0 – відносна вологозабезпеченість посівів.

Рисунок 5.15 - Декадний хід характеристик водного режиму посівів проса в Південному Степу.

Розгляд динаміки відношення E/E_0 (рис. 5.15) показує, що на початку вегетації проса вона знаходиться на позначці 0,63 відн. од., поступово

знижуючись, досягає найнижчих значень в кінці вегетації та складає 0,26 відн.од.

Максимальне значення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (табл. 5.4) спостерігалось в першій декаді вегетації і склало 111 мм. Далі запаси вологи поступово знижуються і в дев'ятій декаді вегетації досягли мінімального значення 43 мм.

Хід динаміки приростів дійсно-можливої урожайності (*ДМУ*) представлений на рис. 5.16.

ДМУ, УВ, г/м² дек

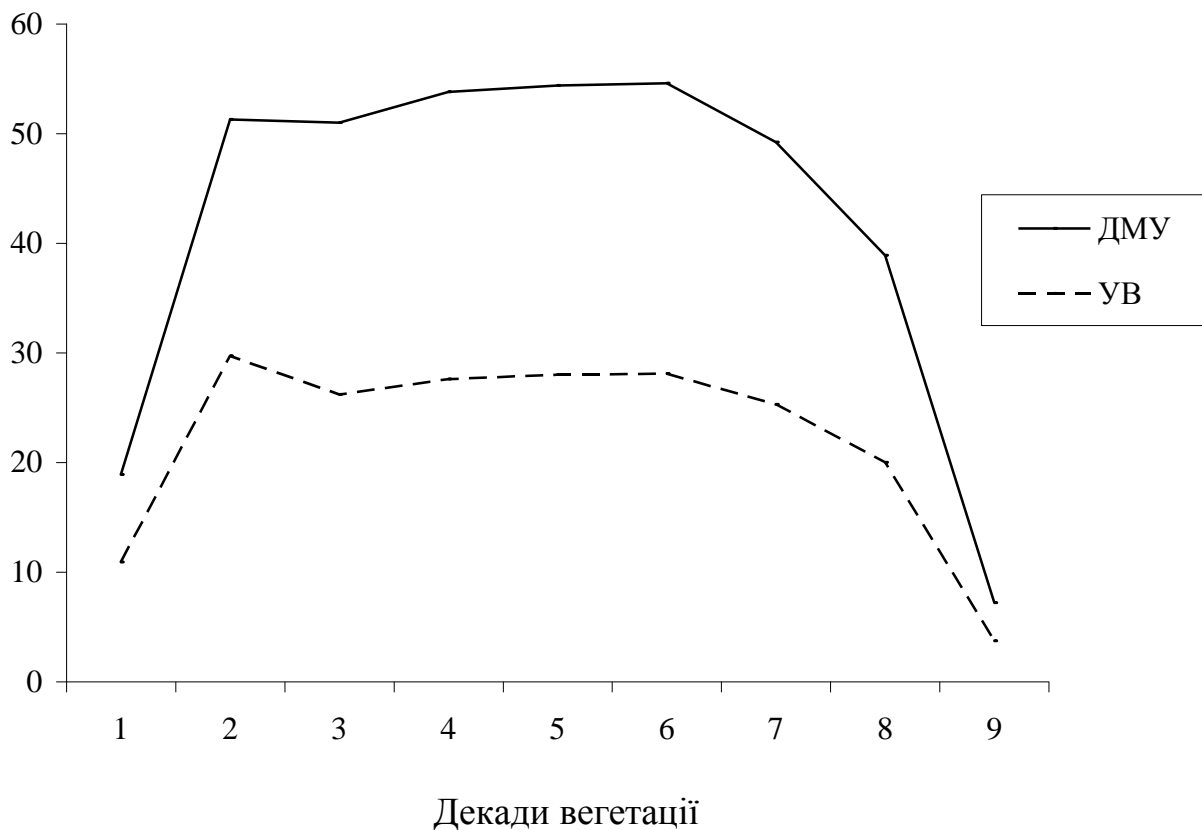


Рисунок 5.16 - Динаміка *ДМУ* і *УВ* проса в центральному районі Південного Степу.

Величини приростів починаються з позначки 18,9 г/м²дек, далі різко зростають в наступній декаді вегетації до 51,3 г/м²дек, після чого *ДМУ* починає рости, досягаючи максимуму в шостій декаді вегетації і складає

54,6 г/м²дек. В кінці вегетаційного періоду прирости *ДМУ* знижуються до найнижчого значення 7,2 г/м²дек.

Прирости врожайності на рівні *УВ* (рис. 5.16) починаються з позначки 10,9 г/м²дек, після чого різко зростають у другій декаді вегетації та досягають максимуму 29,6 г/м²дек. Потім відбувається поступове зниження та підвищення і в кінці вегетаційного періоду прирости *УВ* різко знижуються до мінімальної позначки 3,7 г/м²дек.

6 ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ СТОСОВНО ДО КУЛЬТУРИ ПРОСА

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. 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.

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.

Для кожної з адміністративних областей України на основі середніх багаторічних метеорологічних і агрометеорологічних даних, а також з використанням інформації про внесення органічних і мінеральних добрив, були виконані розрахунки за допомогою моделі. В результаті розрахунків було отримано щодакдану та осереднену за вегетаційний період інформацію про агрокліматичні умови формування чотирьох розглянутих агроекологічних категорій урожайності.

Зупинимось детальніше на характеристиці розподілу агроекологічних категорій урожайності на території України для кожної з розглянутих зон.

6.1. Ґрунтово-кліматичні ресурси вирощування проса в Україні

У числі багатьох компонентів, що складають єдину природу, найважливішим для сільського господарства є ґрунти та клімат, включаючи погоду та водні ресурси, як похідні від клімату. Світло, тепло, волога та їх співвідношення впливають на рослини не тільки безпосередньо, але і через обумовлені ними ґрунтоутворюючі та мікробіологічні процеси.

На підставі виконаних розрахунків була виконана оцінка узагальнених характеристик ґрунтово-кліматичних умов вирощування проса та його продуктивності.

Ґрунти України – один з важливих видів природних ресурсів. В основному на території переважають чорноземи від типових малогумусних, до потужних чорноземів, що відрізняються високою продуктивністю. Обов'язковим елементом земельного кадастру є бонітування ґрунтів.

Рівень природної родючості ґрунтів України достатньо диференційований.

Розглянуті зони характеризуються досить високим рівнем ґрунтової родючості. Бал ґрунтової родючості змінюється від 0,60 відн. од. в Поліссі та Північному степу до 0,80 відн. од. в Лісостепу (табл. 6.1).

При вирощуванні проса від зони до зони змінюються дози внесених мінеральних і органічних добрив. Просо найкраще забезпечується поживними речовинами. Удобрюють просо в основному мінеральними добривами, а гній вносять під попередники. Взагалі вносити гній під просо не варто, так як у складі гною, особливо свіжого, є багато насіння бур'янів. Мінеральні фосфорно-калійні добрива рекомендується вносити під основний обробіток ґрунту в таких дозах: у Поліссі по 60-70 кг/га, Лісостепу по 40-60 кг/га фосфору і калію; в Степу 40-50 кг/га фосфору і 30-40 кг/га калію (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 - Узагальнені характеристики ґрунтово-агрокліматичних ресурсів вирощування проса в Україні

№	Загальні показники за період вегетації	Райони			
		Полісся	Лісостеп	Північний Степ	Південний Степ
1	Бал ґрунтової родючості, відн. од.	0,60	0,80	0,60	0,74
2	Внесення азотного добрива (N), кг/га	50-70	50-70	50-70	50-70
3	Внесення фосфорного добрива (P), кг/га	60-70	40-60	40-50	
4	Внесення калійного добрива (K), кг/га			30-40	
5	Сума ефективних температур вище 10 °С	631	649	773	837
6	Сума ΦAP , Дж/см ² за період	71	57	84	94
7	Тривалість вегетаційного періоду, доба	78	79	79	60
8	Сума опадів, мм	233	196	159	126
9	Потреба рослин у волозі, мм	356	337	388	427
10	Сумарне випаровування, мм	224	225	214	170
11	Дефіцит вологи, мм	50	99	170	239
12	$ГТК$, відн. од.	1,6	1,3	1,0	0,8

У табл. 6.1 представлені узагальнені показники агрокліматичних ресурсів вирощування проса: тривалість вегетаційного періоду, сума ефективних температур за період вегетації, сума ΦAP , сума опадів, потреба рослин у волозі, сумарне випаровування, дефіцит вологи і $ГТК$. Як видно з табл. 6.1 тривалість вегетаційного періоду коливається від 60 днів у

Південному Степу до 79 днів в Лісостепу та Північному Степу. У районі Полісся тривалість вегетаційного періоду становить 78 днів.

Суми ефективних температур вище 10°C за вегетаційний період проса на досліджуваних районах України коливаються в межах від 631°C в районі Полісся до 837°C в районі Південного Степу. У районі Лісостепу сума ефективних температур вище 10°C складає 649°C , а в районі Північного Степу – 773°C . З табл. 6.1 видно, що суми ефективних температур, що накопичуються за період вегетації, відповідають кількості тепла, необхідного для вирощування культури.

Найменше значення суми ΦAP за вегетаційний період вирощування проса складає 57 Дж/см^2 в районі Лісостепу, максимальне значення 94 Дж/см^2 – в районі Південного Степу. У районі Полісся сума ΦAP складає 74 Дж/см^2 і 84 Дж/см^2 в районі Північного степу за вегетаційний період.

Характер розподілу потенційного урожаю зерна ($ПУ$) проса на території України неоднорідний. Урожай зерна коливається в межах 23-29 ц/га (табл. 6.2). Найбільші значення $ПУ$ проса спостерігаються в Лівобережній та в Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим (рис. 6.1). Трохи нижчі значення $ПУ$ спостерігаються в Центральному районі Лісостепу, а також в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу. Мінімальні значення спостерігаються в Східному районі Полісся.

Також важливим фактором у житті рослин є і волога. Кількість опадів за період вегетації змінюється від 126 мм в Південному Степу до 233 мм в районі Полісся.

Зволоження території залежить не тільки від кількості опадів, а й від того, скільки їх витрачається на випаровування та стік. Тому як величину, що характеризує ступінь зволоження території, використовують умовний показник зволоження – гідротермічний коефіцієнт ($ГТК$), що враховує одночасно прихід вологи у вигляді опадів і сумарну її витрату на випаровування.

Таблиця 6.2 - Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування і продуктивності проса в Україні

№	Загальні показники за період вегетації	Райони				
		Мікро-райони	Полісся	Лісостеп	Північний Степ	Південний Степ
1	ПУ зерна, ц/га	1	< 23	24-25	24-25	26-27
		2	24-25	26-27	26-27	28-29
		3		28-29	28-29	> 29
2	ММУ зерна, ц/га	1	21-22	< 20	< 20	< 20
		2		21-22	21-22	21-22
		3			23-24	23-24
		4			> 24	> 24
3	ДМУ зерна, ц/га	1	14-16	14-16	14-16	14-16
		2	17-18	17-18	17-18	17-18
		3	> 18	> 18		
5	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов (СВУ), відн. од.	1	> 0,901	0,801-0,900	< 0,800	< 0,800
		2		> 0,901	0,801-0,900	0,801-0,900
6	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів (C _o), відн. од.	1	0,401-0,500	0,401-0,500	0,401-0,500	< 0,400
		2	0,501-0,600	0,501-0,600	0,501-0,600	0,401-0,500
		3				0,501-0,600
7	Оцінка рівня реалізації агроєкологічного потенціалу (C _a), відн.од.	1	0,401-0,500	0,401-0,500	0,401-0,500	< 0,400
		2	0,501-0,600	0,501-0,600	0,501-0,600	0,401-0,500
		3			> 0,601	0,501-0,600
8	Оцінка рівня господарського використання і ґрунтових ресурсів (C _a), відн.од.	1	< 0,600	0,601-0,700	< 0,600	< 0,600
		2	0,601-0,700	0,701-0,800	0,601-0,700	0,601-0,700
		3	0,701-0,800		0,701-0,800	

По кліматичних зонах України *ГТК* змінюється від 1,6 відн.од в центральному районі Полісся, зменшуючись в Лісостепу до 1,3 відн.од. Найменші значення *ГТК* спостерігаються в центральних районах Північного та Південного Степу і складають 1,0-0,8 відн.од.

Оптимальна потреба проса у волозі за вегетаційний період коливається від 337 мм в Лісостепу до 427 мм в Південному степу. Також велика потреба рослин у волозі спостерігається в Північному Степу і складає 388 мм. У районі Полісся потреба у волозі складає 356 мм (табл. 6.1).

Мінімальне значення сумарного випаровування складає 170 мм в Південному Степу, а максимальне – 225 мм в Лісостепу. У районі Полісся сумарне випаровування складає 224 мм, в районі Північного Степу – 214 мм за вегетаційний період.

Дефіцит вологи за період вегетації проса коливається від 50 мм в Поліссі до 239 мм в Південному Степу. У районі Лісостепу дефіцит вологи складає 99 мм, а в районі Північного Степу – 170 мм.

Як видно з приведених в табл. 6.2 даних, розподіл метеорологічно-можливого урожаю (*ММУ*) на території України відрізняється від розподілу *ПУ*. Найбільші значення *ММУ* спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу та в АР Крим. Трохи нижчі значення *ММУ* спостерігаються в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній частині Південного Степу. Найменші значення спостерігаються в Східному районі Полісся, в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній частині Південного Степу. З даних табл. 6.2 видно, що у всіх районах України коливання *ММУ* незначні.

Розподіл дійсно-можливого урожаю (*ДМУ*) проса на території України представлено в табл. 6.2. Найбільші значення *ДМУ* спостерігаються в Центральному районі Полісся та в Західному і Східному районах Лісостепу. Трохи нижчі значення спостерігається в Центральному районі Полісся, в Центральному та Східному районах Лісостепу, в Правобережній частині

Північного Степу, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим. Далі йде незначне зниження і мінімальні значення *ДМУ* спостерігаються в Центральному та Східному районах Полісся, в Центральному та Східному районах Лісостепу, в Лівобережній і Правобережній частині Північного та Південного Степу.

Розподіл виробничих урожаїв (*УВ*) на території України менш різноманітний (табл. 6.2). Значення *УВ* коливаються від 10 ц/га до >14 ц/га. Найнижчі значення *УВ* проса спостерігаються в Східному районі Полісся, в Східному районі Лісостепу, в Правобережній частині Північного Степу, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим.

6.2. Комплексні оцінки агрокліматичних ресурсів України

Описуючи ступінь сприятливості кліматичних умов (*СВУ*) вирощування проса з табл. 6.2 видно, що найбільші значення спостерігаються в Центральному і Східному районах Полісся та в районі Лісостепу. Далі йде зниження у напрямку до Північного і Південного Степу. Трохи нижчі значення *СВУ* спостерігаються в Центральному і Східному районах Лісостепу в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній частині Південного Степу. Найнижчі значення спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу та в АР Крим.

Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів (*С₀*) для вирощування культури проса показала, що найбільш високі значення спостерігаються в Центральному районі Полісся, в районі Лісостепу, в районі Північного Степу та в Лівобережній частині Південного Степу. Трохи нижчі значення спостерігаються в Східному районі Полісся, в Східному районі Лісостепу, в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу.

Найнижчі значення C_0 спостерігаються в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу та АР Крим.

Аналіз рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для культури проса показав, що мінімальні значення C_d спостерігаються в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу та АР Крим. Найвищі значення C_d спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу.

З даних табл. 6.2 видно, що мінімальні значення оцінки культури землеробства C_a для проса на території України спостерігаються в Східному районі Полісся, в Правобережній частині Північного Степу, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим. Найвищі рівні C_a спостерігаються в Західному і Центральному районах Полісся, в районі Лісостепу та в Лівобережній і Правобережній частині Північного Степу.

Виконані оцінки рівня використання агрокліматичних ресурсів показують, що вони досить низькі, є великі резерви щодо їх використання.

6.3. Агрокліматичне районування території України стосовно до культури проса

В основу агрокліматичного районування території України стосовно проса були покладені результати розрахунків агроекологічних категорій урожайності, комплексних оцінок та їх просторової мінливості. Виходячи з аналізу розрахованих агрокліматичних характеристик, були сформульовані наступні три принципи районування, яке виконано в розрізі адміністративних областей:

- 1) на основі значень MMU виділяються агрокліматичні сектори за продуктивністю проса;
- 2) на основі оцінок використання агрокліматичних ресурсів ці агрокліматичні сектори диференціюються на агрокліматичні округи;
- 3) на основі значень UB в межах агрокліматичних округів виділяються агрокліматичні райони за продуктивністю проса.

На першому етапі за значеннями *ММУ* виділені два агрокліматичних сектори (табл. 6.3):

- А.І з рівнем урожайності *ММУ* <20 - 22 ц/га;
- А. II з рівнем урожайності *ММУ* 23 - >24 ц/га.

Всі агрокліматичні сектори поділяються на агрокліматичні округи.

В агрокліматичному районі А.І виділено два агрокліматичних округи (с.1, с.2). Перший округ с.1 (Чернігівська, Донецька і Миколаївська області) характеризується низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів (0,401-0,500 відн.од.). Другий агрокліматичний округ цього сектора с.2 (Житомирська, Київська, Сумська, Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська, Черкаська, Полтавська, Харківська, Луганська, Одеська області) характеризується високою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів (0,501-0,600 відн. од.).

В агрокліматичному секторі А.ІІ також виділені два агрокліматичних округи с.3 і с.4. Так, перший з них с.3 (Херсонська область та АР Крим) відрізняється дуже низьким рівнем використання агрокліматичних ресурсів (<0,400 відн.од.), а другий с.4 (Дніпропетровська і Запорізька області) характеризується низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів (0,401-0,500 відн.од.).

Кожен агрокліматичний округ був оцінений за рівнем виробничої урожайності *УВ*.

Таблиця 6.3 - Агрокліматичне районування України стосовно до виробництва проса

Агрокліматичний сектор			Агрокліматичний округ			Агрокліматичний район			Загальний індекс	Загальна характеристика
індекс	ММУ, ц/га	номер району (області)	індекс	оцінка використання агрокліматичних ресурсів, C_0 , відн.од.	номер району (області)	індекс	УВ, ц/га	номер району (області)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А.І	<20-22	3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19	с.1	0,401-0,500	5, 16, 19	р.1	10-12	5, 16, 19	А.І, с.1, р.1	Низька продуктивність з низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів та низьким рівнем урожаю у виробництві
			с.2	0,501-0,600	3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17,	р.2	13->14	3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17,	А.І, с.2, р.2	Низька продуктивність з високою ефективністю використання агрокліматичних

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					18			18		ресурсів зі середнім рівнем урожаю у виробництві
А.П	23->24	15, 20, 21, 22	с.3	<0,400	20, 22	р.3	10-12	20, 22	А.П, с.3, р.3	Дуже низька продуктивність з низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів та низьким рівнем урожаю у виробництві
			с. 4	0,401-0,500	15, 21	р. 4	13->14	15, 21	А.П, с.4, р.4	Низька продуктивність з низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів та низьким рівнем урожаю у виробництві

На основі оцінки за рівнем метеорологічно-можливого урожаю, кількісної оцінки використання агрокліматичних ресурсів, а також рівня урожаю у виробництві була складена узагальнена характеристика кожного з розглянутих районів ґрунтово-кліматичних ресурсів району.

Виділено наступні райони:

- дуже низька продуктивність з низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів і низьким рівнем урожаю у виробництві;
- низька продуктивність з низькою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів і низьким рівнем урожаю у виробництві;
- низька продуктивність з високою ефективністю використання агрокліматичних ресурсів із середнім рівнем урожаю у виробництві.

Як видно з табл. 6.3, найбільш високі рівні урожаю у виробництві спостерігаються в районах Полісся і Лісостепової зони.

Таким чином, на основі моделювання продукційного процесу проса виконано оцінку рівнів агроекологічних урожаїв та отримано всебічну оцінку агрокліматичних умов вирощування цієї культури, що дозволило вперше провести агрокліматичне районування України стосовно до культури проса.

7 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ ПРОСА У ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНОЮ КЛІМАТУ

Зміна клімату може впливати на сільськогосподарські культури різними шляхами. За межами певного діапазону підвищення температур, як правило, призводить до зниження урожайності, так як розвиток культур прискорюється, і в процесі цього скорочується обсяг урожаю зерна. Крім того, більш високі температури порушують здатність рослини отримувати та використовувати вологу [71, 72].

Просо відоме своїми кліматичними властивостями, в тому числі адаптацією до широкого спектру екологічних умов, поліпшенням росту і продуктивності в умовах низького рівня поживних речовин, меншою залежністю від синтетичних добрив і мінімальною вразливістю до впливу навколишнього середовища [73, 74].

Просо може переносити більш високі температури на протязі життєвого циклу. Сухі зерна виживають при температурах понад 42 °C. Гени біосинтезу воску, присутні в культурі, є причиною цього високого рівня термостійкості. Крім того, просо поживно перевершує інші злаки, оскільки воно багате дієтичними волокнами, стійким крохмалем, вітамінами, незамінними амінокислотами, білками для зберігання і іншими біологічно активними сполуками [75, 76].

Просо володіє декількома морфо-фізіологічними, молекулярними і біохімічними характеристиками, які забезпечують кращу стійкість до стресів навколишнього середовища, ніж інші злаки. Перш за все, короткий життєвий цикл проса допомагає уникнути стресу, оскільки для завершення життєвого циклу (від сходів до повної стиглості) потрібно 12-14 тижнів, тоді як рис і пшениця вимагають максимум 20-24 тижні. Крім того, фотосинтетична ознака C₄ дуже вигідна для проса. Механізм C₄ підсилює концентрацію CO₂, яка пригнічує фотодихання (близько 80%) в залежності від температури.

Просо має підвищену швидкість фотосинтезу в теплих умовах і забезпечує ефективність використання води і ефективність використання азоту [74, 77].

Ці атрибути роблять просо культурою наступного покоління, культурою вибору для вирощування в посушливих і напівпосушливих регіонах світу, яку потенційно можна досліджувати, вивчати властивості, стійкі до клімату, і використовувати інформацію для поліпшення основних зернових культур. Розширення спектру використовуваних в сільськогосподарському виробництві проса економічно доцільно і в зв'язку з істотними змінами клімату, наслідки глобального потепління якого досить широко обговорюються в науковій літературі [78]. Оперативне введення в сівозміну проса, здатного витримати періодично посухи, які повторюються, особливо в Південних областях, є одним із шляхів, що дозволяють подолати наслідки подібних екстремальних умов [79].

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 [80].

7.1 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Полісся

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за чотири періоди: 1980 – 2010 рр. (середньо багаторічний 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.

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 (ΦAP) за період сходи – повна стиглість складає 113,1 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 найвище значення суми ΦAP спостерігається в II-й період і складає 126,3 кДж/см², що становить 112% від середньо багаторічної. В I-й та III-й періоди сума ΦAP буде нижчою, чим в II-й період і складатиме 120,2 та 111,0 кДж/см², що становить 106 та 98% від середньо багаторічної (табл. 7.1).

Потенційний урожай всієї сухої маси ($ПУ$) залежить від ΦAP . Так як в II-й період значення суми ΦAP є найвищим, то і $ПУ$ також буде найвищим і складатиме 1507 г/м²дек, що становить 112% від середньої багаторічної (1349 г/м²дек). В I-й та III-й періоди $ПУ$ складатиме 1435 та 1444 г/м²дек, що становитиме 106 та 107% від середньо багаторічної величини (табл. 7.2).

За умовами сценарію RCP4.5 за всі три періоди, порівняно з базовим періодом, ріст та розвиток проса буде проходити при дещо занижених температурах, в порівнянні з середньо багаторічною. В I-й період середня температура повітря знизиться на 0,2 °С, а в II-й та III-й періоди на 0,3 °С від середньо багаторічної 16,5 °С (табл. 7.1).

За середніми багаторічними даними сума опадів за вегетаційний період проса складає 276 мм. В II-й період сума опадів буде вищою від середньо багаторічної на 26 мм і складатиме 302 мм (табл. 7.1).

За кліматичним сценарієм RCP4.5 за період сходи – повна стиглість сумарне випаровування в II-й період знизиться на 39 мм від середньо багаторічного 366 мм. Зменшиться також і випаровуваність 138 мм від середньо багаторічного значення 542 мм.

Таблиця 7.1 – Порівняння агрометеорологічних показників умов вегетації проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Поліссі (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	16,5	276	366	542	0,68	1,41	113,1
RCP4.5:							
2021–2030	16,3	228	308	449	0,69	1,48	120,2
2031–2040	16,2	302	327	404	0,81	1,85	126,3
2041–2050	16,2	192	313	490	0,64	1,13	111,0
RCP8.5:							
2021–2030	15,9	227	331	472	0,70	1,44	128,0
2031–2040	16,9	229	334	513	0,65	1,27	121,5
2041–2050	16,0	299	344	431	0,80	1,73	126,1

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E_0) характеризує вологозабезпеченість посівів. За середніми багаторічними даними вологозабезпеченість складає 0,68 відн.од. В II-й період очікуються кращі умови вологозабезпеченості посівів проса, вологозабезпеченість буде складати 0,81 відн.од., в порівнянні з базовим періодом. ГТК в II-й період зросте до 1,85 відн.од. і складатиме 131% від середньої багаторічної.

В I-й період сума опадів зменшиться на 48 мм від середньо багаторічної. Сумарне випаровування буде нижчим від середньо багаторічного на 59 мм, випаровуваність на 93 мм. Вологозабезпеченість посівів проса 0,69 відн.од. ГТК становитиме 105% від середньо багаторічного значення.

Таблиця 7.2 – Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Поліссі (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ² дек			Фотосинте -тичний потенціал, м ² /м ² за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1349	788	394	238,3	0,055	18,0
RCP4.5:						
2021–2030	1435	872	436	249,0	0,061	19,9
2031–2040	1507	920	460	233,8	0,065	21,0
2041–2050	1444	829	414	227,7	0,058	18,9
RCP8.5:						
2021–2030	1528	913	457	263,1	0,023	20,8
2031–2040	1450	860	430	243,3	0,021	19,6
2041–2050	1505	936	469	254,6	0,023	21,4

А в III-й період буде спостерігатися найнижче значення суми опадів, яке зменшиться від середньо багаторічної на 84 мм і складатиме 192 мм. Сумарне випаровування знизиться на 53 мм, а випаровуваність на 52 мм. Такі умови зволоження погіршать умови вологозабезпеченості посівів. За період сходи – повна стиглість спостерігається зменшення вологозабезпеченості на 0,4 відн.од., а величина ГТК знизиться до 80% (табл. 7.1).

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.

Як видно з даних рис. 7.1 рівень динаміки площі листя в I-й та III-й періоди (сценарій RCP4.5), із-за зменшення вологозабезпеченості, буде

нижчим і складатиме 4,67 та 4,6 м²/м², в порівнянні з середньо багаторічною 4,73 м²/м². В III-й період очікується вищий рівень площі листа – 4,83 м²/м².

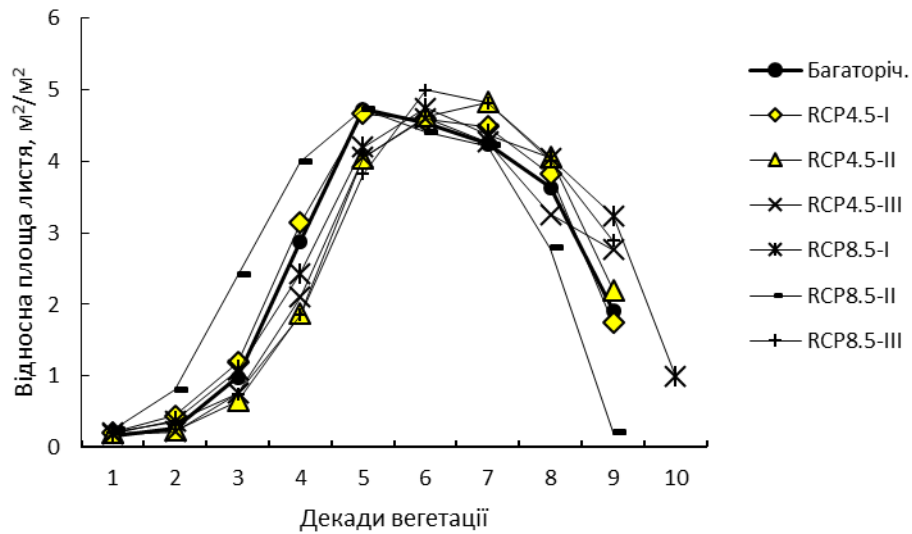


Рисунок 7.1 - Динаміка площі листа проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Поліссі.

Фотосинтетичний потенціал ($\Phi\P$) за умовами реалізації сценарію RCP4.5 за базовий період та за сценарні періоди максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. Так, за середньо багаторічний період максимальне значення фотосинтетичного потенціалу складає 238,3 м²/м². В I-й період спостерігається ріст $\Phi\P$ до 249,0 м²/м². В II-й та III-й періоди величина $\Phi\P$ буде нижчою від середньо багаторічної і складатиме 233,8-227,7 м²/м² (табл. 7.2, рис. 7.2).

Рівень $\Pi\P$ лімітується фактором тепла та вологи. Ці два фактора визначають рівень наступної агроєкологічної категорії урожайності – метеорологічно-можливий урожай (ММУ).

За всі три сценарні періоди спостерігається ріст ММУ , в порівнянні з середньо багаторічним 788 г/м²дек. Так, в II-й сценарний період ММУ зросте до 920 г/м²дек, що складатиме 117% від середньо багаторічного. В I-й та III-й періоди ММУ складатиме 872 та 829 г/м²дек, що становить 111 та 105% від середньо багаторічного (табл. 7.2).

За середньо багаторічним періодом з урахуванням природної родючості ґрунту рівень дійсно можливого урожаю всієї сухої маси проса (*ДМУ*) складатиме 394 г/м²дек. За умовами сценарію RCP4.5 *ДМУ* складатиме в II-й сценарний період 117% від середнього багаторічного, а в I-й та III-й періоди 111 та 105% від середньо багаторічного.

При реалізації сценарію RCP4.5 урожай проса при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах становить 18,0 ц/га (табл. 7.2). В II-й період урожай проса зросте до 21,0 ц/га, що складатиме 117% від середньо багаторічного. В I-й та III-й періоди урожай проса буде також вищим від середньо багаторічного, але нижчим чим в II-й період і складатиме 19,9 та 18,9 ц/га, що становить 111 та 105% від середнього багаторічного.

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в II-й період 118%, а в I-й та III-й періоди 111 та 105% від середньо багаторічного (табл. 7.2).

При реалізації сценарію RCP8.5 за період сходи – повна стиглість буде спостерігатися збільшення *ФАР*, в порівнянні з середнім багаторічним значенням. Так, прихід *ФАР* за сценарієм RCP8.5 найвищим буде спостерігатися в I-й період 128,10 кДж/см² (табл. 7.1), відповідно буде і найвищим в I-й період *ПУ*, і складатиме 1528 г/м²дек, що становитиме 113% (табл. 1.2). В II-й та III-й періоди сума *ФАР* дещо знизиться і складатиме 121,5 і 126,1 кДж/см², тобто до 107 і 111% (табл. 7.1). Відповідно зменшиться і *ПУ* до 1450 та 1505 г/м²дек, тобто до 107 та 112% від середньої багаторічної величини (табл. 7.2).

Температурний режим в період сходи – повна стиглість в I-й та III-й сценарні періоди складає 15,9 та 16,0 °С, що на 0,6 та 0,5 °С нижче від середньо багаторічно. І тільки в II-й період температура повітря буде вищою від середньо багаторічної на 0,4 °С і складатиме 16,9 °С.

В I-й та II-й сценарні періоди сума опадів буде нижчою від середньо багаторічної на 49 та 47 мм і складатиме 227 та 229 мм відповідно. В II-й період сума опадів зросте до 299 мм, що 23 мм вище від середньо багаторічної (табл. 7.1).

Сумарне випаровування зменшиться в I-й та III-й періоди на 35 та 22 мм, а випаровуваність на 70 та 111 мм відповідно. В ці періоди спостерігаються кращі умови вологозабезпеченості – 0,70 та 0,80 відн.од в порівнянні з середньо багаторічним значенням 0,68 відн.од. ГТК складатиме 102 та 123% від середньо багаторічного.

В II-й період сумарне випаровування зменшиться на 32 мм, а випаровуваність на 29 мм. Спостерігається зменшення вологозабезпеченості до 0,65 відн.од., а ГТК складатиме 90% від середньо багаторічного (табл. 7.1).

Рівень динаміки площі листя (рис. 7.1) за I-й та III-й сценарні періоди (сценарій RCP8.5) буде вищим, порівняно з середньо багаторічним періодом. Так, в I-й та III-й періоди площа листової поверхні в період її максимального розвитку збільшиться з 4,73 м²/м² до 4,75 та 5,0 м²/м². В II-й період площа листової поверхні очікується на рівні середньо багаторічної.

ФП за умовами реалізації сценарію RCP8.5 в I-й та III-й періоди 111 та 107%, а в II-й період буде близьким до середньо багаторічного 243,2 м²/м², що складатиме 102% від середньо багаторічного (табл. 7.2).

За умовами реалізації сценарію RCP8.5, також як і за сценарієм RCP4.5, спостерігається ріст ММУ. Так, найвищий ММУ очікується в I-й та III-й сценарні періоди і становить 913 та 936 г/м²дек, що складає 116 та 119% від середньо багаторічного. В II-й період спостерігається зменшення ММУ до 860 г/м²дек, що складає 109% від середньо багаторічного 788 г/м²дек.

ДМУ також буде вищим в I-й та III-й періоди і складатиме 116 та 119%, а в II-й - 109% від середнього багаторічного.

За сценарієм RCP8.5 урожай проса при 14%-й вологості в I-й та III-й періоди відповідно буде вищим від середньо багаторічного і складатиме 20,8 та 21,4 ц/га, тобто зросте до 116 та 119% від середньо багаторічного. В II-й період урожай буде нижчим, чим в I-й та III-й періоди, але вищим, чим середньо багаторічний і складатиме 19,6 ц/га (109%) (табл. 7.2).

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та III-й періоди 27%, а в II-й період – 25% від середньо багаторічного (табл. 7.2).

7.2 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Лісостепу

Прихід ΦAP за період сходи – повна стиглість за сценарієм RCP4.5 в I-й та II-й періоди зростає до 153,6 та 150,9 кДж/см², що складає 118 та 116% від середнього багаторічного. В III-й період ΦAP зростає до 158,1 кДж/см² і складатиме 122% (табл. 7.3). $ПУ$ всієї сухої маси залежить від ΦAP . В I-й та II-й періоди $ПУ$ зростає до 1711 та 1681 г/м²дек, тобто до 118 та 116% від середньої багаторічної (1447 г/м²дек) (табл. 7.4). Із-за найвищої ΦAP в III-й період спостерігається найвищий ріст $ПУ$ до 1832 кДж/см², що складає 126%.

Таблиця 7.3 – Порівняння агрометеорологічних показників умов вегетації проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Лісостепу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ΦAP , кДж/см ² за період
1980-2010	17,3	323	401	552	0,73	1,43	129,9
RCP4.5:							
2021–2030	15,9	231	312	480	0,65	1,38	153,6
2031–2040	15,8	301	312	438	0,71	1,7	150,9
2041–2050	16,2	277	329	525	0,63	1,31	158,1
RCP8.5:							
2021–2030	15,7	303	329	508	0,65	1,43	163,7
2031–2040	15,5	285	349	527	0,66	1,28	156,6
2041–2050	15,4	378	357	477	0,77	1,68	166,0

Температурний режим за сценарієм RCP4.5 буде дещо заниженим і становитиме в I-й та II-й період 15,8 та 15,9 °С, а в III-й період знизиться до 16,2 °С, в порівнянні з середньою багаторічною – 17,3 °С (табл. 7.3).

Таблиця 7.4 – Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Лісостепу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ² дек			Фотосинте- тичний потенціал, м ² /м ² за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1447	897	538	240,2	0,075	24,5
RCP4.5:						
2021–2030	1711	957	574	312,9	0,051	26,2
2031–2040	1681	1003	602	292,3	0,053	27,4
2041–2050	1829	959	575	326,0	0,051	26,2
RCP8.5:						
2021–2030	1823	1025	615	358,0	0,054	28,1
2031–2040	1803	990	594	311,0	0,053	27,1
2041–2050	1849	1067	640	353,0	0,057	29,2

Кількість опадів за середньо багаторічними даними складає 323 мм. В I-й та III-й періоди сума опадів знизиться до 231 та 277 мм. Сумарне випаровування знизиться в I-й та III-й періоди до 312 та 329 мм, в порівнянні з середньо багаторічним періодом – 401 мм. Відповідно зменшиться і випаровуваність до 480 та 525 мм від середньо багаторічної 552 мм.

За середніми багаторічними даними відносна вологозабезпеченість посівів (E/E_0) складає 0,73 відн.од. Із-за зменшення кількості опадів в сценарні періоди очікуються гірші умови вологозабезпеченості. У I-му та III-му періодах спостерігається пониження E/E_0 до 0,65 та 0,63 відн.од. в

порівнянні з базовим. *ГТК* в ці періоди складатиме 1,38 та 1,31 відн.од., що становить 96 та 92% від середнього багаторічного.

В II-й період сума опадів зростає до 301 мм, в порівнянні з I-м та III-м періодами, але буде нижчою, чим середньо багаторічна (табл. 7.3).

Сумарне випаровування в II-й період складатиме 312 мм, а випаровуваність 437 мм.

В II-му періоді спостерігається підвищення суми опадів, чим в I-й та III-й періоди, що призведе до кращих умов вологозабезпеченості посівів – 0,71 відн.од, а також зростає *ГТК* до 119% від середнього багаторічного (табл. 7.3).

Із рис. 7.2 видно, що рівень динаміки площі листя за сценарні періоди (сценарій RCP4.5) буде нижчим, порівняно з середньо багаторічним періодом. Площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з $4,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $4,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в I-й період, до $4,69 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в II-й період і до $4,63 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в III-період.

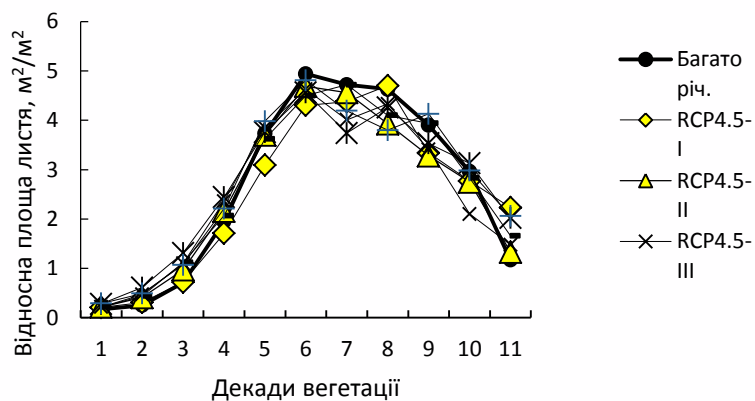


Рисунок 7.2 - Динаміка площі листя преса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Лісостепу.

Фотосинтетичний потенціал (табл. 7.4) за всі періоди здобуває максимального значення в кінці вегетаційного періоду. За середньо

багаторічними даними $\Phi\Pi$ складає $297,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За сценарними показниками спостерігається пониження $\Phi\Pi$ до $296,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в I-й період, до $296,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в II-й період і до $289,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в III-й період.

За умовами реалізації сценарію RCP4.5 ММУ в I-й та II-й зросте до 957 та $959 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 107% від середньо багаторічного значення $897 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$. Із-за кращих умов тепло- та вологозабезпеченості в II-й період зросте і ММУ до $1003 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 112% (табл. 7.4).

З урахуванням природної родючості ґрунту рівень ДМУ всієї сухої маси проса також зросте до $574 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (107%) в I-й період та $575 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ (107%) в III-й період, в порівнянні з середньо багаторічною $538 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$. В II-й період ММУ зросте до $602 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 112% від середньо багаторічного.

За умовами сценарію RCP4.5 урожай проса при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах становить $24,5 \text{ ц}/\text{га}$. В I-й та III-й періоди він зросте до $26,2 \text{ ц}/\text{га}$ і складатиме 107%, а в II-й період зросте до $27,4 \text{ ц}/\text{га}$ і складатиме 112% від середнього багаторічного (табл. 7.4).

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та III-й періоди зросте до 108%, а в II-й період зросте до 112%, в порівнянні з середньо багаторічним (табл. 7.4).

При реалізації сценарію RCP8.5 за період сходи – повна стиглість прихід ΦAP в I-й та II-й періоди підвищиться до 126 та 121%, а в III-й період – до 128% від середнього багаторічного (табл. 7.3).

ПУ всієї сухої маси проса також зросте, в порівнянні з середньо багаторічним значенням та за сценарієм RCP4.5, до 1823 та $1803 \text{ г}/\text{м}^2$ в I-й та II-й періоди, що складатиме 126 та 125%. В III-й період ПУ із-за росту ΦAP буде найвищим і складатиме $1849 \text{ г}/\text{м}^2$, тобто 128% від середнього багаторічного (табл. 7.4).

Середня температура повітря в період сходи – повна стиглість в I-й та II-й сценарні періоди складає $15,7$ та $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$, що на $1,6$ та $1,8 \text{ }^\circ\text{C}$ нижче в порівнянні з середньо багаторічним значенням. А в III-й період температура

повітря буде складати 15,4, що нижче від середньо багаторічної на 1,9 °С. Слід відмітити, що за сценарієм RCP8.5 температурний режим буде нижчим не тільки від середньо багаторічної температури, а й за середніми температурами за сценарієм RCP4.5.

За I-й та II-й сценарні періоди сума опадів знизиться на 20 та 38 мм і тільки в III-й період зросте на 146 мм, порівняно з середнім багаторічним.

Сумарне випаровування в I-й та в II-й сценарній періоди зменшиться з 401 мм до 329 та 349 мм, а в III-й період до 357 мм. Випаровуваність зменшиться з 552 мм в I-й та II-й періоди до 508 та 527 мм, а в III-й періоди до 477 мм.

Низька кількість опадів в I-й та II-й періоди погіршить і умови вологозабезпеченості посівів проса до 89 та 90%, а ГТК в ці періоди очікується на рівні 100 та 90% від середньо багаторічного.

В III-й період збільшення кількості опадів призведе покращення умов вологозабезпеченості проса до 102%. Також спостерігається і підвищення ГТК до 117% (табл. 7.3).

Площа листя (рис. 7.2), за умов реалізації сценарію RCP8.5, буде нижчою, порівняно з базовим періодом. Так, в I-й та II-й періоди площа листової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 4,94 м²/м² до 4,56 та 4,72 м²/м². В III-й період із-за кращих умов вологозабезпеченості очікується ріст листової поверхні до 4,81 м²/м².

ФП, за умовами реалізації сценарію RCP8.5, буде вищим, в порівнянні з середньо багаторічним значенням та за сценарієм RCP4.5, і складатиме в I-й період 314,8 м²/м², в II-й період 300,4 м²/м², в III-й період 315,7 м²/м² (табл. 7.4).

За умовами реалізації сценарію RCP8.5 в порівнянні з базовим періодом спостерігається ріст ММУ. В I-й та II-й сценарні періоди ММУ зросте до 1025 та 990 г/м²дек, що складатиме 114 та 110% від середньо багаторічного. В III-й період, із-за кращих умов вологозабезпеченості, буде

спостерігатись найвищий $ММУ$ – 1067 г/м²дек, що складатиме 119% від середньо багаторічного (табл. 7.4).

$ДМУ$ в I-й та II-й періоди очікується на рівні 114 та 110%, а в III-й період зросте до 119% від середнього багаторічного.

За сценарієм RCP8.5 урожай проса при 14%-й вологості в I-й та II-й періоди складатиме 28,1 та 27,1 ц/га, що становить 115 та 111% від середньо багаторічного. В III-й період урожай проса зросте до 29,2 ц/га, тобто до 119% від середньо багаторічного. З розрахунків видно, що урожай проса за сценарієм RCP8.5 буде вищим від середньо багаторічного та від урожаю за сценарієм RCP4.5 (табл. 7.4).

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та II-й періоди 115 та 111%, а в III-й період – 120% (табл. 7.4).

7.3 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Північного Степу

За середніми багаторічними даними прихід $ФАР$ за період сходи – повна стиглість складає 105,0 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 в I-й та II-й періоди очікується збільшення $ФАР$ до 132,2 та 128,7 кДж/см², що складає 126 та 123% від середньо багаторічного. В III-й період прихід $ФАР$ буде нижчим, ніж в I-му та II-му сценарних періодах, але вищим за середньо багаторічну і складатиме 120,9 кДж/см² – 115% (табл. 7.5).

$ПУ$ всієї сухої маси проса в середньому багаторічному складає 1651 кДж/см². Так як $ПУ$ залежить від $ФАР$, то в I-й та II-й періоди $ПУ$ 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% (табл. 7.6).

Таблиця 7.5 – Порівняння агрометеорологічних показників умов вегетації проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Північному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	18,4	179	365	711	0,51	1,01	105,0
RCP4.5:							
2021–2030	17,8	146	282	730	0,39	0,84	132,1
2031–2040	17,9	177	302	746	0,40	1,32	128,7
2041–2050	18,2	119	249	833	0,30	0,87	120,9
RCP8.5:							
2021–2030	18,3	137	271	766	0,35	0,85	132,9
2031–2040	18,5	128	227	844	0,27	0,9	132,4
2041–2050	18,6	175	309	752	0,41	0,11	130,7

За середньо багаторічними даними середня температура повітря складає 18,4 °С. За умовами реалізації сценарію RCP4.5 середня температура повітря в I-й та II-й періоди буде нижче на 0,6 та 0,5 °С, порівняно з середньою багаторічною. В III-й період температура повітря складатиме 18,2 °С, що на 0,2 °С нижче від середньо багаторічної (табл. 7.5).

Сума опадів за вегетаційний період проса в середньо багаторічному складає 179 мм. В I-й період сума опадів зменшиться 33 мм і складатиме 146 мм. В II-й період сума опадів буде близькою до середньо багаторічної і складатиме 177 мм. В III-й період сума опадів зменшиться до 119 мм, що на 60 мм менше за середньо багаторічну (табл. 7.6).

Таблиця 7.6 – Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Північному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ² дек			Фотосинте- тичний потенціал, м ² /м ² за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1651	852	528	189,4	0,074	24,1
RCP4.5:						
2021–2030	2057	897	556	266,4	0,078	25,4
2031–2040	1999	865	536	293,3	0,075	24,4
2041–2050	1899	767	476	239,3	0,067	21,7
RCP8.5:						
2021–2030	1907	877	544	269,2	0,076	24,8
2031–2040	1896	769	477	263,2	0,067	21,7
2041–2050	1872	940	583	276,6	0,082	26,6

За кліматичним сценарієм RCP4.5 за період сходи – повна стиглість сумарне випаровування знизиться з 365 мм до 282 мм в I-й період і до 302 мм в II-й період. Випаровуваність збільшиться з 711 мм до 730 мм в I-й період і до 846 мм в II-й період. Із-за зменшення кількості опадів погіршаться і умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відносно 76 та 78% від середньо багаторічної. ГТК в I-й та II-й періоди складатиме 83 та 131%, в порівнянні з середньо багаторічним.

В III-й період сумарне випаровування зменшиться до 249 мм, а випаровуваність збільшиться на 833 мм, в порівнянні з базовим періодом. В цей період умови вологозабезпеченості будуть трохи гіршими, в порівнянні з I-м та II-м періодами та з середньо багаторічним значенням і складатимуть

59% від середньо багаторічної величини. ГТК в III-й складатиме 86% від середнього багаторічного (табл. 7.5).

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 листа за сценарні періоди буде нижчим (рис. 7.3), 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 $4,74 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $4,04$ та $3,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В III-й період очікується трохи вищий рівень площі листа і складатиме $4,448 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

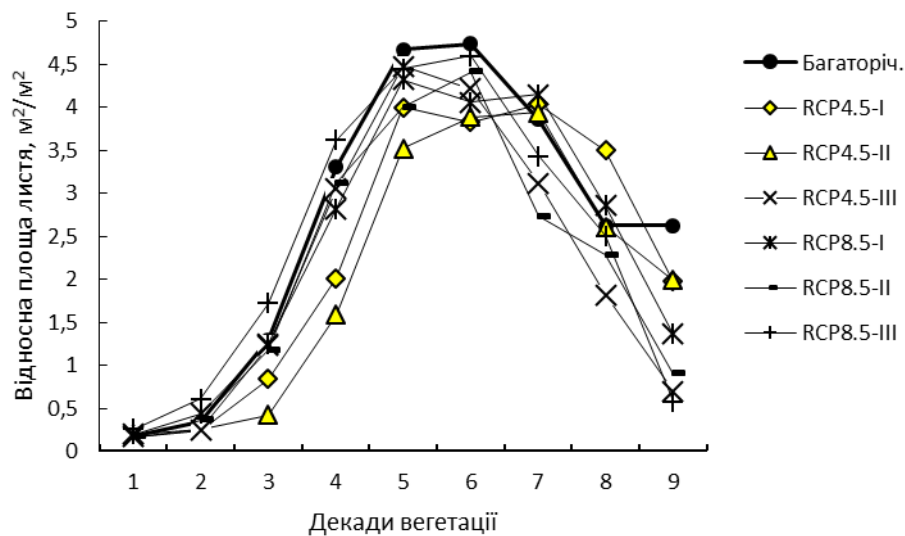


Рисунок 7.3 - Динаміка площі листа проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу.

$\Phi П$ за середньо багаторічний період та за сценарні періоди максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. За сценарними показниками $\Phi П$ 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 (табл. 7.6).

Рівень *ММУ*, який залежить від факторів тепла і вологи, в середньо багаторічному складає $852 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В I-й та II-й періоди *ММУ* зросте до 897 та $865 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період із-за гірших умов вологозабезпеченості *ММУ* зменшиться до $767 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складатиме 90% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

За умовами сценарію RCP4.5 з урахуванням природної родючості ґрунту рівень *ДМУ* в I-й та II-й сценарні періоди зросте до 556 та $536 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складатиме 105 та 102% від середньо багаторічного. В III-й період *ДМУ* зменшиться до $476 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складатиме 90% від середньо багаторічного.

Урожай проса при 14%-й вологості при середніх багаторічних умовах становить 24,1 ц/га (табл. 7.6). 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. 7.6).

При реалізації сценарію RCP8.5 за період сходи – повна стиглість, так як і за сценарієм RCP4.5 спостерігатися збільшення *ФАР* в порівнянні з середньо багаторічним періодом. Так, прихід *ФАР* за сценарієм RCP8.5 в I-й та II-й періоди зросте до 127 та 126%, а в III-й період знизиться до 113% від середньо багаторічного (табл. 7.5).

Так як *ПУ* залежить від *ФАР*, то в I-й та II-й періоди буде спостерігатися ріст *ПУ* до 1907 та $1896 \text{ г}/\text{м}^2$, що складає 116 та 115% від середньо багаторічного. В III-й період спостерігається незначне зниження *ПУ* до $1872 \text{ г}/\text{м}^2$, що складає 113% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

Середня температура повітря в період сходи – повна стиглість в I-й період зменшиться на $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ від середньо багаторічної. В II-й та III-й періоди спостерігається незначне підвищення температури на 0,1 та $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідно.

Сума опадів в I-й та II-й періоди буде нижчою від середньо багаторічної на 42 та 51 мм. В III-й період сума опадів буде близькою до середньо багаторічної і складатиме 175 мм, що на 4 мм менше ніж середньо багаторічна (табл. 7.5).

Сумарне випаровування в I-й та III-й періоди зменшиться на 94 та 56 мм. Найвище випаровування спостерігається в II-й період і складає 227 мм, що менше від середньо багаторічної на 138 мм.

Випаровуваність в I-й та III-й періоди зростає до 766 та 752 мм, що вище від середньо багаторічної на 55 та 41 мм. В II-й період спостерігається найбільша випаровуваність, яка складає 844 мм, що вище від середньо багаторічної на 133 мм.

Відповідно в I-й та III-й періоди вологозабезпеченість посівів проса зменшиться до 67 та 80%, в порівнянні з середньо багаторічною. ГТК в ці періоди складатимуть 84 та 110% від середньо багаторічного.

В II-й період умови вологозабезпеченості будуть гіршими, ніж в I-й та III-й періоди і складатимуть 53% від середньо багаторічної. ГТК складатиме 89% від середньо багаторічного.

Рівень динаміки площі листя (рис. 7.3) за умовами реалізації сценарію RCP8.5 буде нижчим, порівняно з середньо багаторічним періодом. В I-й та II-й періоди площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 4,74 м²/м² до 4,32 та 4,41 м²/м². В III-й період, із-за кращих умов тепло- та вологозабезпеченості, очікується трохи вищий рівень площі листя і складатиме 4,6 м²/м².

ФП за умовами реалізації сценарію RCP8.5 за I-й та III-й періоди зростає до 218,5 та 221,0 м²/м², в II-й період спостерігається зменшення ФП до 195,3 м²/м², в порівнянні з середньо багаторічним значенням (табл. 7.6).

За умовами реалізації сценарію RCP8.5 очікується підвищення ММУ в I-й та III-й періоди до 877 та 940 г/м²дек, що становить 103 та 110% від середньо багаторічного. В II-й період ММУ зменшиться до 769 г/м²дек, що становить 90% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

ДМУ в I-й та III-й періоди зросте до 544 та 583 г/м²дек, що складає 103 та 110% від середньо багаторічного. В II-й період *ДМУ* зменшиться до 477 г/м²дек, що становить 90% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

За сценарієм RCP8.5 урожай проса при 14%-й вологості в I-й та III-й періоди зросте до 24,8 та 26,6 ц/га, що складатиме 103 та 110% від середньо багаторічного. В II-й період, із-за гірших агрокліматичних умов, спостерігається зниження урожаю до 21,7 ц/га, що складає 90% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та III-й періоди зросте до 103 та 111%, а в II-й період зменшиться до 90% від середньо багаторічного (табл. 7.6).

7.4 Оцінка впливу змін клімату на продуктивність проса в умовах Південного Степу

Прихід фотосинтетичної активної радіації (*ФАР*) за період сходи – повна стиглість за середньо багаторічними даними складає 119,3 кДж/см². За умовами реалізації сценарію RCP4.5 в I-й та III-й періоди спостерігається підвищення *ФАР* до 138,3 та 134,3 кДж/см², що складає 113% від середньо багаторічної. В II-й період очікується найвища *ФАР*, яка складає 146,6 кДж/см², що становить 123% від середньо багаторічної (табл. 7.7).

За середньо багаторічними даними *ПУ* складає 1805 г/м²дек. Так як *ПУ* залежить від *ФАР*, то в I-й та III-й періоди спостерігається його ріст до 2096 та 1923 г/м²дек, що складає 116 та 101% від середньої багаторічної. В II-й період, із-за підвищених значень *ФАР*, *ПУ* очікується вищим, ніж в I-й період, і складатиме 2120 г/м²дек, тобто 118% від середньо багаторічного (табл. 7.7).

Таблиця 7.7 – Порівняння агрометеорологічних показників умов вегетації проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Південному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	18,7	158	343	805	0,43	0,1	119,3
RCP4.5:							
2021–2030	18,3	104	246	942	0,26	0,1	138,3
2031–2040	18,2	133	232	870	0,26	0,75	146,4
2041–2050	18,4	119	259	965	0,27	0,77	134,3
RCP8.5:							
2021–2030	19,2	142	269	875	0,31	0,84	136,5
2031–2040	19,4	117	228	965	0,24	0,79	137,0
2041–2050	18,2	122	264	910	0,29	0,1	124,2

За умовами сценарію RCP4.5 за всі три періоди, порівняно з середньо багаторічним періодом, ріст та розвиток проса буде проходити при нижчих температурах повітря. Так в I-й та III-й періоди температура повітря знизиться на 0,4 та 0,3 °С від середньої багаторічної – 18,7 °С. В II-й період середня температура повітря знизиться на 0,5 °С (табл. 7.7).

За середніми багаторічними даними сума опадів за вегетаційний період проса складає 158 мм. В I-й та II-й сценарні періоди сума опадів зменшиться від середньо багаторічної на 54 та 39 мм, а в III-й – на 25 мм.

За умовами реалізації сценарію RCP4.5 за період сходи – повна стиглість сумарне випаровування в I-й та III-й періоди знизиться на 111 та 74 мм, а в II-й період – на 84 мм, в порівнянні з середньо багаторічним значенням – 343 мм.

Таблиця 7.8 – Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в Південному Степу (за період сходи – повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ² дек			Фотосинте- тичний потенціал, м ² /м ² за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенцій- ного урожаю	метеоро- логічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1805	787	480	210,3	0,067	21,9
RCP4.5:						
2021–2030	2096	744	454	247,2	0,064	20,7
2031–2040	2120	788	481	299,4	0,067	21,9
2041–2050	1923	773	472	273,1	0,066	21,5
RCP8.5:						
2021–2030	1954	846	516	277,4	0,072	23,5
2031–2040	1962	726	443	249,3	0,062	20,2
2041–2050	2114	965	528	279,3	0,074	24,1

Підвищення температурного режиму призведе до підвищення випаровуваності, що потім, в свою чергу, призведе до погіршення умов вологозабезпеченості посівів. Так, в середньо багаторічному випаровуваність складає 805 мм. В I-й та III-й періоди випаровуваність зросте до 942 та 965 мм, що вище від середньо багаторічного на 137 та 160 мм. В II-й період випаровуваність складатиме 870 мм, що вище на 65 мм від середньо багаторічного.

За середніми багаторічними даними вологозабезпеченість складає 0,41 відн.од. У I-й та III-й сценарні періоди вологозабезпеченість посівів проса складатиме 60 та 63% від середньо багаторічної. В II-й період, із-за збільшення кількості опадів, вологозабезпеченість зросте до 84% від середньо багаторічної.

ГТК в середньо багаторічному складає 0,1 відн.од. В I-й період *ГТК* спостерігається на рівні середньо багаторічного значення. В II-й та III-й періоди спостерігається ріст *ГТК* до 0,75 та 0,77 відн.од. (табл. 7.7).

Зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури відбувається під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування проса, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

Як видно з даних рис. 7.4, рівень динаміки площі листя за умовами сценарію RCP4.5 буде нижчим, порівняно з середньо багаторічним періодом. Площа листової поверхні в період її максимального розвитку за середньо багаторічними даними складає $4,42 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В I-й та III-й періоди площа листової поверхні зменшиться до $3,42$ та $4,36 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В II-й період очікується трохи ще нижчий рівень площі листя, який складатиме $4,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

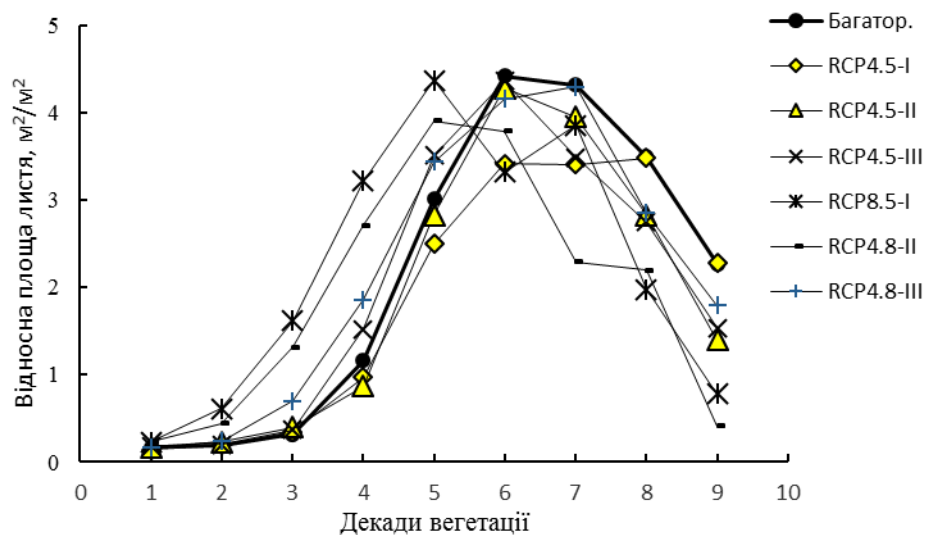


Рисунок 7.4 - Динаміка площі листя проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Південному Степу.

Фотосинтетичний потенціал (*ФП*) за умовами реалізації сценарію RCP4.5 (табл. 7.8) за середньо багаторічний період та за сценарні періоди максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. Так, за середньо багаторічний період максимальне значення фотосинтетичного

потенціалу складає $198,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В I-й та III-й періоди $\Phi\Pi$ знизиться до $180,9$ та $182,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В II-й період $\Phi\Pi$ буде трохи нижчим і складатиме $179,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (табл. 7.8).

ММУ залежить від факторів тепла та вологи. За середньо багаторічними даними ММУ складає $787 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$. В I-й та III-й періоди спостерігається падіння ММУ до 744 та $773 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 94 та 98% від середньо багаторічного. В II-й період, із-за умов тепло- та вологозабезпеченості, ММУ зростає до $788 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 100% від середньо багаторічного.

ДМУ всієї сухої маси проса в середньо багаторічному складає $480 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 95 та 98% від середньо багаторічного. В II-й період ДМУ зростає до $481 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 100% від середньо багаторічного.

При реалізації сценарію RCP4.5 урожай проса при 14% -й вологості при середніх багаторічних умовах складає $21,9$ ц/га (табл. 1.8). В I-й та III-й періоди урожай проса знизиться до $20,7$ та $21,5$ ц/га, що складає 95 та 98% від середньо багаторічного. В II-й період урожай проса очікується на рівні середньо багаторічного.

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та II-й періоди складає 96 та 99% , а в II-й період зростає до 100% від середньо багаторічного (табл. 7.8).

При реалізації сценарію RCP8.5 за період сходи – повна стиглість спостерігається збільшення ΦAP в порівнянні з середнім багаторічним періодом, але і по відношенню до сценарію RCP4.5 спостерігається зниження. Так в I-й та в II-й періоди прихід ΦAP складає $136,5$ та $137 \text{ кДж}/\text{см}^2$, що складає 114 та 115% від середньо багаторічної. В III-й період прихід ΦAP зменшиться до $124,2 \text{ кДж}/\text{см}^2$, що складає 104% від середньо багаторічного (табл. 7.7).

Так як, ПУ всієї сухої маси проса залежить від ΦAP , то за сценарієм RCP8.5 також буде спостерігатися ріст ПУ в порівнянні з середньо багаторічним періодом. Так, в I-й та II-й періоди ПУ зростає до 1954 та

1962 г/м²дек, тобто до 108 та 109% від середньої багаторічної величини. В III-й період спостерігається ріст *ЛУ* до 2114 г/м²дек, що складає 117% від середньо багаторічної величини (табл. 7.8).

Температурний режим в період сходи – повна стиглість в I-й та II-й сценарні періоди складає 19,2 та 19,4 °С, що вище від середньо багаторічної на 0,5 та 0,7 °С. В III-й період середня температура повітря буде нижчою на 0,5 °С і складатиме 18,2 °С.

Сума опадів в I-й та III-й періоди зменшиться від середньо багаторічної на 16 та 36 мм. В II-й період спостерігається найнижча кількість опадів, яка складає 117 мм, що нижче від середньо багаторічної на 41 мм (табл. 7.7).

Сумарне випаровування в I-й та III-й періоди зменшиться від середньо багаторічного на 74 та 79 мм. В II-й період спостерігається найнижче сумарне випаровування, яке складає 228 мм, що нижче від середньо багаторічного на 115 мм.

Випаровуваність в I-й та II-й періоди зросте до 875 та 910 мм, що вище від середньо багаторічної на 70 та 105 мм. В II-й період, із-за підвищення температури, зросте і випаровуваність до 965 мм, що вище від середньо багаторічної на 160 мм.

Вологозабезпеченість посівів проса в I-й та III-й періоди зменшиться, порівняно з середньо багаторічною, до 72 та 67%. В II-й період, із-за зменшення кількості опадів, умови вологозабезпеченості будуть гіршими і складатимуть 56% від середньо багаторічних.

ГТК в I-й та II-й періоди зросте до 0,84 та 0,79 відн.од., порівняно з середньо багаторічним 0,1 відн.од. В III-й період *ГТК* спостерігається на рівні середньо багаторічного значення. В II-й період, із-за умов тепло- та вологозабезпеченості, *ММУ* зросте до 788 г/м²дек, що складає 100% від середньо багаторічного (табл. 7.7).

Рівень динаміки площі листя (рис. 7.4) за сценарієм RCP8.5 буде нижчим, порівняно з середньо багаторічним періодом. Так, в I-й та III-й періоди площа листкової поверхні в період її максимального розвитку

зменшиться з $4,42 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $4,37$ та $4,30 \text{ м}^2/\text{м}^2$. В II-й період очікується трохи нижчий рівень площі листя і складатиме $3,91 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

ФП за умовами реалізації сценарію RCP8.5 в I-й та III-й періоди підвищиться до позначки $204,0$ та $199,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а в II-й період знизиться до $176,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ в порівнянні з середньо багаторічним $198,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (табл. 7.8).

За умовами реалізації сценарію RCP8.5 спостерігається ріст *ММУ* в I-й та III-й періоди до 846 та $865 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 107 та 110% від середньо багаторічного. В III-й період спостерігається зниження *ММУ* до $726 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 92% від середньо багаторічного (табл. 7.8).

ДМУ, також як і *ММУ*, зросте в I-й та III-й періоди і становитиме 516 та $528 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 108 та 110% від середньо багаторічного. В II-й період спостерігається зниження *ДМУ* до $443 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$, що складає 92% від середньо багаторічного (табл. 7.8).

За сценарієм RCP8.5 урожай проса при 14% -й вологості в I-й та III-й періоди буде вищим, в порівнянні з середньо багаторічним і складатиме $23,5$ та $24,1 \text{ ц}/\text{га}$, що становить 107 та 110% від середньо багаторічного. В II-й період спостерігається зниження урожаю до $20,2 \text{ ц}/\text{га}$, що складає 92% , в порівнянні з середньо багаторічним (табл. 7.8).

Баланс гумусу під посівами проса складатиме в I-й та III-й періоду 107 та 110% , а в II-й період знизиться до 93% від середньо багаторічного (табл. 7.8).

ВИСНОВКИ

У даному звіті оцінено продуційний процес проса в умовах зміни клімату на території України. Представлена ботанічна характеристика проса. Розглянуто вимоги проса до кліматичних ресурсів.

Просо - це типова рослина короткого дня. У міру наближення до північної межі його вирощування вона значно подовжує період вегетації, який при більш пізніх термінах сівби, а особливо при пожнивних посівах значно (на 15-20 днів) скорочується.

Просо відноситься до теплолюбних рослин. Хоча насіння починає повільно проростати при температурі 6-8 °С, найбільш сприятливою температурою для вегетації проса слід вважати 18-24 °С. Вегетаційний період різних сортів коливається від 60 до 120 днів. Просо краще переносить високі температури, ніж інші хліба.

До вологи просо менш вимогливе, ніж інші хліба. Для проростання його насінню потрібно води всього 25 % їх маси. Транспіраційний коефіцієнт дорівнює 200-250. У проса рідко спостерігається запал зерна, його коренева система добре забезпечує суцвіття водою навіть тоді, коли в ґрунті кількість вологи наближається до метрового запасу. Слід також зазначити, що просо, відрізняючись високою посухостійкістю, інтенсивно підвищує свою продуктивність при зрошенні.

Коренева система проса відзначається недостатньою здатністю до засвоєння поживних речовин, тому воно краще росте на ґрунтах, добре забезпечених легкодоступними сполуками поживних речовин. Кращими ґрунтами для нього є чорноземи та каштанові, причому за сухої погоди високі врожаї проса отримують при вирощуванні на ґрунтах середнього та важкого механічного складу, за умов достатнього зволоження – на легких ґрунтах. Просо дає високі врожаї на землях, багатих органічними речовинами, що мають нейтральну або близьку до неї реакцію ґрунтового

розчину (рН сольовий 6,5 або 7,5). Ефективність видів добрив під просо залежить від типу ґрунту.

Сільськогосподарському виробництву потрібні нові, більш урожайні, пластичні сорти, здатні максимально використовувати кліматичні та ґрунтові умови зростання та протистояти крайнім відхиленням метеорологічних факторів. Необхідні сорти, що поєднують високу продуктивність, посухостійкість, холодостійкість, стійкість до вилягання, осипання зерна, ураження сажкою та меланозом, запалу та захопленню зерна, дружність викидання волоті та гарну озерненість, різну скоростиглість, високі технологічні показники якості зерна (крупність, висока вирівняність, високий вихід крупи), високі споживчі якості крупи (скловидність 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.

Представлені етапи органогенезу. Використання морфологічного методу дозволяє побачити істотні розходження в характері розвитку органів плодоносіння проса в залежності від біологічних особливостей рослин (еколого-географічної групи), від агротехнічних факторів (строків сівби) і від погодних умов.

Дана оцінка агрометеорологічним умовам формування врожайності та якості насіння проса.

Виконана оцінка впливу зміни клімату на продуктивність проса за сценаріями зміни клімату А2 і А1В. Встановлені оптимальні агрометеорологічні та агрокліматичні умови, при яких спостерігається максимальна продуктивність сівби проса. Проведено порівняння показників фотосинтетичної продуктивності проса за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

Для ґрунтово-кліматичних умов України модифікована та адаптована базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування урожаю сільськогосподарських культур стосовно до культури просо:

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

- визначено вплив агрокліматичних умов на динаміку приростів різних рівнів агроекологічної урожайності.

Оцінено щодакдану динаміку показників приростів агроекологічних категорій урожайності під впливом радіаційного, теплового та водного режимів для чотирьох агрокліматичних зон. Так, для першої агрокліматичної зони максимальні прирости потенційного урожаю ($80,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$), метеорологічно-можливого урожаю ($72,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$), дійсно-можливого урожаю ($43,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$) і урожаю у виробництві ($26,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$) спостерігаються при інтенсивності ΦAP $0,259-0,265 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$.

У другій агрокліматичній зоні максимальні прирости потенційного урожаю ($77,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$), метеорологічно-можливого урожаю ($74,5 \text{ г/м}^2\text{дек}$), дійсно-можливого урожаю ($59,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$) і урожаю у виробництві ($44,0 \text{ г/м}^2\text{дек}$) спостерігаються при інтенсивності ΦAP $0,254 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$.

У третій агрокліматичній зоні максимальні прирости потенційного урожаю ($82,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$), метеорологічно-можливого урожаю ($73,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$), дійсно-можливого урожаю ($44,2 \text{ г/м}^2\text{дек}$) і урожаю у виробництві ($34,4 \text{ г/м}^2\text{дек}$) спостерігаються при інтенсивності ΦAP $0,265-0,272 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$.

Для четвертої агрокліматичній зоні максимальні прирости потенційного урожаю ($92,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$), метеорологічно-можливого урожаю ($73,8 \text{ г/м}^2\text{дек}$), дійсно-можливого урожаю ($54,6 \text{ г/м}^2\text{дек}$) і урожаю у виробництві ($28,1 \text{ г/м}^2\text{дек}$) спостерігаються при інтенсивності ΦAP $0,313 \text{ кал/см}^2\text{хвилину}$.

Виконано оцінку агроекологічних категорій урожайності всієї сухої маси і врожаю зерна проса. Так, у першій агрокліматичній зоні потенційний

урожай сухої маси проса – 537 г/м²; метеорологічно-можливий урожай – 488 г/м²; дійсно-можливий урожай – 293 г/м²; урожай у виробництві – 176 г/м². Урожай зерна проса становить: потенційний – 24 ц/га; метеорологічно-можливий урожай – 22 ц/га; дійсно-можливий урожай – 13 ц/га; урожай у виробництві – 8 ц/га.

У другій агрокліматичній зоні потенційний урожай сухої маси проса – 471 г/м²; метеорологічно-можливий урожай – 439 г/м²; дійсно-можливий урожай – 351 г/м²; урожай у виробництві – 259 г/м². Урожай зерна проса становить: потенційний – 21 ц/га; метеорологічно-можливий урожай – 20 ц/га; дійсно-можливий – 16 ц/га; у виробництві – 12 ц/га.

У третій агрокліматичній зоні потенційний урожай сухої маси проса – 577 г/м²; метеорологічно-можливий урожай – 516 г/м²; дійсно-можливий урожай – 310 г/м²; урожай у виробництві – 229 г/м². Урожай зерна проса становить: потенційний – 26 ц/га; метеорологічно-можливий урожай – 24 ц/га; дійсно-можливий – 14 ц/га; у виробництві – 10 ц/га.

У четвертій агрокліматичній зоні потенційний урожай сухої маси проса – 645 г/м²; метеорологічно-можливий урожай – 512 г/м²; дійсно-можливий урожай – 379 г/м²; урожай у виробництві – 120 г/м². Урожай зерна проса становить: потенційний – 29 ц/га; метеорологічно-можливий урожай – 23 ц/га; дійсно-можливий – 17 ц/га; у виробництві – 9 ц/га.

В ході роботи виконано оцінку зміни агрокліматичних умов росту проса під впливом світлового, теплового та водного режимів для чотирьох зон України: Полісся, Лісостепу, Північного Степу та Південного Степу. Аналіз проводився шляхом порівняння даних за середньо багаторічний період 1980-2010 рр. та за кліматичними сценаріями RCP45 і RCP8.5 за розрахункові періоди 2021-2030 рр. 2031-2040 рр. та 2041-2050 рр. Можна відзначити, що за сценарні періоди в порівнянні з фактичним 1980-2010 рр. очікуються відчутні зміни у температурному режимі та вологозабезпеченості проса впродовж вегетаційного періоду. За реалізацією сценарію RCP8.5, в

порівнянні зі сценарієм RCP4.5, очікуються кращі агрокліматичні умови, що призведе до збільшення урожаю проса.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
2. Івані Жужанна. Підвищення стійкості до зміни клімату сільськогосподарського сектору Півдня України. Сентендре, Угорщина. Жовтень, 2015. С. 5-7.
3. Cline, William R. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics), 2007.
4. Meenakshi Sushma. Improved heat tolerance and drought resistance help millet fight climate change. Down To Earth, 2017.
5. Elodie Blanc. The Impact of Climate Change on Crop Yields in Sub-Saharan Africa. American Journal of Climate Change, 2012, no.1, 1-13 pp.
6. Tirthankar Bandyopadhyay, Mehanathan Muthamilarasan, Manoj Prasad. Millets for next generation climate-smart agriculture. Front. Plant Sci, 2017.
7. Польовий А.М. Оцінка впливу змін клімату на зміни агрокліматичних ресурсів Луганського регіону, умови росту та продуктивність сільськогосподарських культур і природної рослинності. Рекомендації щодо адаптації до цих змін : звіт. Одеса, 2012. 7 с.
3. Вавилов П.П. Растениеводство. Москва : Агропромиздат, 1986. 124 с.
4. Вавилов П.П., Грищенко В.В., Кузнецов В.С. Растениеводство. Москва : «Колос», 1979. С. 396-410.
5. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво : Підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 291 с.
6. Просвиркина А.Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. 15-23 с.

7. Дмитренко В.П. Зависимость продолжительности периода всходы – кушение зерновых культур от температуры воздуха и длины дня. Труды УкрНИГМИ, 1962. Вып. 28. С. 13 -23.
8. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1972. 278 с.
9. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1963. 288 с.
10. Виноградова А.А., Дмитренко В.П. Особенности режима увлажнения почвы в степной зоне Украины (на примере отдельного хозяйства). Труды УкрНИГМИ, 1971. Вып. 109. С. 81–88.
11. Дмитренко В.П. Влажность почвы как фактор формирования урожая зерновых культур. Труды УкрНИГМИ, 1976. Вып. 148. С. 41 – 53.
12. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1954. 248 с.
13. Левенко А.А., Матюшенко Е.Н. Зависимости элементов продуктивности и урожайности от влагозапасов. Труды УкрНИГМИ, 1979. Вып. 173. С. 101-105.
14. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. Москва : Госпланиздат, 1949. 318 с.
15. Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1990. 212 с.
16. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1966. 138 с.
17. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / под ред. Н. А. Ламана. Минск: Навука і тэхніка, 1996. 101 с.
18. Просвиркина А.Г. Гидрометеорология. Сер. Метеорология. Обзорная информация. 1985, вып. 4. 28 с.

19. Раунер Ю.Л. Климат и урожайность зерновых культур. Москва : Наука, 1981. 163 с.
20. Тимирязев К.А. Жизнь растений. Москва, 1978. 245 с.
21. Иванова-Зубкова, Н.З. Погода и урожай проса на Украине. Труды Гидрометцентра СССР. 1970. Вип. 69. С. 62.
22. Драган М.І., Любчич О.Г., Крушельницька І.М. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса у Лісостепу. Вісник аграрної науки, 2003. №9. С. 23-27
23. Камінський В.Ф., Глієва О.В. Продуктивність та якість зерна проса за різних рівнів удобрення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2015. Випуск 1. С. 63-71.
24. Федосеев А.П. Агротехника и погода. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 240 с.
25. Константинов С.И., Горбачева С.Н. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов проса и особенности их возделывания. Журнал «Хранение и переработка зерна». Харьков, 2003.
26. Временные методические рекомендации по оценке потерь урожая от вредителей и болезней полевых культур. Ленинград, 1981, 35 с.
27. 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.
28. 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.
29. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Москва : Высшая школа, 1984. 230 с.

30. Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. Методическое пособие. Ленинград : Гидрометеоздат, 1976. 49 с.

31. Коровин А.И., Тарлинская Б.П., Дульбинская Д.И. и др. Физиологическая роль низкой температуры почвы в снижении полевой всхожести семян. Сельскохозяйственная биология, т. 1, 2, 1966.

32. Рудник-Івашенко О. І. Залежність якості зерна проса посівного фону мінерального живлення. Цукрові буряки, 5, 2010. С. 10-11. (Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Сб_2010_5_5).

33. Лихочвор В. Пшеничный дозор. Зерно, 4(13), 2007. С. 58–60.

34. Кулешов Н. Н. Процесс семенообразования и полноценность семенного материала. Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. Москва : Наука, 1964. С. 43–47.

35. Кизилова Е. Г. Разнокачественность семян и ее агрономическое значение. Киев, «Урожай», 1974. – С. 71–76.

36. Алексеева О.С., Якименко О.П., Трифонова М.Ф. Інтенсифікація виробництва круп'яних культур. Киев : Урожай, 1988. 160 с.

37. Драган М.І., Любчич О.Г. Роль агротехнічних заходів у технології вирощування проса. Вісник Донецького національного університету, 2009. Вип. 1. С. 548-550.

38. Єгоров Д.К., Горбачова С.М., Константинов С.І. Успадкування деяких показників якості крупи та зерна у гібридів проса. Селекція і насінництво : міжвід. темат. наук. зб. Х., 81, 1997. С. 17-22.

39. Любчич 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». Київ, 2008. 24 с.

40. Пустова З.В. Кореляційні зв'язки між показниками морфології рослин, які впливають на врожайність проса в умовах південної частини західного Лісостепу України. Збірник наукових праць Подільського

державного аграрно-технічного університету. Кам'янець- Подільський. 2004. Вип. 12. С. 91-94.

41. Колмаков Ю.В. Связь качества зерна проса с метеоусловиями вегетационного периода. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3(47). С. 35-37.

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

43. 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.

44. Лысов В.Н. Просо. Ленинград, 1968. 224 с.

45. Бобкова З.Н., Ханьгин А.М. О нормативах поражения проса пыльной головней. /Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на юго-востоке. Саратов, 1981. С. 80-86.

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

47. 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.

48. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Київ : КНТ, 2007. 344 с.

49. Просвиркина А.Г. Определение структуры динамической модели формирования продуктивности проса. Деп. рук. № 360ГМ-Д84 во ВНИИГМИ – МЦД, 1984. 61 с.

50. Просвиркина А.Г. Определение параметров модели для расчетов продуктивности проса. Труды ВНИИСХМ, 1985. Вып. 10. с. 105-111.

51. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности просево. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 264 с.

52. Брежнев А.И., Алешин В.Д. Некоторые принципы построения прикладных динамических моделей продуктивности полевых культур. Вестник сельскохозяйственной науки, 1982. Вип. 7(310). С. 116-121.

53. Абашина Е.В., Просвиркина А.Г., Сиротенко О.Д. Упрощенная динамическая модель формирования урожая ярового ячменя. Труды ИЭМ, 1977. №8(67). С. 54 – 68.

54. Абашина Е.В., Сиротенко О.Д., Просвиркина А.Г. Динамическая модель погода – урожай, учитывающая азотное питание растений. В кн.: Кругооборот и баланс азота в системе почва – растение – атмосфера. Москва: Наука. 1979. С. 172-180.

55. Бихеле З.Н., Молдау Х.А., Росс Ю.К. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. Ленинград : Гидрометеиздат. 1980. 223 с.

56. Бондаренко Н.Ф., Жуковский Е.Е., Мушкин И.Г. и др. Моделирование продуктивности агроэкосистем. Ленинград : Гидрометеиздат. 1982. 264 с.

57. Борисова О.А. Оценка снижения урожайности сельскохозяйственных культур с использованием трендов специального вида. Труды ВНИИСХМ, 1987. Вип. 22. С. 63-72.

58. Брукс К., Карузерт Н. Применение статистических методов в метеорологии. Ленинград : Гидрометеиздат. 1963. 408 с.

59. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Ленинград : Гидрометеиздат. 1983. 175 с.

60. Дмитренко В.П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов. Метеорология и гидрология, 1971. Вип. 5. С. 84-91.

61. Дмитренко В.П. Современное направление исследований и методологические аспекты проблемы урожайности (модели типа погода – урожай). Труды УкрНИГМИ, 164. 1978. С. 33-48.

62. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2004. №48. С. 206.

63. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології: Навчальний посібник. Одеса : Вид-во «ТЭС». 2003. 246 с.

64. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем: навчальний посібник. Київ: КНТ. 2007. 344 с.

65. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1982. 424 с.

66. Полевой А.Н., Кульбіда Н.І. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине. Метеорологія, кліматологія и гідрологія, Одесса, 2001. Вип. 43. С. 128-135.

67. Агроклиматический атлас Украинской ССР / под ред. С.А. Сапожниковой. Киев : Урожай, 1964. 36 с.

68. Каринг П.Х. Агрометеорологическая оценка и методы использования ресурсов и микроклимата в сельском хозяйстве: автореф. дис. докт. дисс. Ленинград, 1991. 64 с.

69. Краткий агроклиматический справочник Украины / под ред. К.Т. Лавинова. Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. 256 с.

70. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. Москва : Колос. 1975. 256 с.

71. Cline, William R. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics), 2007.

72. Meenakshi Sushma. Improved heat tolerance and drought resistance help millet fight climate change. Down To Earth, 2017.

73. Elodie Blanc. The Impact of Climate Change on Crop Yields in Sub-Saharan Africa. American Journal of Climate Change, 2012, no.1, 1-13 pp.

74. Tirthankar Bandyopadhyay, Mehanathan Muthamilarasan, Manoj Prasad. Millets for next generation climate-smart agriculture. Front. Plant Sci, 2017.

75. Kole, C., Muthamilarasan, M., Henry, R., Edwards, D., Sharma, R., Abberton, M. Application of genomics-assisted breeding for generation of climate resilient crops: progress and prospects. Front. Plant Sci, 2015.

76. Amadou I.,Gounga ME., Le GW. Millets: nutritional composition, some health benefits and processing - a review. Emir. J. Food Agric, 2013. No.25, 501–508 pp.

77. Li P., Bruthell TR. *Setaria viridis* and *Setaria italica* , model genetic systems for the panicoid grasses. J. Exp. Bot. No.62, 3031–3037 pp.

78. Muthamilarasan M., Prasad M. Advances in *Setaria* genomics for genetic improvement of cereals and bioenergy grasses. Theor. Appl. Genet, 2015. No.128, 1–14 pp.

79. Корзун О.С., Анохина Т.А., Кадыров Р.М., Кравцов С.В. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография. Гродно: ГГАУ, 2011. С. 6.

80. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Київ : КНТ, 2007. 344 с.