

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний
центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: спеціаліст

на тему: **Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв**
кукурудзи в Закарпатській області

Виконала студентка групи А-63
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
спеціалізації «Агрометеорологія»
Опря Поліна Михайлівна

Керівник к.геогр.н., доцент
Вольвач Оксана Василівна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти _____
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів _____
Рівень вищої освіти _____ спеціаліст _____
Спеціальність 103 «Науки про Землю», спеціалізація «Агрометеорологія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

_____ Польовий А.М.
“ 13 ” березня 2017 року

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

_____ Опря Поліні Михайлівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв кукурудзи в Закарпатській області» _____

керівник проекту Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «16» січня 2017 року №3 -«С»

2. Строк подання студентом проекту _____ 1 червня 2017 р. _____

3. Вихідні дані до проекту середньобагаторічна метеорологічна та агрометеорологічна інформація по чотирьом станціям Закарпатської області, дані про фенологію кукурудзи, часові ряди середньообласної урожайності кукурудзи з 1996 по 2016 рр. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості території Закарпатської області; ознайомитись з методологією розрахунків еталонних врожаїв за Тоомінгом; вивчити біологічні особливості кукурудзи, вимоги культури до умов навколишнього середовища; проаналізувати динаміку врожайності кукурудзи на території Закарпатської області, визначити тенденцію за допомогою методу гармонійних зважувань, провести аналіз кліматичної складової урожайності кукурудзи; провести ймовірнісний аналіз урожайності; розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду гороху по станціям, а також суми ФАР за вегетаційний період кукурудзи; розрахувати еталонні урожаї кукурудзи, порівняти їх з виробничими урожаями. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки динаміки урожайності кукурудзи, лінії тренду та відхилень від тренду; ймовірнісні криві урожайності кукурудзи.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання, формування бази даних для виконання проекту. Оформлення текстової частини першого та другого розділів дипломного проекту.	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р.	90,0	відмінно
2	Аналіз динаміки урожайності за методом гармонійних зважувань. Аналіз кліматичної складової врожайності. Ймовірнісний аналіз урожайності кукурудзи.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	80,0	добре
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	85,0	добре
3	Написання текстової частини третього розділу.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90,0	відмінно
4	Розрахунки еталонних врожаїв кукурудзи на досліджуваній території. Аналіз еталонних урожаїв кукурудзи.	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Написання текстової частини четвертого розділу. Оформлення висновків, здача проекту керівнику на перевірку.	07.05.2017 р.- 28.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Виправлення помилок, дооформлення проекту. Підготовка доповіді та презентації.	29.05.2017 р.- 01.06.2017 р.	85,0	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		87,5	

Студентка

(підпис)

Опря П.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Вольвач О.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Фізико-географічна характеристика	9
1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови.....	9
2 МОРФОЛОГІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУКУРУДЗИ.....	13
2.1 Морфологічні особливості культури.....	21
2.2 Вимоги кукурудзи до факторів навколишнього середовища.....	21
2.2.1 Відношення кукурудзи до тепла.....	23
2.2.2 Відношення кукурудзи до вологи.....	23
2.2.3 Відношення кукурудзи до світла.....	25
2.2.4 Відношення кукурудзи до ґрунтів та мінерального живлення.....	27
2.2.5 Сучасні гібриди і сорти кукурудзи.....	29
3 ЧАСОВА МІНЛИВОСТІ ВРОЖАЇВ КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТТЯ.....	31
3.1 Складові мінливості врожаїв та їх кількісна оцінка.....	34
3.2 Дослідження динаміки урожайності кукурудзи та її кліматичної складової в Закарпатській області.....	34 39
3.3 Ймовірнісна оцінка врожаїв кукурудзи.....	45
4 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ЕТАЛОННИХ УРОЖАЇВ КУКУРУДЗИ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	50
4.1 Метод еталонних урожаїв Х. Г. Тоомінга	50
4.2 Методи оцінки радіаційно-світлових ресурсів територій.....	52
4.3 Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв кукурудзи в Закарпатській області.....	57
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	66

ВСТУП

Кукурудза - одна з найбільш поширених сільськогосподарських культур. Її світове виробництво постійно зростає: з 2004 по 2014 рік воно збільшилося з 600 до 992 млн т. Якщо на шляху поширення кукурудзи не виникнуть рукотворні обмеження, то вона має всі шанси стати культурою XXI століття [1]. Кукурудзу на зерно вирощують в основному в теплих регіонах світу. Однак завдяки селекції ранньостиглих гібридів вона просунулась і в більш північні регіони Європи.

США є світовим лідером із валового збору та врожайності кукурудзи на зерно. У 2015 р. у цій країні зібрали 361 млн. т (36,4% загальносвітового урожаю цієї культури), отримавши у середньому 107,3 ц/га. Також багато кукурудзи на зерно виробляється у Китаї – близько 216 млн. т у 2015 р., в Бразилії – 85 млн. т, в ЄС – 76 млн. т, і замикає п'ятірку лідерів Україна – 28,5 млн. т [2].

Кукурудза має різні напрями використання: продовольчий, кормовий, технічний, в тому числі і для виробництва біогазу й електроенергії.

У країнах світу для продовольчих потреб використовується приблизно 20 % зерна кукурудзи, для технічних 15 - 20 %, на корм худобі 60 - 65 %.

У нашій країні кукурудза є найважливішою кормовою культурою. За її рахунок тваринництво забезпечується концентрованими кормами, силосом і зеленою масою.

Найбільш цінний корм - зерно кукурудзи, яке містить 9 - 12 % білків, 65 - 70 % вуглеводів, 4 - 8 % олії, 1,5 % мінеральних речовин. У вигляді кормового борошна, висівок воно добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин, тому є незамінним компонентом комбікормів. Використовують зерно на корм також силосуванням качанів у фазі молочно-воскової стиглості, яке за поживністю мало поступається зерну повної стиглості. Із подрібненого зерна вологістю близько 25 % разом з подрібненими стрижнями качанів виготовляють зерно-стрижневу кормову масу, а тільки з

подрібненого зерна з такою самою вологістю - такий новий вид корму, як корнаж.

Кукурудза на зерно за середньої врожайності 60 ц/га разом з побічною продукцією (стеблами, листками) забезпечує вихід з 1 га понад 6,5 тис. кг корм. од. і до 400 кг перетравного протеїну (що дорівнює 75 тис. МДж обмінної енергії). Це значно більше порівняно з іншими зерновими культурами [3].

Проте кукурудза містить недостатню кількість перетравного протеїну - від 60 - 65 г у силосі до 75 - 78 г у зерні на 1 корм. од. при нормі 110 - 120 г. Тому при згодовуванні тваринам тільки однієї кукурудзи вони погано засвоюють інші органічні речовини (вуглеводи, жири). Крім того, у складі білків кукурудзи замало незамінних амінокислот (лізіну, метіоніну, триптофану та ін.), тому годівля тварин лише кукурудзою спричинює порушення в організмі тварин обміну речовин і різке зниження їх продуктивності. Щоб збалансувати раціон за протеїном, тваринам згодовують кукурудзу у суміші з бобовими кормовими культурами, в яких на 1 корм. од. припадає 130 - 250 г перетравного протеїну з достатньою кількістю незамінних амінокислот.

З давніх часів людина використовує кукурудзу як продовольчу культуру. Кукурудзяне борошно широко використовують у кондитерській промисловості - для виготовлення бісквітів, печива, запіканок. Із зерна виробляють харчові пластівці, повітряну кукурудзу, крупу. Причому за вмістом білків (12,5 %) кукурудзяна крупа переважає інші крупи (пшоно, ячмінну, гречану) [3].

Із зерна виробляють харчовий крохмаль, сироп, цукор, мед. Вживають у їжу недостигле зерно, особливо цукрової кукурудзи, у вигляді варених качанів. Із зародків зерна добувають рослинну олію, яка є не тільки висококалорійним продуктом харчування, а й має лікувальні властивості: містить лецитин, який знижує вміст холестерину в крові і запобігає атеросклерозу [3].

Кукурудза – цінна сировина не тільки для АПК, але і для інших галузей економіки, оскільки при повній і комплексній її переробці отримують більше 500 видів різних продуктів [1].

Кліматичні та погодні умови суттєво впливають на сільськогосподарське виробництво. Вони значною мірою визначають врожаї сільськогосподарських культур, якість сільськогосподарської продукції, витрати на її виробництво, особливості агротехнічних і технічних заходів, територіальну спеціалізацію. Природні ресурси (запаси) зазвичай відносять до певної території (адміністративним, природним підрозділам). При оцінці ресурсів враховується можливість їх використання за технологічними умовами виробництва.

Тому становить інтерес дослідження врожаїв кукурудзи різних агроекологічних категорій на території Закарпатської області. У даному дипломному проекті поставлені і вирішуються такі завдання:

1. Оцінити динаміку врожайності кукурудзи на території Закарпатської області за допомогою методу гармонійних вагів.
2. Оцінити сумарну ймовірність можливих врожаїв в окремі роки щодо сеєредньобагаторічних значень.
3. Виявити географічні особливості розподілу ФАР і показників зволоження на території Закарпатської області.
4. Оцінити потенційно можливі і дійсно можливі врожаї кукурудзи за фізико-статистичною моделлю Х. Тоомінга.
5. Визначити ступінь сприятливості клімату та ефективності його використання посівами кукурудзи в Закарпатській області.

Для виконання поставлених завдань в дипломному проекті використовувалися середньобагаторічні метеорологічні та фенологічні спостереження трьох станцій Закарпатської області (Берегово, Ужгород, Хуст) за період з 1986 по 2005 роки. Також використовувалися ряди середньообласної врожайності кукурудзи.

**1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА
ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ
ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

1.1 Фізико-географічна характеристика

Закарпатська область розташована в південно-західній частині України, між $47^{\circ}57'$ і $49^{\circ}05'$ північної широти та $22^{\circ}08'$ і $24^{\circ}37'$ східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 187 км, з півночі на південь – 129 км. Загальна площа області дорівнює 12,9 тис. км². На північному сході Закарпатська область межує зі Львівською та Івано-Франківською областями, на півдні – з Румунією, на південному заході – з Угорщиною, на заході – із Словаччиною, на північному заході – з Польщею.

Рельєф. Майже 80 % площі Закарпатської області займають Карпатські гори і менше 20 % Закарпатська (Притисянська) низовина. Українські Карпати в межах області простягаються з північного заходу на південний схід у вигляді повздовжніх ланцюгів хребтів та міжгірних долин. Середня висота хребтів від 700 до 1500 м.

Найвищим в Українських Карпатах є центральне пасмо гір, утворене Полонинським хребтом, масивами Свидовець і Чорногора. Полонинський хребет тягнеться від р. Уж до р. Тересва. У цьому напрямку висота гір змінюється від 1200 до 1500 м. Продовженням Полонинського хребта на сході є масив Свидовець з найвищою вершиною Близниця (1883 м).

На південний схід від Свидовця між Чорною і Білою Тисою лежить Чорногірський масив. Це найвища частина Закарпаття й України. Тут знаходяться найвищі вершини Українських Карпат – гори Говерла (2061 м), Бребенескул (2032 м), Піп Іван Чорногірський (2022 м), Петрос (2020 м).

Південніше Свидовця і Чорногори лежать Рахівські гори, або Гуцульські Альпи. Найвища вершина – гора Піп Іван Мармароський (1936 м).

На північ від Полонинського хребта лежить Верховинський хребет, який р. Ріка розділяє на масиви Бескиди і Горгани. Найвищі вершини

Горган – гори Братнівська (1788 м) та Попадя (1742 м). Бескиди мають нижчі висоти – 1000-1300 м. Верховинський хребет є головним вододілом Карпатських гір. Верховинський хребет відділяє від Полонинського Верховинська долина, а від Свидовця і Чорногори – Ясинська улоговина.

На південь від Полонинського хребта лежить Тур'я -Боржавська долина, яка відділяє його від Вигорлат-Гутинського вулканічного хребта. Найвища вершина – гора Боржава (1085 м.).

Південно-західну частину області займає Закарпатська (Притисянська) низовина, яка є частиною Середньодунайської рівнини. Поверхня низовини в основному плоска –100-120 м над рівнем моря. На північний схід від м. Берегове піднімається Берегівське вулканічне горбогір'я з висотами 180-367 м. Окремі вулканічні гори простягаються на південний схід від Мукачево та на схід від Виноградова (Чорна гора висотою 565 м) [4].

Гідрографія. На території області протікає 9277 річок довжиною менше 10 км, 152 річки довжиною понад 10 км. Ріки області відносяться до басейну Тиси. Майже всі вони починаються в горах і протікають з північного сходу на південний захід. Це правобережні притоки Тиси: Тересва, Тербля, Ріка, Боржава, Біла Тиса, Косівська, Шопурна. Річки Уж і Латориця впадають в р. Лаборець і Бодрог на території Словаччини.

Річки Закарпаття мають змішаний тип живлення: снігово-дощове – взимку і навесні, дощове – влітку та восени, підземне – протягом року. Найвищий рівень води в річках спостерігається під час танення снігу в Карпатах з одночасним випадінням інтенсивних і тривалих дощів.

Паводки різної висоти формуються на річках Закарпаття в середньому 6-8 разів за рік. Особливо загрозливі вони бувають, коли у передпаводковий період встановлюється підвищена водність. Такими були катастрофічні паводки у листопаді 1998 р. та березні 2001 р.

На теплий період року припадає 65 % паводків від загальної кількості їх впродовж року і менше 35 % припадає на холодний період. Але за величиною максимальних витрат води зимові паводки переважають літні.

Озер на території Закарпаття 137, але всі вони невеликі. Загальна площа їх водного дзеркала становить 3,7 тис.км². Найбільше озеро Українських Карпат – Синевірське, яке виникло у верхів'ї р. Терєбля внаслідок гірського завалу на висоті 989 м, площею 7 га та глибиною 24 м. Високогірні озера льодовикового походження – Верхнє, Нижнє, Бребенескул, Несамовите. У кратерах згаслих вулканів розташовані озера Липовецьке, Синє, Ворочівське.

В області є близько 30 невеликих ставків і водосховищ. Найбільше водосховище знаходиться на р. Терєбля поблизу села Вільшани з площею водного дзеркала 155 га та об'ємом 234 млн.м³ [4].

Ґрунти області характеризуються значною просторовою неоднорідністю та різноманітністю. У нижченаведеній довідковій таблиці вміщено номенклатурний перелік типів ґрунтів, а також абсолютні і відносні показники загальної площі кожного типу ґрунту (табл. 1.1).

Ґрунтоутворюючі породи області характеризуються досить великою різноманітністю, а в гірській частині – строкатістю залягання. За літологічним складом та характером генезису їх можна об'єднати у чотири групи : алювіальні відкладення, алювіально-делювіальні, елювіально-делювіальні відкладення магматичних порід і елювіально-делювіальні відкладення карпатського флішу.

Процеси ґрунтоутворення мають значні відмінності в гірській і рівнинній частині області. Ґрунти в гірських районах мають незначну потужність. У рівнинній частині вони утворюються як на давніх, так і на сучасних руслових відкладеннях. Неглибоке залягання ґрунтових вод сприяє їх оглеєнню, а наявність лісу – опідзоленню [4].

Для ґрунтів гірської частини області характерна вертикальна поясність. Найпоширенішими є бурі гірсько-лісові ґрунти (буроземи). Вони вкривають схили гір до висоти 1100-1500 м у межах лісового поясу. Верхня частина ґрунту – це лісова підстилка (2-8 см). Гумусовий горизонт неглибокий (12-25 см.)

Таблиця 1.1 – Характеристика ґрунтового покриву Закарпатської області [4]

Тип ґрунту	Загальна площа,	
	тис.г а	%
Дернові ґрунти	135,2	23,1
Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти на давньоалювіальних породах	9,2	1,6
Лучні ґрунти на алювіальних відкладеннях	14,1	2,4
Лучно-болотні ґрунти на алювіальних відкладеннях, в тому числі лучно-болотні	3,4	0,6
Болотні і торфувато-болотні ґрунти на алювіальних відкладеннях	0,8	0,1
Торфовища	0,04	0,01
Лучно-буроземні ґрунти на алювіально-делювіальних відкладеннях	11,6	2,0
Дерново-буроземні ґрунти на різних породах	105,8	18,1
Буроземно-підзолисті ґрунти	61,4	10,5
Бурі гірсько-лісові ґрунти	236	40,3
Гірські лучні ґрунти на елювії-делювії щільних порід	7,9	1,3

На пологих схилах гір і на високих терасах рік поширені буроземно-підзолисті ґрунти. Гумусовий горизонт залягає до глибини 15-20 см. На висотах понад 1200-1500 м залягають гірсько-лучно-буроземні ґрунти полонин.

На території Закарпатської низовини найпоширенішими є дерново-підзолисті, дернові, лучні та болотні ґрунти. Вони утворюються на відкладеннях алювіального та делювіального походження. Дерново-підзолисті ґрунти займають підвищені ділянки під лісовою рослинністю.

Дернові ґрунти сформувались на надзаплавних терасах Тиси і її приток. Поділяються на такі відмінності: дерново-опідзолені глейові та дерново-глейові. Найкращими за своїми фізичними властивостями є дернові ґрунти, які утворились у заплавах Тиси і Латориці на піщаних і супіщаних річкових відкладеннях [4].

1.2 Кліматичні та агрокліматичні умови

Закарпатська область відноситься до області континентально європейського клімату, що визначається географічним положенням та особливостями орографії. Клімат Закарпатської області формується в результаті складної взаємодії радіаційних умов, циркуляції атмосфери та рельєфу. Карта-схема розташування метеостанцій Закарпатської області представлена на рис. 1.1 [4].

Радіаційний режим території характеризується значеннями річного ходу прямої, розсіяної та сумарної радіації, радіаційного балансу й альbedo. На території області найбільші значення радіації припадають на липень, найменші - на грудень. Річні значення сумарної радіації на низовині майже на 16% більші, ніж у гірських районах. Максимальна сума радіаційного балансу спостерігається переважно в липні, але і в травні та червні він вже досить великий. У ці три місяці на долю радіаційного балансу припадає 50-60% місячної суми сумарної радіації. Період з додатним радіаційним балансом триває в Закарпатській області десять місяців. Із загальної кількості тепла, яку отримує поверхня області, найбільша кількість витрачається на випаровування, що свідчить про високу зволоженість [5].

Термічні умови. Зима коротка, м'яка, нестійка, у низинно-передгірних районах з частими відлигами. Літо помірно тепле та вологе. Середня температура повітря за рік в низинно-передгірних районах області становить 8,5-10,4 °C, у гірських долинах -5,8-7,8 °C, на найвищих горах (1100-1400 м) – близько 3 °C.

Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить в низинно-передгірних районах мінус 1,2-2,4 °C, в гірських долинах – мінус 2,8-4,4 °C, на високих горах – мінус 5,8 °C. Середня температура липня

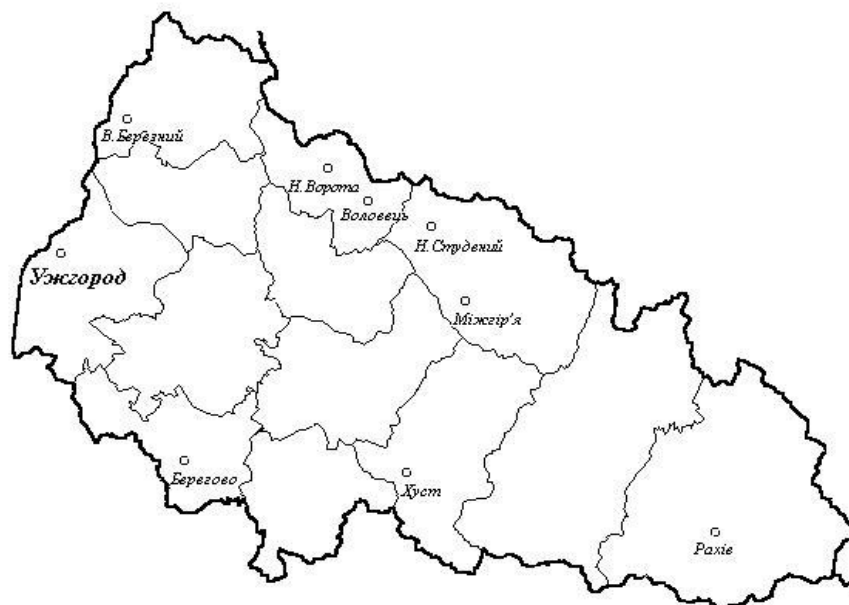


Рисунок 1.1 - Карта-схема розташування гідрометеорологічних станцій Закарпатської області [4]

(найтеплішого місяця) становить в низинно-передгірних районах $19,1-21,4^{\circ}\text{C}$, в гірських долинах – $16,2-18,3^{\circ}\text{C}$, на високих горах – $11,7^{\circ}\text{C}$.

Абсолютний мінімум температури повітря в низинно-передгірних районах відмічався у січні 1987 року і становив $30,7^{\circ}\text{C}$ морозу (Великий Березний), в гірських долинах – $29,5^{\circ}$ морозу (Нижні Ворота), абсолютний максимум $37,5^{\circ}\text{C}$ тепла відмічався у серпні 2000 року (Берегове).

Зимовий період у низинно-передгірних районах триває 71-81 днів – з 28 листопада –2 грудня до 11-20 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік потепління та починається весна, в гірських долинах зимовий період триває 91-110 днів – з 20-27 листопада до 23 лютого-10 березня.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває в низинно-передгірних районах 229-241 днів, починається в середньому 17-25 березня і закінчується 9-14 листопада, у гірських долинах вегетаційний період триває 198-219 днів, з 29 березня–11 квітня і закінчується 26 жовтня –3 листопада. Сума позитивних температур повітря

вище $+5^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від 3100°C в передгірних до 3640°C у низинних районах, у гірських районах – від 2340 до 2880°C .

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває в середньому в низинно-передгірних районах 174-192 днів, починається 13-18 квітня і закінчується 9-13 листопада, у гірських районах – 140-170 днів, починається 24 квітня – 8 травня і закінчується 25 вересня – 11 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10°C за цей період змінюється від 2700°C у передгірних до 3240°C у низинних районах, у гірських районах – від 1920°C до 2540°C .

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і вище), триває в низинно-передгірних районах 111-138 днів – з 8-19 травня до 7-23 вересня, у гірських районах – 67-98 днів, з 28 травня – 13 червня до 24 серпня – 2 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15°C за цей період змінюється від 1910°C в передгірних до 2590°C у низинних районах, у гірських районах – від 1115°C до 1650°C [4].

Значення вертикальних температурних градієнтів зумовлюють не тільки різниці висот над рівнем моря, але й експозиції схилів, і форма рельєфу. Якщо висоти незначні, то останні два фактори часто є вирішальними. Взимку в долинах, улоговинах вертикальний градієнт від'ємний, наявні інверсії температури (підвищення температури повітря з висотою). Таким чином, у горах помітні зміни температури, що приводить до формування певних мікрокліматичних особливостей, знання яких необхідне для ведення сільського господарства.

Мікрокліматичні особливості виноградних районів Закарпаття досить детально вивчав О.В. Шахнович. Найбільш сприятливі для вирощування винограду південні схили з терасами на висоті 150-250 м, а також амфітеатри, спрямовані на південь. Вище та нижче цього поясу умови для вирощування теплолюбних сільськогосподарських культур і винограду погіршуються, бо долини, підніжжя гір, плоскі високі вершини, північні

схили мають меншу теплозабезпеченість періоду вегетації і низькі мінімальні температури [5].

Режим зволоження. Опади по території області розподіляються нерівномірно – від 670 мм до 1210 мм. У низинних районах річна кількість опадів становить 670-730 мм, у передгірних – 860-1060 мм, у горах – до 1210 мм. За холодний період року (листопад-березень) випадає в низинно-передгірних районах в середньому 230-450 мм, а за теплий (квітень-жовтень) – 440-600 мм; в гірських районах відповідно – 350-480 мм та 700-740 мм. Близько 60 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Режим зволоження території області створює позитивний баланс вологи в ґрунті.

Помірна атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою в період активної вегетації сільськогосподарських культур (ГТК становить 0,7–1,2), має ймовірність 90 % на рівнинній частині території області.

Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень–жовтень) по області коливається від 61 % весною до 84 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить від 5 до 39 днів, в окремі роки (1997, 1998 р.) у південних районах низинної зони до 78 днів (Берегово) [4].

Сніговий покрив та снігові лавини. Сніговий покрив утворюється в низинно-передгірних районах у другій декаді грудня, а руйнується в третій декаді лютого– першій декаді березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму в низинно-передгірних районах становить 42-77 днів, середня висота снігу за зиму – 5-17 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 28–65 см. У гірських районах сніговий покрив утворюється наприкінці листопада – на початку грудня, а руйнується у другій–третьій декадах березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму в гірських районах становить 94-115 днів, середня висота снігу за зиму – 9-22 см, тоді як максимальна висота снігу в окремі роки

досягає 35-116 см, на високогір'ї сніг утримується майже п'ять місяців (Сніголавинна станція Плай, 1330 м.) [4].

Інтенсивні переважно південно-західні вітри зумовлюють істотний перерозподіл снігових мас, що регулярно переносяться здебільшого на північні та східні схили гірських масивів, де утворюється особливо потужне (2-3 м) снігове покриття (С.М. Стойко, П.Р. Третяк, 1979). Надмірне снігонагромадження зумовлює виникнення снігових лавин і тривале залягання потужних снігових тіл - сніжників. Активізація снігових лавин приурочена переважно до крутих (30-40°) пригребених схилів і дуже крутих (більше 40°), нерідко скелястих стінок польодовикових карів, вкритих лучною та дрібночагарниковою рослинністю.

В умовах м'якого і вологого клімату й інтенсивної дії вітрів у Карпатах часто виникають лавини зі свіжого та навіяного снігу, які бувають після інтенсивних снігопадів і хуртовин, а також мокрі лавини, що утворюються під час відлиг. Трапляються також випадки обвалів снігових карнизів на гребенях хребтів. Об'єми зафіксованих лавин становлять від 5 до 100 тис. м³ снігу. Діяльність лавин на території Закарпаття спостерігається щорічно, проте особливо вона проявляється в багатосніжні роки. Наприклад, у березні 1968 р. у Чорногорі зійшла лавина об'ємом 200-300 тис. м³ [5].

Агрокліматичне районування. За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Закарпатської області можна поділити на три райони: низинний, передгірний та гірський. Карту-схему агрокліматичного районування Закарпатської області представлено на рис. 1.2, а легенду до неї – у табл. 1.2.

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються в низинно-передгірних районах на початку першої декади жовтня, у гірських – наприкінці першої декади вересня; останні весняні в низинно-передгірних

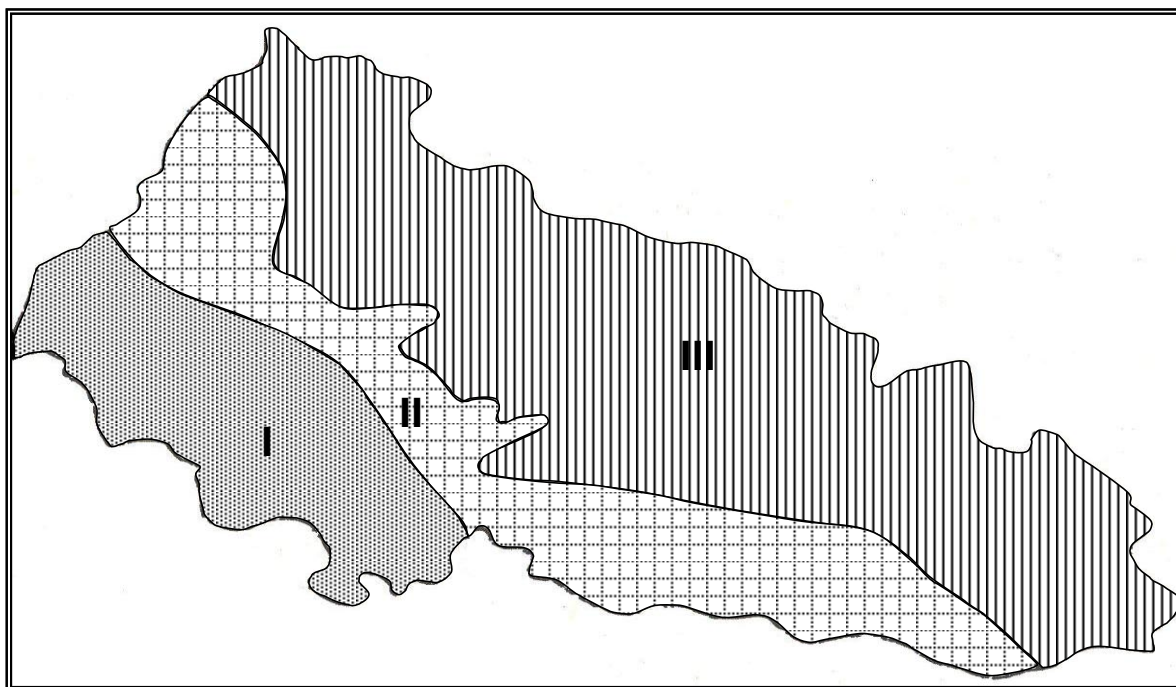


Рисунок 1.2 - Карта-схема агрокліматичного районування
Закарпатської області [4]

I – рівнинний район; II – передгірський район; III – гірський район

районах – у першій декаді травня, у гірських районах – в кінці третьої декади травня – на початку першої декади червня.

Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано в низинно-передгірній зоні 24 травня 2004 р., у гірських долинах – 6 червня 2001 року, а на ґрунті в низинно-передгірних районах – 26 травня 1997 року, у гірських районах – 19 червня 2000 року.

Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі спостерігався в низинно-передгірній зоні 26 вересня 1986 року, у гірських районах – 3 вересня 1992 року, а на ґрунті в низинно-передгірних районах – 9 вересня 1991 року, у гірських районах – 2 вересня 1987 року.

Середня тривалість беззаморозкового періоду в низинно-передгірній зоні в повітрі становить 175-196 днів, у гірських районах – 137-175 днів, на поверхні ґрунту в низинно-передгірній зоні – 164- 174 дні, у гірських районах – 132-162 дні.

Таблиця 1.2 – Показники агрокліматичного районування
Закарпатської області [4]

Агрокліматичні райони	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	Сума позитивних температур повітря вище 10 °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Рівнинний, достатнього теплозабезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	3300 – 3400	400 – 450	1,1 – 1,2
II. Передгірський, достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	3200 – 3300	450 – 500	1,3 – 1,4
III. Гірський, недостатнього теплозабезпечення, надлишкового зволоження	1850 – 2750	500 – 550	1,8 – 2,8

У вегетаційний період на території низинно-передгірних районів спостерігається від 3 до 7 днів із суховіями різної інтенсивності.

Серед несприятливих для сільськогосподарських культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігаються град, сильний вітер, дуже сильні дощі та зливи, затоплення паводковими водами сільськогосподарських угідь у заплавах рік.

Середня глибина промерзання ґрунту в низинно-передгірних районах за зиму становить 7-12 см, максимальна глибина промерзання 39 см відмічалася у 1996 р.; в гірських районах середня глибина промерзання ґрунту становить 10-14 см, а максимальна глибина 50 см відмічалася у 1996 р.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см в низинно-передгірних районах за зиму становить мінус 1,5-2,7°C. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см відмічалася у 1986 р. і становила мінус 10,0°C.

Взимку, зазвичай, спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень – лютий в низинно-передгірних районах коливається від 45 до 58. Відлиги, які тривають більше 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин [4].

2 МОРФОЛОГІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ

2.1 Морфологічні особливості культури

Кукурудза (*Zea mays*) належить до родини злакових (*Gramineae*). За своїми морфологічними та біологічними особливостями вона значно відрізняється від зернових культур першої групи (пшениці, жита та інш.).

Рослина закріплена в ґрунті мичкуватим і опірним корінням, яке поглинає вологу та поживні речовини. Основна маса коріння розміщується в орному шарі ґрунту, однак деякі корені заглиблюються в ґрунт на глибину до 2,5-3,0 м. Мичкувата коренева система поширюється в діаметрі на відстань 1 м навколо стебла [6, 7].

Стебло кукурудзи - вузлувата соломину, висотою до 2-3 м (існують форми до 9 м) і діаметром 2,0-4,5 см. В основі кожного міжвузля знаходяться бруньки, спроможні формувати бічні пагони, на кінці яких можуть розвиватися качани.

Із зовнішньої частини соломини розміщені судинно-волокнисті провідні пучки, із середини вона виповнена губчастою серцевиною. Ріст стебла припиняється в період закінчення цвітіння. Залежно від сортових особливостей і умов вирощування на стеблі кукурудзи утворюються від 10 до 40 вузлів і міжвузлів.

Листок кукурудзи до 80 см завдовжки і до 10 см завширшки. Він складається з листової пластинки, піхви та схожої на комір лігули (листового язичка). Пластинки стають тоншими в напрямку від центральної жилки до країв і звужуються від основи до верхівки. Кінці пластинки охоплюють стебло двома вушками. Верхня сторона листка опушена [6].

Від положення листків на рослині залежить взаємне затемнення і інтенсивність фотосинтезу. Оскільки качан забезпечується асимілятами насамперед від листків, які перебувають безпосередньо під ним, дуже важливо, щоб відбувалася повна інсоляція його поверхні. З цією метою селекціонерами створені «геліотропні» форми кукурудзи [7].

Сорти кукурудзи, що мають різну тривалість вегетаційного періоду, розрізняються і по кількості листя. Зазвичай, чим скоростигліші сорти, тим

менше формується вузлів, отже, тим менше і кількість листя. Так, скоростиглі сорти мають по 8 - 10 листків, сорти центральної та лісостепової зон - 13-15, степової зони - 16-20, пізньостиглі сорти - по 30 - 40 і більше листя [8].

Кукурудза - однодомний вид, тобто чоловічі та жіночі квітки утворюються на одній рослині. Чоловічі квітки зібрані в суцвіття - волоть - на верхівці стебла; у волоті п'ять або більше гілок, кожна з яких містить сотні колосків. Колосок складається з двох квіткових лусок і трьох тичинок [6]. У волоті формується 4-10 млн. зерен пилку [7].

Жіночі суцвіття зібрані в колосоподібні суцвіття - качани - на кінцях бічних пагонів, які виходять з пазух листків. Кожен качан вкритий листям обгортки, у якої зверху звішуються довгі пусті стовбці маточок, які називають «шовком». Ці стовбці ведуть до зав'язі квіток, заглиблених у м'язисту вегетативну вісь суцвіття.

На одній рослині, як правило, розвиваються один-два, рідше три качани. Середня маса стиглого качана - 250-300 г. Жіночі колоски в качані розміщуються вертикальними рядами, їх кількість варіює в межах від 200 до 800 шт. на одне суцвіття. Кількість рядів зерен завжди парна, здебільшого становить 10-16 рядів. Кожен колосок містить дві квітки, із яких розвивається одна. Маса 1000 зерен у середньому становить 250-350 г. Форма зерна залежить від сорту й щільності розміщення рядів. Зернівки бувають жовтого, білого або помаранчевого кольору. Вихід зерна становить 75-85 % від маси качана [6].

Зерна перебувають на качанах у попарно розташованих рядах по 25 - 30 на стрижні. Власне, разом вони і утворюють качан, що огортається обгортками. Діаметр стрижня і його частка в сухій масі качана значно коливаються залежно від сорту (гібриду). Стигле зерно кукурудзи складається із трьох основних частин: насінної шкірки - перикарпу (близько 6%), ендосперму (близько 84%) і зародка (близько 10%). За формою зерна

розрізняються такі групи: зубовидна, кремениста, дрібнонасінна, цукрова, крохмалиста, восковидна і плівчаста.

Сучасні гібриди кукурудзи - це переважно гібриди зубовидної і кременистої форм, які набули найважливішого значення в усьому світі [7].

Кукурудза зубоподібна відрізняється від інших заглибленням на верхівці зрілої зернівки. За формою зернівка нагадує зуб. Її ендосперм містить приблизно порівну склоподібного і борошнистого крохмалю. Склоподібний ендосперм розміщується по боках, борошнистий - у центральній частині та верхівці зернівки. Під час висихання борошнистий ендосперм зменшується, «усихає», через що на верхівці зернівки утворюється заглиблення. Цей підвид є основним, найбільш поширеним у кукурудзяному поясі США. Це також найпоширеніший підвид в Україні.

У кременистої кукурудзи заглиблення на верхівці зерна відсутнє, її ендосперм майже повністю складається з твердого (склоподібного) крохмалю. Цей підвид відрізняється скоростиглістю і найвищим умістом білка в зерні. За посівними площами в Україні займає друге місце після зубоподібної кукурудзи.

Форма зерна залежить в основному від стану ендосперму, тобто розподілу рогоподібної і борошнистої консистенцій. Розмір зерен коливається по формах від 2,8 мм у дрібнонасінної кукурудзи до 25 мм у крохмалистої. Відповідно відрізняється й маса тисячі зерен (від 50 до 1200 г) [7].

2.2 Вимоги кукурудзи до факторів навколишнього середовища

2.2.1 Вимоги кукурудзи до тепла

Агрокліматичні умови території України неоднорідні, тому виділяють чотири зони для кукурудзосіяння: Степ, Лісостеп, Полісся, гірські райони Карпат та степний Крим. Кожна зона має ґрунтові особливості, умови зволоження і температурний режим, які суттєво впливають на врожай. Період, коли кукурудза може активно розвиватися та накопичувати

органічну речовину, обмежений датою стійкого переходу середньодобової температури повітря через 10°C. Важливою особливістю теплового режиму кукурудзи є його тривалість у поєднанні із доброю вологозабезпеченістю.

Насіння кукурудзи починає проростати при температурі близько 8°C. Однак при такій температурі проростання йде дуже повільно, проростки загнивають і посіви зріджуються. Ю.І. Чирковим встановлено, що при запасах продуктивної вологи більше 15 мм у шарі ґрунту 0 – 10 см і температурі 11 – 12°C сходи кукурудзи з'являються через 20 – 25 днів, а при 18 – 22°C – через 6 – 8 днів [8].

Біологічним мінімумом для кукурудзи вважається температура 10 °C, нижче якої процеси зростання і розвитку рослин практично припиняються. Кількість листя, що утворюється на головній стеблині, є сортовою ознакою, пов'язаною з скоростиглістю сорту. Між кількістю листя що утворюється на головній стеблині, і сумою ефективних температур (вище 10 °C), що накопичується за цей період, існує стійкий зв'язок. Середня сума ефективних температур, що доводиться на один міжлистовий період, складає 30 ± 2 °C [8].

Високі температури (+25...+30°C) кукурудза до цвітіння витримує добре, але, якщо вони в період викидання волотей і появи стовпчиків качанів перевищують 30-35°C, різко порушується нормальний перебіг цвітіння і запліднення [9].

Оскільки зрілий пилок кукурудзи на противагу іншим рослинам не в змозі утворювати протейни, що захищають його від високих температур, висока температура і низька відносна вологість повітря в період цвітіння негативно впливають на запліднення.

Негативний вплив високих температур на запліднення спостерігається в період до 24 годин після випускання пилку. Цей вплив тим вищий, чим нижчою є відносна вологість повітря. Температури вище 40°C негативно діють на пилок [7].

Максимальна температура, за якої припиняється ріст кукурудзи,

становить $+45-47^{\circ}\text{C}$. Сума біологічно активних температур, необхідних для дозрівання скоростиглих гібридів, становить $1800-2000^{\circ}\text{C}$, середньоранніх і середньостиглих – $2300-2600^{\circ}\text{C}$, пізньостиглих – $3000-3200^{\circ}\text{C}$ [9].

Заморозки навесні не шкодять кукурудзі, якщо не ушкоджується точка росту. Осінні ж заморозки до рівня нижче мінус 4°C спричиняють відмирання рослин і зниження поживності корму. Високу потребу кукурудзи в теплі треба враховувати при визначенні строків сівби й збирання. Коливання врожайності кукурудзи по роках вирощування у північних регіонах більше залежать від суми температур, ніж від вологи [7].

2.2.2 Вимоги кукурудзи до вологи

За відношенням до вологи кукурудза порівняно посухостійка культура. На утворення 1 кг сухої речовини, вона витрачає 174-406 кг води. Потреба рослин у воді змінюється протягом вегетаційного періоду. Кукурудза добре переносить посуху до початку появи волотей, але якщо за 10 днів до їх появи і протягом 20 днів після появи спостерігається посуха, то врожайність значно знижується. Вона є досить посухостійкою культурою, за рахунок сильно розвиненої кореневої системи, яка з ґрунту вбирає багато вологи [9].

Важливо й те, що кукурудза в період найбільшої потреби у волозі утворює потужну кореневу систему, що проникає в глибокі шари ґрунту. Ця культура може поглинати вологу й через листки рослин. Незважаючи на великий об'єм борошністої частини зерна (зерно кукурудзи поглинає 32-40% вологи від своєї сухої маси), вологість ґрунту навесні звичайно є достатньою для набрякання й проростання насіння. Якщо ж верхній шар ґрунту сухий, то насіння висівають трохи глибше [7].

Нестача води на будь-якій стадії розвитку рослини кукурудзи може призвести до зменшення врожайності.

Після утворення на рослинах 8 - 9 листків і особливо з появою волоті потреби кукурудзи у волозі різко зростають. Найбільша потреба кукурудзи у волозі спостерігається в період інтенсивного росту і накопичення сухої

речовини, який триває близько 30 днів, починаючи за 10-14 днів до викидання волоті й до настання молочної стиглості зерна. Нестача вологи в цей критичний період, що часто супроводжується ще й повітряною посухою, призводить до в'янення рослин, висихання листків, зниження активності фотосинтезу й життєздатності пилку. У результаті знижується запліднення, що, у свою чергу, призводить до череззерниці й зменшення врожайності.

Нестача у фазі молочної стиглості є причиною передчасного наливу зерна, формування мілкого зерна у верхній частині качана і, як наслідок – до зниження урожаю [10].

У надмірно зволоженому ґрунті через поганий доступ повітря дуже повільно проростає насіння, що призводить до його загнивання; слабо розвивається коренева система; рослини погано засвоюють фосфор і погіршується їх білковий обмін; вони жовкнуть і дають низький урожай. Оптимальна для неї вологість ґрунту становить 70-80%НВ, що забезпечується випаданням улітку до 300 мм опадів.

Разом з тим надлишок вологи, зокрема близьке залягання ґрунтових вод, негативно впливає на розвиток кукурудзи. У надмірно зволоженому ґрунті через поганий доступ повітря дуже повільно проростає насіння, що призводить до його загнивання; слабо розвивається коренева система; рослини погано засвоюють фосфор і погіршується їх білковий обмін; вони жовкнуть і дають низький врожай. За надмірних опадів у період досягання та збирання врожаю качани ушкоджуються грибними хворобами, що призводить до зниження врожаю зерна і погіршення його якості [3].

Незважаючи на те, рослини кукурудзи ефективно використовують воду, вважається, що вона більш потерпає від вологісного стресу, ніж інші культури. Частково це зумовлено незвичайною структурою квіток, з окремими чоловічими та жіночими статевими органами, а частково тим, що всі суцвіття на одній рослині розвиваються в один і той же час. Якщо вологісний стрес відбувається під час їх розвитку, всі наступні фізіологічні процеси будуть порушені [11].

Кукурудза дуже чутлива до зрошення. Якщо вологість ґрунту під час росту і розвитку кукурудзи підтримується на рівні 70-80% найменшої вологості, то урожай зерна в степовій зоні збільшується в 3-3,5 рази у порівнянні з посівами, що знаходяться в умовах природного зволоження [12].

При вирощуванні кукурудзи на зрошенні поливи починають у фазі 8–11 листків і продовжують протягом 1,5–2 місяців, під тримуючи вологість ґрунту на рівні 70–75 % НВ. Поливна норма 400–500 м³ води на 1 га. У Степу в сухий рік поливають кукурудзу 3–4, в Лісостепу 2–3 рази. Після кожного поливу підсохлий ґрунт у міжряддях обов'язково розпушують [3].

2.2.3 Вимоги кукурудзи до світла

Навіть серед рослин, що засвоюють велику кількість світлової енергії, кукурудзі належить одне з перших місць. Цьому сприяє потужний розвиток асиміляційного листового апарату, що нерідко перевищує площу посіву в 3 – 5 разів, а в умовах поливного землеробства навіть більше.

Висока продуктивність кукурудзи обумовлена фізіологією фотосинтезу, великою площею листя, а також високою щільністю провідних пучків в них. Кукурудза належить до групи культур (в основному тропічного походження), які здійснюють асиміляцію вуглекислоти в процесі фотосинтезу за ефективною з енергетичної точки зору С₄ схемою. Це дає їй ряд істотних переваг у формуванні врожаю [11].

За даними Б.І. Гуляєва кукурудза має підвищений ККД ФАР (0,4-1,1% в порівнянні з 0,2-0,5% у пшениці). Приріст біомаси у кукурудзи становить 50-54 г / м² на добу, в той час як у рослин групи С₃ лише 34-39 г / м². Високий коефіцієнт поглинання енергії сонячної радіації забезпечується ще й тим, що листя рослин кукурудзи містять значно більшу в порівнянні з іншими культурами кількість хлорофілу. Це сприяє створенню за короткі терміни високого врожаю, що обумовлює вимогливість кукурудзи до умов освітленості. Оптимум становить 27-32 люкс при тривалості світлового дня

близько 12-14 годин.

Кукурудза - рослина короткого дня, найшвидше вона переходить у генеративну фазу розвитку при тривалості світлового дня в 8-9 годин. При тривалості світлового дня понад 12-14 годин вегетативна фаза й весь вегетаційний період подовжуються. Тому гібриди для північних регіонів вирощування кукурудзи повинні бути генетично пристосованими до умов довгого дня.

Один і той же гібрид утворює у північних районах більшу кількість міжвузлів і листків, ніж у південних [7].

Існує оптимальне співвідношення між розвитком листкової поверхні рослин, світловим режимом і продуктивністю рослин у посівах. Численні спостереження за кукурудзою дозволяють зробити висновок про те, що за сприятливих умов водопостачання та ґрунтового живлення оптимальною є площа листя 30-35 тис. м²/га [12].

За умов найбільш сприятливого світлового режиму відмічається й найбільш висока продуктивність рослин. При подальшому збільшенні листкової поверхні або згущенні посівів (а ці показники, як правило, взаємопов'язані) значно погіршується світловий режим, особливо середніх і нижніх листків; це знижує їх продуктивність, а в кінцевому рахунку і врожай.

За даними В.С. Цикова [13], оптимальна густота стояння рослин для ранньостиглих гібридів зернового напрямку становить у зоні Лісостепу 60-65 тис./га, середньоранніх – 55-60 тис./га, середньостиглих – 45-50 тис./га, середньопізніх – 30-35 тис./га. За даними урожайності зеленої маси, оптимальною для ранньостиглих гібридів є густота стояння рослин 120 тис. шт./га, для середньоранніх – 110-120 тис. шт./га, для середньостиглих – 90-100 тис. шт./га, а для середньопізніх – 90 тис. шт./га [14].

Значення світла, як найважливішого екологічного чинника не обмежується тільки його участю у фотосинтезі і тим самим у створенні врожаю рослин. Від світлового режиму залежить процес розвитку кукурудзи, що має істотне значення для селекційної практики та створення сортів,

найбільш адаптованих до конкретних умов середовища.

2.2.4 Вимоги кукурудзи до ґрунтів та мінерального живлення

Вимоги кукурудзи до ґрунтів перебувають у взаємозв'язку із кліматичними умовами. При обмеженій вологості суглинкові ґрунти, як більш вологоємні, краще підходять для кукурудзи, ніж піщані. У північних регіонах за нестачі тепла й за підвищеної вологості для вирощування кукурудзи більш придатні добре окультурені легкі суглинкові, супіщані й піщані ґрунти, які навесні швидше прогріваються.

Найкращі умови для росту й розвитку створюються на чорноземах. У північних регіонах вирощування кукурудзи перевагу варто віддавати полям, захищеним від вітру й розташованим на південних схилах, але для запобігання водній ерозії кут ухилу поверхні ґрунту не повинен перевищувати 5°. Непридатними для вирощування кукурудзи є холодні й перезволожені ґрунти, особливо в північних регіонах. У північних регіонах через небезпеку заморозків не можна вирощувати кукурудзу й на болотистих ґрунтах (табл. 2.1).

Вимоги кукурудзи вищі до рівня культури землеробства, ніж до типу ґрунту. Кукурудза росте на будь-яких ґрунтах при рівні їх рН не нижче 5,6 і не вище 7,2 (слабо кислі, ближчі до нейтральних ґрунти). При високій кислотності ґрунту врожайність зменшується і при $\text{pH} < 5,0$ це зменшення може складати 30%.

Важкі за гранулометричним складом ґрунти, та ті, що легко ущільнюються ґрунти, так само, як засолені і перезволожені у зв'язку з близьким заляганням ґрунтових вод, і ґрунти з підвищеною кислотністю менш придатні для обробітку кукурудзи. Щоб отримувати на таких ґрунтах високі стійкі врожаї зерна і зеленої маси, необхідна систематична робота з покращення цих ґрунтів [7].

Таблиця 2.1 - Вплив властивостей ґрунтів на їх придатність для вирощування кукурудзи [7]

Види ґрунтів	Позитивний вплив	Негативний вплив
Легкі, піщані	Швидке нагрівання навесні	Нестача вологи
Середні, суглинкові	Достатнє забезпечення водою й поживними речовинами	-
Важкі, глинисті	-	Повільне й недостатнє нагрівання, запливання
Болотисті	-	Повільне й недостатнє нагрівання, пізні заморозки
Вапняні й мергельні	Швидке нагрівання навесні	Нестача вологи

Кукурудза погано переносить засолені ґрунти, особливо в посушливі роки, коли концентрація ґрунтового розчину значно підвищується [10]. Слід уникати солонців, однак вміле гіпсування може зробити їх придатними для вирощування кукурудзи. Перевагу слід віддавати солонцюватим ґрунтам з більш глибоким орним шаром (не менше 18 – 20 см).

Кукурудза досить вимоглива до підвищеного мінерального живлення і, як культура тривалого вегетаційного періоду, здатна засвоювати поживні речовини впродовж всього життєвого циклу. На створення 1 т зерна з відповідною кількістю листостеблової маси кукурудза споживає із ґрунту та добрив, в середньому, 24-30 кг азоту, 10-12 кг фосфору та 25-30 кг калію. Для формування урожаю зерна на рівні 4,5-5,0 т/га кукурудза виносить з ґрунту, в середньому, 110-150 кг азоту, 45-60 кг фосфору та 115-150 кг калію [3].

Таку кількість поживних речовин в доступних рослинам формах, навіть при високому рівні родючості, ґрунт не в змозі забезпечити. Тому добрива лишаються одним із найвпливовіших факторів підвищення врожайності культури. Дози внесення мінеральних добрив під посіви кукурудзи застосовують з урахуванням забезпеченості орного шару ґрунту рухомими елементами живлення та середнього виносу макроелементів з урожаєм

основної і побічної продукції [15].

Рослини кукурудзи найбільш чутливі до нестачі азоту в період від цвітіння до утворення зерна. За недостатньої кількості азоту в цей період послаблюється ріст рослин, порушуються процеси формування генеративних органів. Нестача фосфору призводить до уповільнення росту рослин, деформування качанів, листки набувають фіолетового відтінку.

Дефіцит калію гальмує транспорт вуглеводів, негативно позначається на розвитку кореневої системи, уповільнює синтетичну діяльність листя [6].

Орієнтовні норми внесення мінеральних добрив наступні: у Степу – $N_{60-90}P_{60}K_{35-40}$, Лісостепу – $N_{120}P_{90}K_{90}$, Поліссі і західних областях – $N_{130}P_{100}K_{100}$. Крім цього вносять органічні добрива, зокрема, гній в Лісостепу та Поліссі в нормативному обсязі 30-40 т/га, в Степу – 20-30 т/га [16].

2.2.5 Сучасні гібриди і сорти кукурудзи

За врожайністю гібридне насіння кукурудзи значно перевищують насіння сортів. Найбільшу прибавку врожаю дає гібридне насіння першого покоління. За способом отримання гібриди можуть бути міжсортіві (від схрещування двох різних сортів), сортолінійні (від схрещування сорту із самозапильною лінією) та міжлінійні (від схрещування самозапильних ліній).

Міжлінійні гібриди бувають прості (від схрещування двох самозапильних ліній), подвійні (від схрещування двох простих міжлінійних гібридів), трилінійні (від схрещування простого міжлінійного гібрида з лінією) та п'ятилінійні (від схрещування трилінійного та простого міжлінійного гібридів).

За тривалістю вегетаційного періоду гібриди і сорти кукурудзи поділяють на ранньостиглі (період вегетації - 90-100 днів), середньоранні (105-115), середньостиглі (115-120), середньопізні (120-130) та пізньостиглі (135-140 днів).

У 2016 р. до Державного реєстру сортів і гібридів, придатних для поширення в Україні, було внесено 1040 гібридів і сортів кукурудзи, з яких 726 рекомендовано до вирощування в Степу, 606 - у Лісостепу і 394 - на Поліссі.

До найпоширеніших і перспективних гібридів і сортів належать:

- у Степу: Гарантія, Кипарис, Окато, Русич, Свитязь, Серпанок та ін. - середньоранні; Бенефіс, Дніпро, Манакор, Моноліт та ін. - середньостиглі; Атлас, Софія, Галактик та ін. - середньопізні;
- у Лісостепу: Вимпел МВ, Вікторія, Легенда, Пам'ять Чупікова, Рушник СВ, Символ МВ, Слобожанський МВ, Харківський 291 МВ та ін. - середньоранні; Богдан, Візир, ДН Галетея, Донар МВ, Злагода МВ, Командос, Мрія, Харківський 329 МВ та ін. - середньостиглі;
- на Поліссі: Аврора, Борея, Депутат МВ, Етюд, Лада, Немирів, Подих МВ, Чумак - ранньостиглі; Артуро, Афіна, Аякс, Богатир, Борець МВ, Гамлет, ДН Орлик, ДН Рубін, Елегія МВ, Еней 220 СВ, Жайвір 198 МВ, Капітал МВ, Кардинал, Кремінь 200 СВ, Лелека МВ, Світанок МВ та ін. - середньоранні.

Для досягнення стійкого виробництва і надійного визрівання зерна, а також для скорочення витрат енергії та палива на збирання врожаю необхідно дотримуватись орієнтованого співвідношення різних біотипів кукурудзи в агрокліматичних зонах:

- у лісостеповій: ранньостиглих - 25-35 %; середньоранніх - 55-65 %; середньостиглих - 5-15 %;
- у степовій південній: ранньостиглих-5-10 %; середньоранніх- 25-35 %; середньостиглих - 55-65 %;
- у степовій східній: ранньостиглих - 10-20 %; середньоранніх - 30-40%; середньостиглих - 45-55 % [6].

З ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ВРОЖАЇВ КУКУРУДЗИ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТТЯ

3.1 Складові мінливості врожаїв та їх кількісна оцінка

Отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур завжди було і залишається зараз основною метою землеробства. Однак на різних етапах розвитку сільськогосподарського виробництва в поняття «високий урожай» вкладався різний зміст.

За даними [17], в середньому по Європейській частині Росії врожайність зернових культур в XVIII ст. - першій половині XIX ст. була на рівні 0,4-0,5 т/га. Природно, що в той час урожайність 0,6-0,7 т/га вважалася високою. В кінці XIX ст. - першій половині XX ст. така врожайність зернових була характерна для звичайних років і як висока вже не розглядалася.

Поступове зростання врожайності пшениці на початку XX ст., згідно з [17], спостерігалось у Франції, Англії та Німеччині, але темпи приросту врожайності за вказаний період в цих країнах були різними (відповідно 0,2, 0,5 і 0,8 т / га) .

Аналогічна картина була характерна і для США, де середня по країні врожайність пшениці зростає приблизно з 0,80-0,85 т/га в 70-і роки минулого століття до 1,05-1,15 т/га в 40-і роки XX ст. [17]. З ростом врожайності відповідно змінювались і уявлення про високі врожаї.

І все ж, незважаючи на явні успіхи сільськогосподарської науки і практики, культура землеробства все ще залишалася на рівні, який навіть за теоретичних оцінок був недостатнім для того, щоб різко підвищити врожайність сільськогосподарських культур і забезпечити зростаючі потреби людства в продуктах харчування.

Такий підйом врожайності зернових в усьому світі почався приблизно з середини XX ст. Цьому сприяли успіхи в хімізації сільського господарства, селекційній справі, технології вирощування культур та ін.

У 70-ті роки XX століття врожайність зернових в середньому по Європейській частині СРСР перевищила 2,0 т/га (за погоди, близької до норми), а врожайність несприятливого 1975 року (1,40 т/га) було віднесено

до розряду дуже низької (ще в 1958 р. врожайність 1,49 т/га вважалася небувало високою) [17].

Отже, врожайність зернових культур в основних зерносіючих країнах північної півкулі має тенденцію (тренд) до зростання в часі, однак темпи цього зростання в різних країнах і на різних історичних етапах різні.

Наявність тренда в динаміці врожайності призводить до того, що поняття «високий урожай» (також як середній і низький) стає поняттям відносним, а його конкретна величина визначається тим, до якої країни і якого історичного періоду воно відноситься. На тлі загальної тенденції зростання врожайності відбуваються її коливання в часі, тобто поряд зі звичайними середніми роками мають місце роки з високими і низькими врожаями [18].

Причиною, що обумовлює зростання врожайності сільськогосподарських культур в часі, є підвищення загальної культури землеробства. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду чинників і в кінцевому підсумку може бути оцінений величиною урожайності, яку вдається досягти в рамках певних ґрунтово-кліматичних умов. Від рівня культури землеробства залежить те, наскільки вдається заповнити нестачу природних ресурсів, які не дозволяють сільськогосподарській культурі повністю реалізувати свою потенційну продуктивність в умовах конкретного географічного району. Ясно, що в тих районах земної кулі, де природні ресурси вище, досягти бажаного рівня врожайності легше і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами [18].

Комплекс факторів, від яких залежить рівень культури землеробства, досить різноманітний. Він містить особливості системи землеробства, що застосовується, способи обробки ґрунту, ступінь використання добрив, засоби боротьби з хворобами та шкідниками, можливості сорту і відповідність сортів, що вирощуються, агрокліматичним ресурсам території,

енергоозброєність сільськогосподарського виробництва, меліорація мікроклімату (грунту, повітря) і ін.

Проведені в США дослідження показали, що в середньому підвищення врожайності зернових культур в цій країні в значній мірі (41%) обумовлено застосуванням добрив; внесок сорту становить 27%; за рахунок змін в розміщенні сільськогосподарських культур врожайність підвищилася на 2%, і близько 30% припадає на агротехніку і інші фактори.

Всі перелічені фактори визначають загальний рівень урожайності, обумовлюють її поступове зростання в часі, т. е. формують тренд. Що ж стосується щорічних коливань врожайності сільськогосподарських культур навколо тренда в будь-якому конкретному регіоні земної кулі, то вони в основному обумовлені погодою і пов'язані з кліматичними особливостями даної території. Мінливість погоди вегетаційного періоду різних років (як одна з особливостей клімату) вносить свій внесок в коливання врожайності сільськогосподарських культур, в результаті чого сумарна мінливість врожайності зростає.

Для виявлення впливу погоди і клімату на урожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі урожайності. В основу такої оцінки встановлена ідея В.М. Обухова [19] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. В такій постановці часовий ряд урожайності ($Y_t = 1, 2 \dots n$) можна представити загальною статистичною моделлю такого виду:

$$Y_t = f(t) + u_t, \quad (3.1)$$

де $f(t)$ – стаціонарна складова; u_t – випадкова складова часового ряду.

Отже, все різноманіття чинників, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур, можна розділити на два великі класи: до першого увійдуть фактори, що зумовлюють рівень культури землеробства, до другого - метеорологічні чинники [18].

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни урожайності в даному періоді. Вона представляється плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренда.

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренда. Форма тренда і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних вагів, запропонований в агрометеорології А.М. Польовим [20, 21] має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

Для визначення ходу ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. На основі фактичного ряду завчасно створюються ковзні серії однакової довжини k і розраховуються рівняння лінійних відрізків, що мають вигляд

$$Y_i \approx a_i + b_i t, \quad (i=1,2,3, \dots, n-k+1) \quad (3.2)$$

де n – довжина ряду (загальна кількість точок); k – число точок, що згладжуються. Загальна кількість рівнянь дорівнює $n-k+1$, причому для

$$i=1 \quad t = 1,2.$$

$$i=2 \quad t = 2,3 \dots, k+1$$

$$i=3 \quad t = 3,4 \dots, k+2.$$

Для $i = n - k + 1, \quad t = n - k + 1, n - k + 2.$

Параметри a_i і b_i в рівняннях визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції $Y_i(t)$ в кожній точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1, 2, 3, \dots, g_i \quad (3.3)$$

де g_i – кількість визначень $\bar{Y}_i(t)$ в кожній точці.

Значення, що прогнозується

$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1}, \quad (3.4)$$

де $\bar{W}_{t+1}$ - середній приріст функції $f(t)$.

Він розраховується за виразом:

$$\bar{W}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n - W_{t+1} \quad (3.5)$$

де W_{t+1} - приріст функції $f(t)$, який визначається як

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t. \quad (3.6)$$

C_{t+1}^n - гармонійна вага, яка визначається за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \quad (3.7)$$

де $m_{(t+1)}$ – гармонійні коефіцієнти. При їх обчисленні зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більша вага.

Найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \quad (3.8)$$

В наступний момент вага інформації m_3 визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (3.9)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.10)$$

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9) [20, 21].

3.2 Дослідження динаміки урожайності кукурудзи та її

кліматичної складової в Закарпатській області

Для аналізу динаміки урожайності кукурудзи використовувалися щорічні середньообласні дані по урожайності культури на території дослідження за період з 1996 по 2016 роки, за даними обласного управління статистики [22]. Розрахунок трендів здійснювався по методу гармонійних вагів (зважувань).

Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1 та 3.2. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Як видно з рис. 3.1, з 1996 до 2010 року відбувалось поступове майже прямолінійне збільшення трендової компоненти, що свідчить про підвищення рівня культури землеробства за цей період. Так, на початку періоду дослідження урожайність за трендом складала 39 ц/га, а до 2010 року зросла до 47 ц/га, тобто більш ніж на 15%. З 2010 року і до кінця періоду досліджень відбувається зменшення трендової компоненти. Цей відрізок лінії тренду має параболічну форму, і падіння трендової компоненти відбулося з 47 до 41 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність склала 43,5 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і складає 0,7 ц/га.

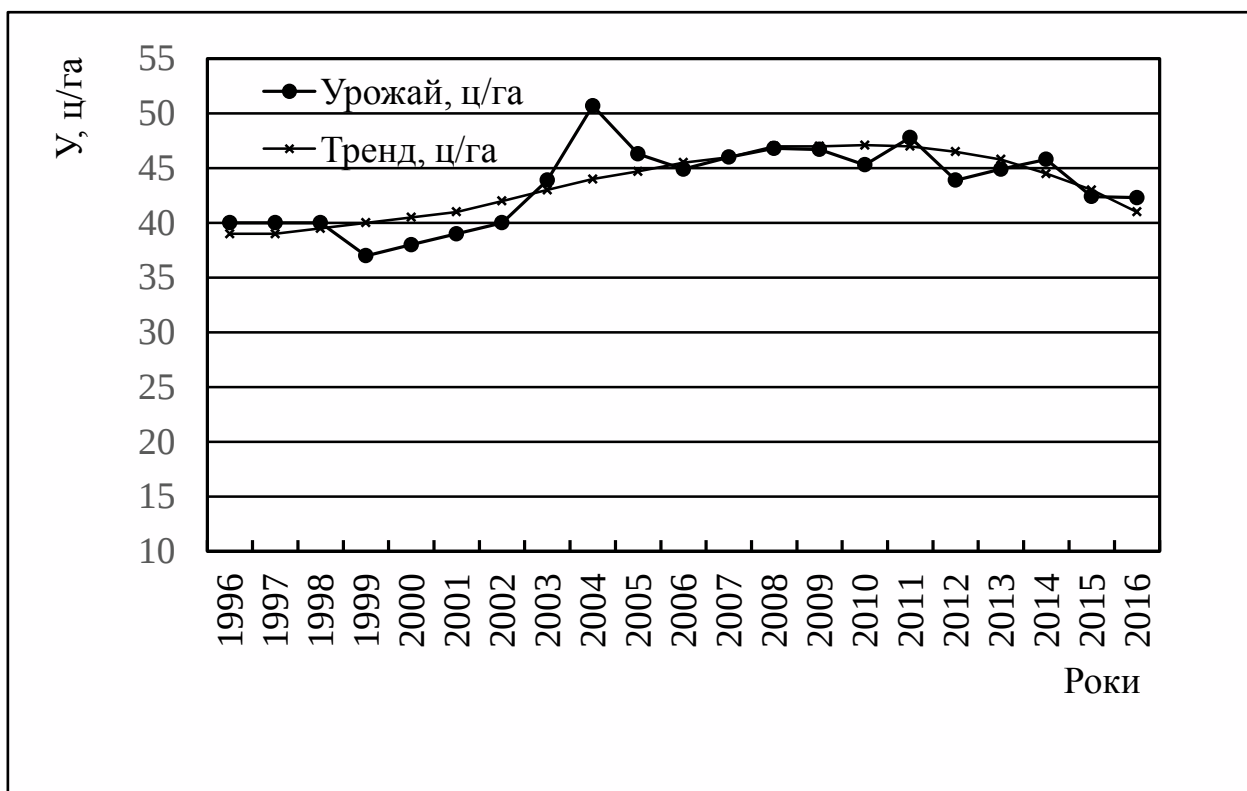


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності зерна кукурудзи та лінія тренду в Закарпатській області

Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної урожайності кукурудзи на території дослідження. Наприклад, протягом перших семи років дослідження (1996-2002 рр.) вона не піднімалась вище 40 ц/га. У 1999, 2000 та 2001 рр. було зібрано найменші урожаї – 37, 38 та 39 ц/га відповідно. У 2004 та 2011 рр. спостерігалися найвищі урожаї – 50,7 та 47,8 ц/га відповідно.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю кукурудзи в Закарпатській області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 21 років у 11 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були не дуже суттєвими і досягали -3-2,6 ц/га.

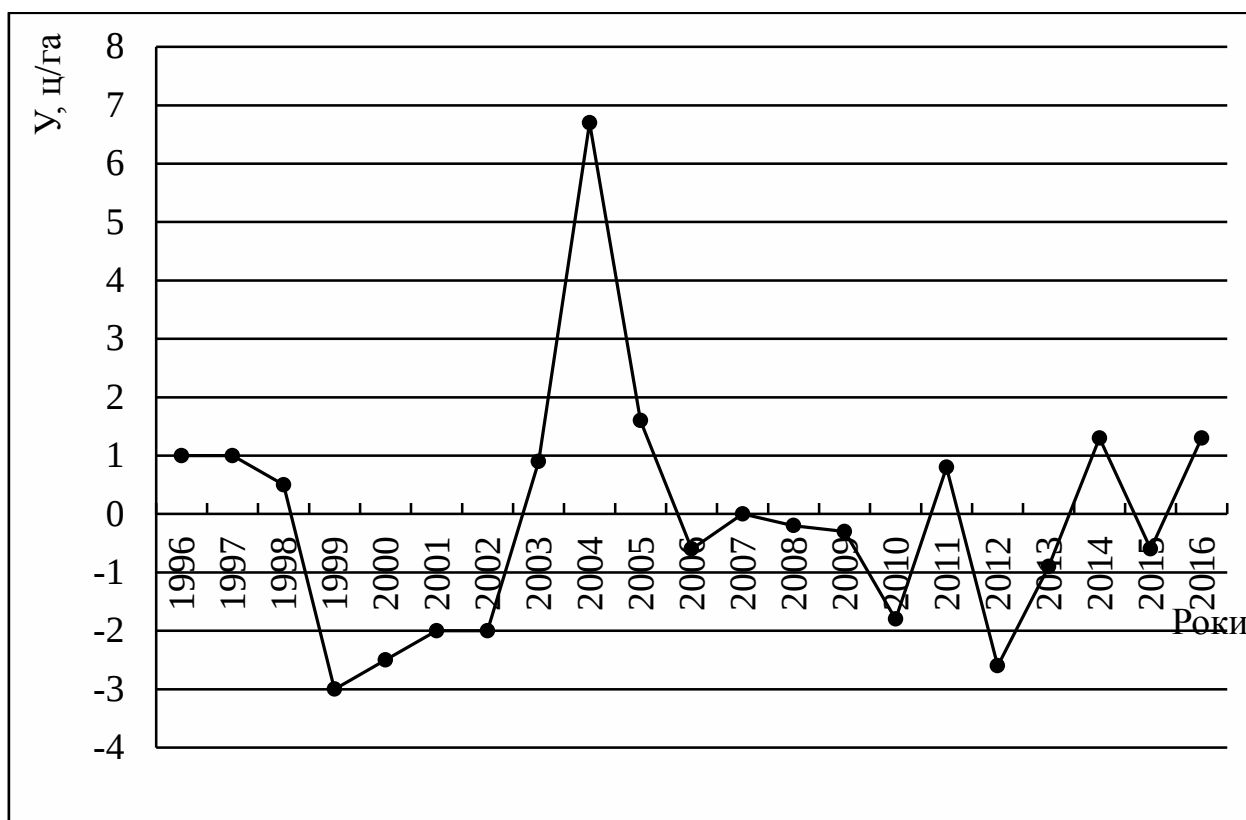


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності зерна кукурудзи від лінії тренду в Закарпатській області

Найбільш несприятливими для вирощування кукурудзи були 1999, 2000 та 2012 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 3, 2,5 та 2,6 ц/га відповідно. Це свідчить про несприятливі погодні умови, що склалися протягом цього року.

У роки ж зі сприятливими погодними умовами вдавалося отримати збільшення врожаю за їх рахунок і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливим для вирощування цукрового кукурудзи був 2004 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 6,7 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також невеликі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2005 р. – 1,6 ц/га, а також у 2014 та 2016 рр. – 1,3 ц/га.

Такі порівняно невеликі прирости та недобори урожаїв за рахунок погодних умов свідчать про те, що вони в Закарпатській області є досить

стабільними. Тому представляє інтерес дослідження саме кліматичної складової мінливості урожаїв.

Згідно з дослідженнями В.М. Пасова, в будь-якому сільськогосподарському районі динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання (іноді вельми суттєві), що пов'язані з особливостями погоди різних років [18, 23].

Зміни культури землеробства у часі формують лінію тренду. За таким підходом загальну дисперсію урожайності σ^2 можна розглядати як добуток двох складових, одна з яких характеризує внесок, що надає динаміка культури землеробства σ_a^2 , а друге – мінливістю погоди σ_m^2 . Тоді

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad (3.11)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2. \quad (3.12)$$

Величина σ_m більш стійка у часі ніж σ , тому що до складу останньої входить величина σ_a , що суттєво змінюється у часі.

Розрахунок σ_m можна проводити за наступних формул:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \bar{y}}{n-1}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - \bar{y}}{n-1}, \quad (3.14)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \bar{y}}{n-1} - \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - \bar{y}}{n-1}, \quad (3.15)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

де y_i – урожайність конкретного року; y – середньобогаторічна урожайність; y_{iT} – динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році); n – кількість років дослідження [18].

Для того, щоб вірно оцінити мінливість урожайності, окрім дисперсії необхідно враховувати і рівень врожайності. Є відомим, що урожайність однієї і тієї ж культури в різних кліматичних зонах може відрізнятись на 100% та більше. Тому для оцінки мінливості урожайності краще користуватися коефіцієнтом варіації c_v :

$$c_v = \frac{\sigma}{y}. \quad (3.16)$$

Згідно до методики В.М. Пасова [18], оскільки особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди, то до формули (3.16) замість σ слід ввести σ_m :

$$c_v = \frac{1}{y} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y_i - y^2 - \frac{\sum_{i=1}^n y_{iT} - y^2}{n-1}}{n-1}} \quad (3.17)$$

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв кукурудзи у Закарпатській області. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань [20, 21]. Хід розрахунків представлено у таблиці 3.1.

$$c_v = \frac{1}{43,4} \sqrt{\frac{262,57 - 170,07}{21 - 1}} = \frac{1}{43,4} \sqrt{\frac{92,5}{20}} = \frac{\sqrt{4,63}}{43,4} = \frac{2,15}{43,4} = 0,05$$

В.М. Пасов [18] стосовно кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці та озимого жита для характеристики території вирощування культури пропонує такі градації, які можна застосувати й для інших сільськогосподарських культур:

Таблиця 3.1 – Розрахунок кліматичної складової урожайності кукурудзи

n	Рік	y	y_T	$y_i - y$	$(y_i - y)^2$	$y_{iT} - y$	$y_{iT} - y^2$
1	1996	40	39	-3,4	11,56	-4,4	19,36
2	1997	40	39	-3,4	11,56	-4,4	19,36
3	1998	40	39,5	-3,4	11,56	-3,9	15,21
4	1999	37	40	-6,4	40,96	-3,4	11,56
5	2000	38	40,5	-5,4	29,16	-2,9	8,41
6	2001	39	41	-4,4	19,36	-2,4	5,76
7	2002	40	42	-3,4	11,56	-1,4	1,96
8	2003	43,9	43	0,5	0,25	-0,4	0,16
9	2004	50,7	44	7,3	53,29	0,6	0,36
10	2005	46,3	44,7	2,9	8,41	1,3	1,69
11	2006	44,9	45,5	1,5	2,25	2,1	4,41
12	2007	46	46	2,6	6,76	2,6	6,76
13	2008	46,8	47	3,4	11,56	3,6	12,96
14	2009	46,7	47	3,3	10,89	3,6	12,96
15	2010	45,3	47,1	1,9	3,61	3,7	13,69
16	2011	47,8	47	4,4	19,36	3,6	12,96
17	2012	43,9	46,5	0,5	0,25	3,1	9,61
18	2013	44,9	45,8	1,5	2,25	2,4	5,76
19	2014	45,8	44,5	2,4	5,76	1,1	1,21
20	2015	42,4	43	-1	1	-0,4	0,16
21	2016	42,3	41	-1,1	1,21	-2,4	5,76
Середнє		43,4					
Сума					262,57		170,07

- зона найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв ($c_m \leq 0,20$);

- зона помірно стійких урожаїв $c_m = 0,21 - 0,29$;

- зона нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,30$);

- зона дуже нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,50$).

Деякі дослідники пропонують вважати зонами дуже нестійких урожаїв території з $c_m \geq 0,40$ [24, 25].

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

$$\partial_{C_m} = \frac{\overline{c_m^2 + 1}}{2(n-1)}, \quad (3.18)$$

де n – довжина ряду.

В нашому випадку $n=21$, отже помилка ∂_{C_m} дорівнює

$$\partial_{C_m} = \frac{0,05 \overline{1 + 0,05^2}}{2 \cdot 21 - 1} = \frac{0,05 \overline{1,0025}}{40} = \frac{0,05}{6,32} = 0,008$$

Таким чином Закарпатську область можна віднести до території дуже стабільних урожаїв. Треба відзначити, що отримані результати добре збігаються з даними В.М. Пасова, який відзначав, що найменша мінливість урожаїв спостерігається на заході України [18].

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв кукурудзи

Для всебічної характеристики урожайності будь-якої сільськогосподарської культури на будь-якій території дослідження недостатньо знати середні значення урожайності. В агрометеорології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури урожайності. Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик урожайності, але і яка частота повторюваності кожного з членів ряду значень урожайності. З цією метою агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості урожайності широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [26].

Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

де $P_{(x_m)}$ - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають, $m = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення, n – число років або спостережень в ряді.

Алексеев показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості, визначена по основних статистичних параметрах ($\bar{x}$, σ_x , c_S) і побудована за допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_P = \bar{x} + \sigma_x \varphi(p, c_S) \quad (3.20)$$

повинна пройти через три опорні точки x_{P_1} , x_{P_2} , x_{P_3} , що відповідають значенням імовірності $P_1 = 5\%$, $P_2 = 50\%$, $P_3 = 95\%$ емпіричної кривої, отриманої з виразу (3.11). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння

$$\begin{aligned} \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) &= x_{P_1} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) &= x_{P_2} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) &= x_{P_3} \end{aligned} \quad (3.21)$$

з трьома невідомими ($\bar{x}$, σ_x , c_S) можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих формул. У випадку нормального розподілу задача зводиться до знаходження ($\bar{x}$, σ_x , c_S), які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{x_{P_1} - x_{P_3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_3, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \quad (3.22)$$

де $(x_5 - x_{95})$ – різниця нормованих відхилень, що відповідає прийнятій величині c_S ,

$$\bar{x} = x_{P_2} - \sigma_x \varphi(P_2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50} \quad (3.23)$$

де φ_{50} – нормоване відхилення, відповідне забезпеченості $P = 50\%$ при прийнятому c_S .

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю кукурудзи для Закарпатської області. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1996 по 2016 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2.

За цими даними було побудовано криву сумарної ймовірності можливих урожаїв кукурудзи щодо середніх багаторічних значень (рис. 3.3). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Потім з кривої сумарної імовірності знімалися значення урожаю кукурудзи різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.3.

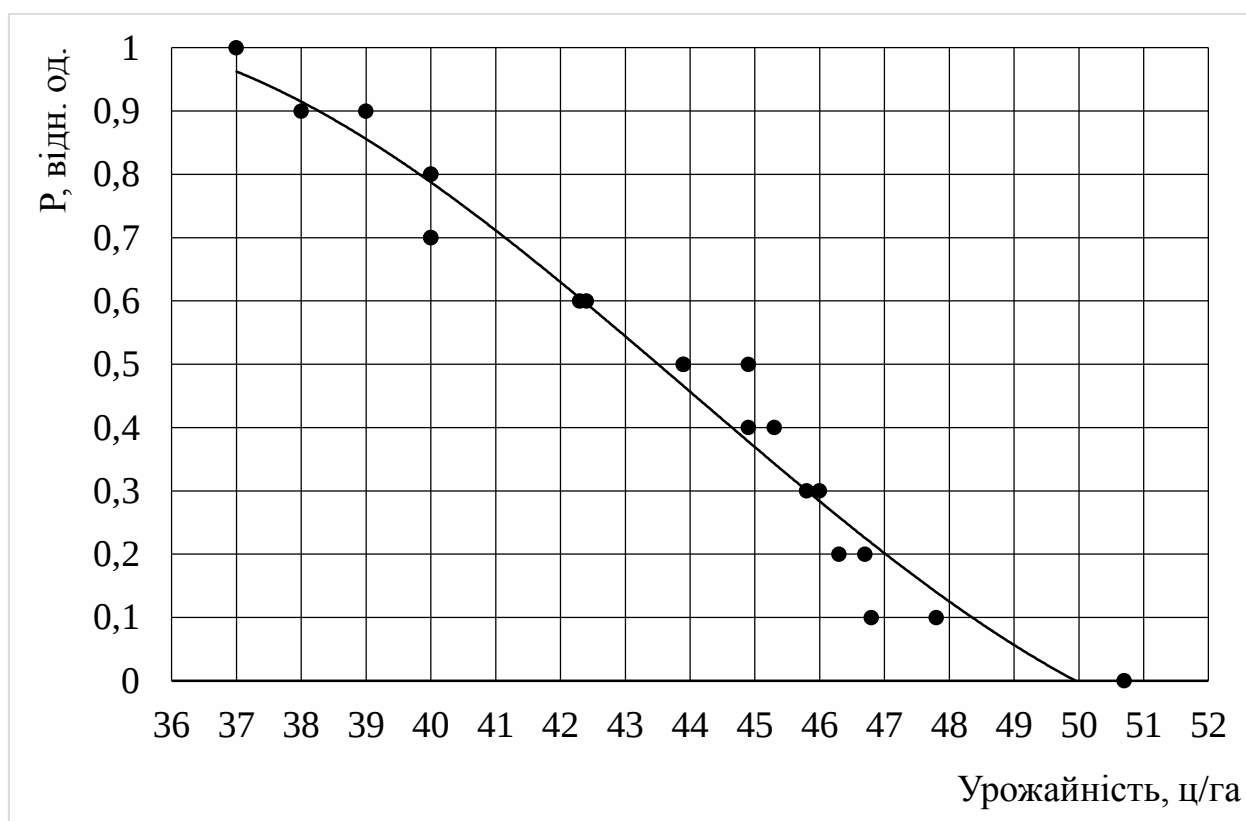


Рисунок 3.3 – Крива ймовірності урожаїв кукурудзи
в Закарпатській області

Таблиця 3.2 – Розрахунок ймовірності урожаїв кукурудзи
в Закарпатській області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %
		Фактичний	Ранжований	
1996	1	40	50,7	0,05
1997	2	40	47,8	0,1
1998	3	40	46,8	0,1
1999	4	37	46,7	0,2
2000	5	38	46,3	0,2
2001	6	39	46	0,3
2002	7	40	45,8	0,3
2003	8	43,9	45,3	0,4
2004	9	50,7	44,9	0,4
2005	10	46,3	44,9	0,5
2006	11	44,9	43,9	0,5
2007	12	46	43,9	0,5
2008	13	46,8	42,4	0,6
2009	14	46,7	42,3	0,6
2010	15	45,3	40	0,7
2011	16	47,8	40	0,7
2012	17	43,9	40	0,8
2013	18	44,9	40	0,8
2014	19	45,8	39	0,9
2015	20	42,4	38	0,9
2016	21	42,3	37	1

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв кукурудзи (ц/га)
в Закарпатській області

У _{сер}	ґЗабезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
43,5	49	48,4	47	45,8	44,6	43,5	42,4	41,2	39,8	38,3	37

В Закарпатській області урожаї кукурудзи порядку 48,4 ц/га отримують з ймовірністю 10 % (тобто раз в десять років), урожаї кукурудзи порядку 41,2 ц/га отримують з ймовірністю 70 % (тобто 7 разів в десять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 37 ц/га.

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв кукурудзи по Закарпатській області України можна зробити такий висновок. Спостерігається велика часова мінливість урожайності кукурудзи на території, що досліджувалась. Тому необхідна детальна оцінка агрокліматичних ресурсів у поєднанні з раціональним розміщенням існуючих сортів і науковим обґрунтуванням отримання урожаїв більш високого рівня.

4. АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ЕТАЛОННИХ УРОЖАЇВ КУКУРУДЗИ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Метод еталонних урожаїв Х.Г. Тоомінга

Без залучення інформації про умови навколишнього середовища і в першу чергу про тепло- і вологозабезпеченість культур неможливо дати конкретні рекомендації щодо раціонального використання агрокліматичних ресурсів з метою отримання стабільних високих врожаїв.

Найбільш перспективним для агрокліматичної оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських культур є запропонований Х.Г. Тоомінгом метод еталонних урожаїв [27], що є логічним виводом принципу максимальної продуктивності. Метод еталонних урожаїв розглядає і порівнює різні категорії урожайності: потенційну урожайність (ПУ), дійсно можливу урожайність (ДМУ) і урожай у виробництві (УВ).

Перша з них потенційна урожайність – це урожайність сорту в ідеальних метеорологічних умовах; вона визначається приходом ФАР та біологічними властивостями культур і сортів. ПУ господарсько-цінних органів (зерна, бульб картоплі й ін.) розраховується з урахуванням параметра, що характеризує частку господарсько-цінної частини урожаю:

$$ПУ = \frac{\eta_n \cdot \sum Q_\phi}{q} \cdot K_{ГОСП}, \quad (4.1)$$

де ПУ – потенційний урожай посіву (кг/м²); η_n - коефіцієнт корисної дії посіву %; q – калорійність рослин (ккал/кг); $\sum Q_\phi$ - сума фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період культури (мДж/м²).

Потенційна урожайність – це абстрактне поняття, тому що не цілком ясно, які метеорологічні умови є ідеальними для формування урожаю культури або сорту. ПУ можна представити як урожай, що формувався в

оптимальних умовах водно-теплогового режиму. При цьому потенційний ККД залежить від біологічних властивостей культури або сорту, від природної родючості ґрунту і рівня мінерального живлення. Коефіцієнт господарської ефективності урожаю $K_{Госп}$, що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини урожаю до кількості загальної сухої фітомаси, залежить від сорту сільськогосподарських культур та від агрометеорологічних умов.

Дійсно можлива урожайність – це максимально можлива урожайність культури або сорту в існуючих метеорологічних умовах. ДМУ відрізняється від ПУ тим більше, чим більше метеорологічні фактори відрізняються від оптимальних. Для території з недостатнім зволоженням його розраховують по формулі:

$$ДМУ = ПУ \cdot \frac{E_{\phi}}{E_o}, \quad (4.2)$$

де E_{ϕ} – фактичне випарування (мм); E_o – випарованість (мм). Величина E_{ϕ}/E_o характеризує вологозабезпеченість конкретної культури.

Існують різні методи визначення випаровуваності (емпіричні та фізичні). Нами для цих цілей був використаний біофізичний метод, запропонований А.М. Алпатьєвим [28]. В якості основного елементу, що визначає величину випаровуваності, він вибрав дефіцит вологості повітря, оскільки він, як функція від температури і вологості, повітря, є комплексним показником умов сумарного випаровування. Другий компонент в розрахунковому рівнянні - біологічний коефіцієнт випаровування (k_{ϕ}).

З урахуванням зазначених закономірностей розрахункова формула має вигляд:

$$E_o = k_{\phi} \sum d, \quad (4.3)$$

де E_0 - випаровуваність (мм); k_b - біологічний коефіцієнт випаровування, прийнятий рівним 0,65; $\sum d$ - сума дефіцитів вологості повітря, виражена в мм.

Розрахунки фактичного водоспоживання виконані за допомогою рівняння водного балансу:

$$E_{\phi} = \sum r + (W_H - W_K) - f, \quad (4.11)$$

де $\sum r$ - кількість опадів, мм; f - поверхневий стік, мм; W_H і W_K - запаси продуктивної води на початок і кінець вегетації, мм. Оскільки поверхневий стік за період вегетації буває малий, їм зазвичай нехтують.

В моделі Х. Тоомінга ПУ і ДМУ розглядаються в основному при ідеальних ґрунтових умовах. Дослідження еталонних врожаїв дозволяє з'ясувати їх максимально можливе значення, вивчити вплив погодних і кліматичних умов на ДМУ.

Незважаючи на деяку абстрактність, поняття ПУ і ДМУ виявляються дуже корисними при вирішенні ряду задач сільськогосподарського виробництва. ПУ - це рівень урожаю, до якого варто прагнути, наближаючи потреби рослин до умов середовища шляхом агротехнічних заходів, меліорації земель, районування культур і сортів відповідно до клімату і мікроклімату. Підвищити ж рівень ПУ можна шляхом селекції. ДМУ – це рівень урожаю, до якого варто прагнути при програмуванні урожаю.

4.2 Методи оцінки радіаційно-світлових ресурсів територій

Для оцінки впливу сонячного світла на рослини враховують тривалість освітлення, інтенсивність та спектральний склад сонячного світла.

Розглянемо методику визначення основних показників радіаційно-світлових ресурсів. Дані мережі актинометричних станцій є дуже важливим

для агрометеорологічного обслуговування сільського господарства. Але, не дивлячись на їх важливість, мережа актинометричних станцій на території СНД є недостатньою для виявлення географічних особливостей радіаційно-світлових ресурсів в конкретних регіонах та республіках. Тому при вирішенні агрокліматичних задач виникає необхідність отримання інформації про сумарну сонячну радіацію по більш густій мережі метеорологічних станцій у конкретному регіоні. Для цього використовують розрахункові методи з використанням відомих формул зв'язку між сумарною радіацією ($\sum Q$) і тривалістю сонячного сяяння ($\sum S_c$), а також загальною та нижньою хмарністю [29].

Частину спектру сонячного світла, що безпосередньо приймає участь у процесі фотосинтезу рослин, називають фотосинтетично активною радіацією (ФАР). У межах фізіологічної радіації виділяють ФАР з довжиною хвилі 0,38 – 0,71 мкм. Фотосинтез, що протікає завдяки поглинанню ФАР, є головним фактором отримання урожаю, він формує приблизно 0,8 – 0,9 його величини.

Для отримання масових даних по $\sum Q$ і $\sum Q_\phi$ за теплий період с температурою повітря вище 10°C ми використовували метод розрахунку, який заснований на встановлених З.А. Міщенко для території України кількісних залежностях між традиційним показником термічних ресурсів у вигляді сум середньодобових температур повітря і сумою сумарної радіації $\sum Q$, сумою ФАР $\sum Q_\phi$ за цей же період і тривалістю сонячного сяяння $\sum S_c$ [30].

Аналітичний вираз цих взаємозв'язків разом з відповідними статистичними параметрами, що характеризують їх точність, представлені в табл. 4.1. Коефіцієнти кореляції r між цими показниками клімату коливаються в межах 0,70 – 0,84, тобто вони достатньо великі. Середні квадратичні похибки коефіцієнтів кореляції σ_r і ймовірні помилки малі. Таким чином, по даним про $\sum T_c$ можна розраховувати відповідні значення $\sum Q$ і $\sum Q_\phi$.

Таблиця 4.1 – Статистичні параметри рівнянь зв'язку між показниками радіаційно-теплових ресурсів на Україні [30]

Рівняння	R	σ_r	σ_y	σ_x	S_y
$\sum S_c = 0,330 \sum T_c + 492$	0,79	0,03	201	422	± 147
$\sum Q = 0,583 \sum T_c + 1424$	0,70	0,05	349	422	± 250
$\sum Q_\phi = 0,292 \sum T_c + 712$	0,70	0,05	124	422	± 125

Для чотирьох станцій Закарпатської області нами отримані результати, наведені в табл. 4.2. Проаналізувавши їх, можна зробити наступні висновки. Тривалість теплового періоду збільшується з півночі на південь від 178 днів (станція Великий Березний) до 192 днів (станція Берегово). Відповідно до розподілу характеристик сонячної радіації змінюється і термічний режим території. А саме, суми активних температур повітря за період активної вегетації зростають в тому ж напрямку і становлять від 2704°C до 3243°C.

Сумарна сонячна радіація і ФАР також помітно зростають в цьому напрямку. Наприклад, на півночі області вони становлять відповідно 3000 і 1502 мДж/м², в західній її частині (станція Ужгород) становлять 3266 і 1634 мДж/м², а на півдні (станція Берегово) збільшуються до 3315 і 1659 мДж/м² відповідно.

Таблиця 4.2 - Радіаційно-теплові ресурси теплового періоду по Закарпатській області

Станція	Дв	До	N _{тп} , дні	T _c > 10°C	$\sum Q$, мДж/м ²	$\sum Q_\phi$, мДж/м ²
Великий Березний	18.04	13.10	178	2704	3000	1502
Хуст	15.04	16.10	184	3025	3188	1595
Ужгород	14.04	18.10	187	3159	3266	1634
Берегово	13.04	22.10	192	3243	3315	1659

Отже, можна припустити, що потенційний урожай кукурудзи, вирощуваної в Закарпатській області, який розраховується за формулою 4.1, буде також збільшуватися в напрямку з півночі на південь. У таблиці 4.3 представлені дані по теплозабезпеченості і вологозабезпеченості вегетаційного періоду кукурудзи. Оскільки у формулу розрахунку дійсно-можливого врожаю входить відносний показник зволоження E_f/E_o , що характеризує вологозабезпеченість посівів, для вищевказаних станцій визначені значення випаровуваності E_o , які характеризують оптимальне водоспоживання, а також сумарне випаровування або фактичне водоспоживання E_f за вегетаційний період кукурудзи.

Проаналізувавши дані таблиці 4.3, можна зробити висновок, що сума активних температур за вегетаційний період кукурудзи по території Закарпаття змінюється від 2407°C в районі станції Великий Березний до 2716°C в районі станції Берегово. Таким чином у Закарпатській області доцільно вирощувати середньоранні та середньостиглі сорти кукурудзи. Також на цій території повністю забезпечені теплом ранньостиглі сорти кукурудзи.

При розгляді територіального розподілу опадів звертають на себе увагу різке збільшення опадів над Карпатами і загальне зменшення їх із заходу на схід. В районі Карпат режим опадів в значній мірі обумовлюється висотою місцевості над рівнем моря, що пов'язано з прискоренням процесу конденсації повітряних мас, що піднімаються, тому в горах і випадає більше опадів, ніж в низинних районах.

Вплив висоти місцевості на кількість опадів можна простежити на прикладі таких станцій: в районі Великого Березного (висота 210 м над рівнем моря) кількість опадів за вегетаційний період кукурудзи становить 409 мм. В районі Хуста (168 м над рівнем моря) сума опадів за вегетаційний період кукурудзи становить 422 мм. Найменша кількість опадів спостерігається у низинних районах, що розташовані на північному сході Закарпатської низовини. Вологі повітряні маси із заходу майже не доходять

Таблиця 4.3 – Середні багаторічні показники ресурсів тепла і вологи
вегетаційного періоду кукурудзи на зерно в Закарпатській області

Станція	Сівба	Повна стиглість	Σr , мм	Σt , °C	E_{Φ} , мм	E_o , мм	E_{Φ}/E_o
Великий Березний	7.05	28.09	409	2407	429	467	0,91
Хуст	4.05	25.09	422	2602	435	495	0,88
Ужгород	5.05	21.09	324	2584	367	563	0,65
Берегово	17.05	09.10	316	2716	387	579	0,67

сюди, або приходять збідненими вологою, тому в районі Ужгорода сума опадів за вегетацію кукурудзи становить 324 мм, а в районі Берегово – 316 мм.

Відповідно змінюються по території значення фактичного вологоспживання (E_f) та вологопотреби (E_o).

Аналіз таблиці 4.3 також показує, що найкраще забезпечена вологою кукурудза на північному сході Закарпатської області (ст. Великий Березний) та в південному Хустському районі. Тут значення вологозабезпеченості коливаються в межах 0,91-0,88. На рівнинній території (Ужгород та Берегово) посіви кукурудзи забезпечені вологою значно гірше, значення вологозабезпеченості становлять відповідно 0,65 та 0,67. Однак на початок вегетації умови зволоження ґрунту для кукурудзи достатні, тому можна сказати, що в цілому для вирощування кукурудзи агрокліматичні ресурси області є вельми сприятливими.

4.3 Агрокліматична оцінка еталонних врожаїв кукурудзи в Закарпатській області

Фотосинтез - основний процес живлення рослин, в результаті якого акумулюється хімічна енергія різних органічних сполук. Мінеральне і водне живлення розглядається лише в тій мірі, в якій вони забезпечують оптимальну фотосинтетичну діяльність посівів. Підраховано, що якби в рослинному організмі енергія використовувалася тільки на синтез органічної речовини, тобто на асиміляцію, і не було б дисиміляції, або процесів дихання, то рослини в біомасі акумулювали б 28% ФАР. Це підвищило б сучасні врожаї в 60-80 разів, що практично неможливо. На думку авторів [33], найбільш реальні коефіцієнти використання падаючої на посіви ФАР 16-21%, або збільшення урожаїв в 40-50 разів. Таким чином, резерви підвищення врожаїв дуже великі, хоча і безмежні.

Аналіз міжрічної мінливості виробничих врожаїв кукурудзи, дозволяє зробити висновок, що їх рівень значно нижчий біологічних здібностей сортів і гібридів. Причини криються в недооцінці агрокліматичних і мікрокліматичних ресурсів при розміщенні посіві і, що особливо важливо, недостатньо високій культурі землеробства. Отже, необхідно орієнтувати практиків сільського господарства на інші врожаї, які можна отримати відповідно до біокліматичного потенціалу області.

Для вирішення цього завдання нами за основу прийнята фізико - статистична модель продуктивності сільськогосподарських культур, розроблена Х.Г. Тоомінгом [27], для розрахунку потенційних (ПУ) і дійсно-можливих (ДМУ) врожаїв кукурудзи.

В результаті виконаної роботи виявилось можливим дати кількісну оцінку потенційних (ПУ) і дійсно-можливих (ДМУ) врожаїв кукурудзи для чотирьох станцій Закарпатської області (станції Великий Березний, Хуст, Ужгород та Берегово).

Ці розрахунки виконані при різних значеннях ККД сонячної радіації (η): 0,5; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3% за формулами (4.1) і (4.2). При цьому питома теплота згоряння органічної речовини (калорійність) кукурудзи прийнята, згідно [32], такою, що дорівнює 4100 ккал/кг. У загальній біомасі кукурудзи на зерно доводиться 45, а листостеблову масу - 55%. Для гібридів з таким співвідношенням зерна і побічної продукції (1: 1,22), господарський коефіцієнт ($K_{\text{госп}}$), що характеризує цінну частину врожаю в порівнянні із загальною біомасою прийнятий рівним 0,521 [32]. В цьому випадку в результаті ми отримуємо урожай зерна при стандартній 14% - ній вологості.

Для розрахунку дійсно-можливих врожаїв кукурудзи ми використовували значення вологозабезпеченості культур по чотирьом станціям Закарпатської області, що представлені в табл. 4.3.

Так як потенційно можливий урожай в значній мірі залежить від розподілу сумарної радіації і ФАР, а значення ФАР зменшуються з півдня на північ, то ПУ відповідно убиває в цьому ж напрямку (табл. 4.4). Наприклад,

при ККД використання сонячної радіації в 1% на станції Ужгород, розташованій на південному сході області, потенційний урожай кукурудзи дорівнює 42,4 ц/га. На станції Берегово ПУ дорівнює 41,9 ц/га, а на станції Великий Березний, яка характеризує північно-східну частину досліджуваної території, потенційний урожай зменшується до 39,3 ц/га.

При ККД використання сонячної радіації 3% потенційний урожай кукурудзи на станції Ужгород становить 127,2 ц/га, на станції Берегово – 125,6 ц/га, а на станції Великий Березний зменшується до 118 ц/га. Таким чином, діапазон відмінностей у значеннях потенційних врожаїв між пунктами, розташованими на рівнинних територіях області та пунктами, що представляють її північно-східну частину, при ККД, що дорівнює 1%, 2%, 3% становить відповідно 3 ц/га, 6 ц/га і 8 ц/га. Це порівняно невеликі величини, і така незначна просторова різниця врожайності говорить про те, що, завдяки ФАР, що приходить на всю територію Закарпатської області, можна отримувати потенційні врожаї кукурудзи від 40 до 127 ц/га (залежно від ККД посівів).

Кількісно оцінені дійсно-можливі врожаї кукурудзи на силос з урахуванням відносного показника випаровування на тих же станціях Закарпатської області. Встановлено, що ДМУ зменшується в напрямку від північно-східної станції Великий Березний та південної станції Хуст (ці станції знаходяться у передгір'ях Карпат) до станцій, розташованих на території Закарпатської низовини (Ужгород та Берегово).

При ККД використання ФАР рівному 1%, 2%, 3% ДМУ кукурудзи становить на станції Хуст 36,1, 72,2 і 108,3 ц/га відповідно. На північному сході області (Великий Березний) ДМУ виявляється дещо менше і становить 35,8, 71,5 та 107,4 ц/га. На рівнинній частині Закарпатської області спостерігаються найбільш посушливі умови. В районі станції Берегово ДМУ становить 28,1, 56,1 і 84,2 ц/га в залежності від ККД. Найменші значення ДМУ характерні для Ужгородського району, що характеризується

Таблиця 4.4 - Розподіл потенційних та дійсно-можливих врожаїв кукурудзи в Закарпатській області

Станція	$\sum Q_{\Phi B}$, мДж /м ²	У _{ПВ} , ц/га при η, %						$\frac{E_{\Phi}}{E_0}$	У _{ДВ} , ц/га при η, %					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Великий Березний	1298	19,7	39,3	59,0	78,6	98,3	118,0	0,91	17,9	35,8	53,7	71,5	89,5	107,4
Хуст	1355	20,5	41,0	61,6	82,1	102,6	123,1	0,88	18	36,1	54,2	72,2	90,3	108,3
Ужгород	1400	21,2	42,4	63,6	84,8	106,0	127,2	0,65	13,8	27,6	41,3	55,1	68,9	82,7
Берегово	1382	20,9	41,9	62,8	83,7	104,7	125,6	0,67	14	28,1	42,1	56,1	70,1	84,2

найменшим показником вологозабезпеченості – 0,65. Тут вони становлять при ККД використання ФАР рівному 1%, 2%, 3% 27,6, 55,1 та 68,9 ц/га.

Для оцінки ступеня сприятливості клімату та виявлення резерву для отримання високих врожаїв кукурудзи виконана порівняльна оцінка отриманих еталонних (ПУ та ДМУ) з виробничими врожаями (УВ), визначеними для ряду станцій Закарпаття (табл. 4.5). З цією метою розраховані різниця ПУ-ДМУ, яка характеризує недобір врожаю, обумовлений тим, що погодні умови "неідеальні", а також коефіцієнт сприятливості клімату K_C за формулою:

$$K_C = \frac{ДМУ}{ПУ} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів K_E показує, яку частку становить урожай у виробництві від дійсно можливого за біокліматичним потенціалом території. Він розрахований за формулою:

$$K_E = \frac{УВ}{ДМУ} \quad (4.6)$$

Фактично значення K_E і різниця ДМУ-ПУ характеризують існуючий рівень культури землеробства.

Аналіз таблиці 4.5 показує, що порівняння значень врожаїв у виробництві з потенційними і дійсно-можливими врожаями свідчить, що в даний час в Закарпатській області при вирощуванні кукурудзи ККД використання ФАР посівами знаходиться на рівні порядку 1,22-1,58%. Отже, є величезний резерв для отримання високих врожаїв з ККД використання ФАР 2-3% шляхом введення посухостійких сортів кукурудзи, раціонального їх розміщення та застосування зрошення.

Таблиця 4.5 - Кількісна оцінка степені сприятливості клімату та ефективності його використання для отримання урожаю кукурудзи в Закарпатті

Станція	$(ПУ - ДМУ)$ при $\eta, \%$			$(ДМУ - УВ)$ при $\eta, \%$			K_E при $\eta, \%$			K_C
	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	
Великий Березний	3,5	7,1	10,6	-7,7	28	63,9	1,22	0,61	0,41	0,91
Хуст	4,9	9,9	14,8	-7,4	28,7	64,8	1,20	0,60	0,40	0,88
Ужгород	14,8	29,7	44,5	-15,9	11,6	39,2	1,58	0,79	0,53	0,65
Берегово	13,8	27,6	41,4	-15,4	12,6	40,7	1,55	0,78	0,52	0,67

ВИСНОВКИ

1. За допомогою методу гармонійних зважувань були проаналізовані часові ряди урожайності кукурудзи на території Закарпатської області України за період 1999-2016 рр.

З 1996 до 2010 року відбувалось збільшення трендової компоненти, що свідчить про підвищення рівня культури землеробства за цей період. З 2010 року і до кінця періоду досліджень відбувається зменшення трендової компоненти. Падіння трендової компоненти відбулося з 47 до 41 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність склала 43,5 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і складає 0,7 ц/га.

Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної урожайності кукурудзи на території дослідження. Протягом перших семи років дослідження (1996-2002 рр.) вона не піднімалась вище 40 ц/га. У 1999, 2000 та 2001 рр. було зібрано найменші урожаї – 37, 38 та 39 ц/га відповідно. У 2004 та 2011 рр. спостерігалися найвищі урожаї – 50,7 та 47,8 ц/га відповідно.

Найбільш несприятливими для вирощування кукурудзи були 1999, 2000 та 2012 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 3, 2,5 та 2,6 ц/га відповідно.

Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи був 2004 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 6,7 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також невеликі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2005 р. – 1,6 ц/га, а також у 2014 та 2016 рр. – 1,3 ц/га.

Закарпатську область можна віднести до території дуже стабільних урожаїв. Треба відзначити, що отримані результати добре збігаються з даними В.М. Пасова, який відзначав, що найменша мінливість урожаїв спостерігається на заході України

Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Дніпропетровській області був 2001 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 8 ц/га. Також суттєві прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов були отримані у 2004 р. – 6,3 ц/га, у 2005 р. – 7,7 ц/га та у 2014 р. – 6,8 ц/га. Дуже несприятливі погодні умови склалися протягом у 199, 2003 та 2007 рр., коли від'ємні відхилення становили -4,9, -12,8 та -9,2 ц/га відповідно.

Найбільш несприятливим для Луганської області виявився 1999 р., коли від'ємне відхилення від тренду становило 5,7 ц/га. Від'ємні відхилення, які досягали у 2002 р. -3,9 ц/га, а у 2003 р. -4,1 ц/га також свідчать про несприятливі погодні умови цих років. Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Луганській області був 2007 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 9,4 ц/га.

2. Для визначення міжрічної мінливості урожаю гороху для трьох областей Північного Степу був застосований метод Алексєєва. В Донецькій області урожаї порядку 26 ц/га отримують з ймовірністю 5% (тобто раз в двадцять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише 5 ц/га. В Дніпропетровській області урожаї гороху порядку 29 ц/га отримують з ймовірністю 5 %, а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 8 ц/га. В Луганській області урожаї гороху порядку 21 ц/га отримують з ймовірністю 5 %, а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 6 ц/га.

3. Використовуючи формули, запропоновані З.А. Міщенко, були розраховані суми сумарної та фотосинтетично-активної радіації на території трьох областей Північного Степу.

4. Була дана кількісна оцінка потенційних (ПУ) і дійсно можливих (ДМУ) урожаїв гороху для трьох областей. При ККД використання сонячної радіації 1 % в Донецькій області, потенційний урожай гороху дорівнює 23,5 ц/га, в Дніпропетровській області - 23,6 ц/га, а в Луганській - 22,8 ц/га.

5. Були розраховані показники вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху (E_{ϕ}/E_0). З врахуванням показника вологозабезпеченості були

розраховані значення ДМУ. Проаналізувавши дані про ДМУ гороху, можна сказати, що за рахунок недостатньої вологозабезпеченості дійсно можливі урожаї гороху по території Північного Степу є досить сталими і не суттєво змінюються по території. При ККД використання сонячної радіації 1 % в Донецькій області, ДМУ гороху дорівнює 18,3 ц/га, в Дніпропетровській області - 16,3 ц/га, а в Луганській - 14,4 ц/га.

6. Різниця між ПУ та ДМУ, що характеризує нестачу урожаю гороху із-за того, що погодні умови не ідеальні, свідчить, що в Донецькій області складаються найбільш сприятливі умови для вирощування гороху, а на території Луганської області погодні умови, що складаються, найбільше відрізняються від ідеальних.

Аналіз коефіцієнта ефективності використання кліматичних ресурсів (K_E) означає, що у Донецькій області рівень культури землеробства найменший, а у Дніпропетровській області рівень культури землеробства істотно вище.

Можна зробити висновок, що в даний час при вирощуванні гороху у виробничих умовах ККД використання сонячної радіації посівами в Донецькій та Луганській областях знаходиться на рівні менше 1%, а в Дніпропетровській – дещо більше 1%. Отже, в трьох областях Північного Степу є резерв для отримання більш високих врожаїв гороху відповідно до біокліматичного потенціалу території. Цілком можливо підвищення ККД використання ФАР посівами до 2% за рахунок введення посухостійких сортів і гібридів, вдосконалення технології вирощування та організації на сільськогосподарських полях зрошення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жан-Поль Рену Урожайность кукурузы будет расти. Почему? Белорусское сельское хозяйство. – 2015. - №1(153) [електронний ресурс] Режим доступу: <http://agriculture.by/articles/rastenievodstvo/urozhajnost-kukuruzy-budet-rasti.-pochemu>.
2. Аналітична записка БАУ № 16 (2016). “Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні” <http://www.uabio.org/ua/activity/uabio-analytics>).
3. О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко Рослинництво: Підручник. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
4. Агрокліматичний довідник по Закарпатській області (1986-2005 рр.). За редакцією М.М. Данилюка, Т. І. Адаменко. Ужгород, 2013. – 195 с.
5. Природа Закарпатської області / Під ред. К.І. Геренчука. [електронний ресурс] Режим доступу: http://collectedpapers.com.ua/nature_of_transcarpathian_region
6. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. - Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. - 363 с.
7. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / Під загальною редакцією Д. Шпаара. – К.: Альфа-стевія ЛТД – 2009. – 396 с.
8. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометиздат, 1969. – 251 с.
9. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських культур. - Вінниця, 2013. – 724 с.
10. Шиндин А.П., Багринцева В.Н., Горбачева А.Г. и др. Кукуруза. Современная технология возделывания. Москва: ВНИИ кукурузы, 2009. - 71 с.
11. Procrop maize growth & development. State of New South Wales through NSW Department of Primary Industries, 2009. - 52 p. [електронний ресурс] Режим доступу: http://dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/007...maize.

12. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник / Польовий А.М. – Одеса: ТЕС. - 2012. – 630 с.
13. Циков В.С. Кукуруза: технологія, гібриди, семена. – Днепропетровск: Изд-во Зоря. - 2003. – 296 с.
14. Грабовський М.Б. Продуктивність кукурудзи на силос залежно від густоти стояння рослин / М.Б. Грабовський, Т.О. Грабовська // Агробіологія. – 2015. - № 2. – С. 77-82.
15. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га (практичні рекомендації) / Черенков А.В., Циков В.С., Дзюбецький Б.В., Шевченко М.С. та ін. // Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2012. – 31 с.
16. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / В.Д. Гречкосій, М.Д. Дмитришак, Р.В. Шатров та ін. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 288 с.
17. Раунер Ю.Л. Климат и урожайность зерновых культур. – М.: Наука, 1981. – 163 с.
18. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 115 с.
19. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318 с.
20. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
21. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
22. Офіційний сайт Головного управління статистики в Закарпатській області. Режим доступу: mk.ukrstat.gov.ua.uz.ukrstat.gov.ua
23. Пасов В.М. Климатическая изменчивость урожаев озимой пшеницы /В.М. Пасов // Метеорологія и гідрологія. – 1973. - № 2. – С. 94-103.

24. Ермакова Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале / Л.Н. Ермакова // Географический вестник. Пермь – 2005. – №1. – С. 100 – 112.
25. Шарипова Р.Б. Климатическая составляющая урожаев зерновых культур по зонам Ульяновской области / Р.Б. Шарипова, М.М. Сабитов, А.В. Орлов // Вестник Ульяновской ГСХА. – № 3(23). – 2013. – С. 34-36.
26. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 362 с.
27. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
28. Алпатыев А.М., Влагообороты в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 324 с.
29. Берлянд Т.Г. Распределение солнечной радиации на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 227 с.
30. Міщенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія.- Київ: КНТ, 2007. – 336 с.
31. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. – В кн.: Тимирязевские чтения, т. 15.: Изд-во АН СССР, 1956. - С. 1-94.
32. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 187 с.