

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 гороху в**
Північному Степу України

Виконав студент групи А-63
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
спеціалізації «Агрометеорологія»
Лосєв Артем Васильович

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 СТУДЕНТУ

Лосєву Артему Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв гороху в Північному Степу України»

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 7 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту середньобагаторічна метеорологічна та агрометеорологічна інформація по Донецькій, Луганській та Дніпропетровській областям, дані про фенологію гороху, часові ряди середньообласної урожайності гороху з 1999 по 2015 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості території трьох областей Північного Степу: Донецької, Дніпропетровської та Луганської; ознайомитись з методологією розрахунків еталонних урожаїв за Тоомінгом; вивчити біологічні особливості гороху, вимоги культури до умов навколишнього середовища; проаналізувати динаміку урожайності гороху на території трьох областей Північного Степу, визначити тенденцію за допомогою методу гармонійних зважувань, провести ймовірнісний аналіз урожайності; розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду гороху по областям, а також суми ФАР за вегетаційний період гороху; розрахувати еталонні урожаї гороху, порівняти їх з виробничими урожаями.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки динаміки урожайності гороху, лінії тренду та відхилень

від тренду; ймовірнісні криві урожайності гороху; результати порівняння еталонних урожаїв гороху за різних значень ККД ФАР.

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.		
2	Аналіз динаміки урожайності за методом гармонійних зважувань. Ймовірнісний аналіз урожайності гороху.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.		
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	90,0	відмінно
3	Написання текстової частини третього розділу.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.		
4	Розрахунки еталонних врожаїв картоплі на досліджуваній території. Аналіз еталонних урожаїв картоплі.	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.		
	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.		
	Виправлення помилок, дооформлення проекту. Підготовка доповіді та презентації.	29.05.2017 р.- 06.06.2017 р.		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент

_____ (підпис)

Лосєв А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Вольвач О.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА	
ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ	
УМОВ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика Луганської області.....	8
1.2 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика Донецької області.....	12
1.3 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика Дніпропетровської області.....	17
2 МОРФОЛОГІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	
ГОРОХУ	23
2.1 Морфологічна характеристика гороху.....	23
2.2 Біологічна характеристика гороху	26
2.2.1 Відношення гороху до тепла.....	26
2.2.2 Відношення гороху до вологи.....	27
2.2.3 Відношення гороху до світла.....	28
2.2.4 Відношення гороху до ґрунтів та мінерального живлення.....	29
2.3 Сучасні сорти гороху.....	30
2.4 Технологія вирощування гороху.....	32
3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ	
УРОЖАЇВ ГОРОХУ НА ТЕРИТОРІЇ ОБЛАСТЕЙ	
ПІВНІЧНОГО СТЕПУ	37
3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур.....	37
3.2 Дослідження динаміки урожайності гороху по областям Північного Степу.....	41

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв гороху	49
4 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВРОЖАЇВ ГОРОХУ РІЗНОГО РІВНЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ.....	56
4.1 Сучасний стан методів фізико-статистичного моделювання продуктивності сільськогосподарських культур.....	56
4.2 Методи оцінки радіаційно-світлових ресурсів територій.....	60
4.3 Агрокліматична оцінка потенційних і дійсно можливих урожаїв гороху в Північному Степу.....	63
4.4 Порівняльна оцінка ступеня сприятливості клімату для виращування гороху.....	68
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74

ВСТУП

Горох вирощують головним чином як продовольчу і кормову культуру. Насіння гороху в середньому містить 28 % білка, 50 % вуглеводів, 1,6 % жиру, 2,5 % зольних речовин. Біологічна цінність білка гороху визначається збалансованим умістом у ньому незамінних амінокислот, які життєво необхідні для організму, але можуть синтезуватися тільки рослинами. У зерні гороху, крім білка, містяться й інші азотисті сполуки: вільні амінокислоти, їх амід, нуклеїнові кислоти, пептиди, азотисті основи, мінеральний азот (разом 2-8 %).

Вуглеводи гороху представлені в основному крохмалем і цукром, що визначає його смакові якості. Для зеленого горошку та недозрілих бобів овочевих сортів у свіжому і консервованому вигляді характерний високий уміст активних протисклеротичних речовин, зокрема холіну. Зелений горошок і недозрілі боби гороху багаті на вітаміни (А, В₁, В₂, РР, С), мінеральні речовини. Насіння гороху добре розварюється, а продукти харчування з нього відзначаються високою поживністю та приємними смаковими якостями.

Горох використовують на зелений корм, силос, сінаж, сіно, як компонент у комбікормах. В 1 кг зерна міститься 1,17 кормових одиниць і 180-240 г перетравного протеїну, а в 1 кг зеленої маси - 0,13 кормових одиниць і 25 г перетравного протеїну. Горохово-злакові суміші використовують для приготування силосу, трав'яної муки, на зелений корм. Введення гороху в раціон тварин дозволяє зменшити витрати кормів, збільшити вихід тваринницької продукції та здешевити її собівартість [1].

Переорієнтація сільськогосподарського виробництва на найбільш рентабельні культури призвела до суттєвих змін науково обґрунтованої структури посівних площ і зниження загальної культури землеробства. Розбалансованість кліматичних елементів, яка спостерігається в останні

роки, посилюється ситуативністю в розміщенні культур, призводить до дестабілізації фітосанітарної обстановки в агроценозах і зумовлює непрогнозовані коливання валових зборів продукції рослинництва. Значною мірою це обумовлено зниженням частки зернобобових культур, зокрема гороху, у сівоzmінах. Основою стабільного розвитку галузі рослинництва має стати гармонійне поєднання в єдиному виробничому комплексі - сівоzmіні - разом із зерновими також зернобобових культур. Таке поєднання сприяє отриманню різноманітної продукції і знижує ризики, пов'язані з негативними агрокліматичними умовами і ринковими коливаннями.

У процесі синтезу білка рослини гороху в симбіозі з бульбочковими мікроорганізмами засвоюють азот повітря, недоступний для більшості інших рослин. Крім цього до 50-100 кг/га симбіотичного азоту накопичується в ґрунті, що визначає цінність гороху як одного з кращих попередників для інших сільськогосподарських культур. Велике значення при цьому мають відносно короткий вегетаційний період і висока біологічна активність кореневої системи, яка здатна засвоювати фосфорнокислі та інші важкодоступні для зернових злаків поєднання. Роль гороху у покращенні середовища визначається також його здатністю підвищувати фітосанітарну стійкість сівоzmінів і стабілізувати баланс гумусу. Як попередник він сприяє підвищенню ефективності використання органічних добрив іншими культурами, особливо зерновими та технічними [2].

У культурі горох відомий дуже давно. Первинними центрами походження гороху, на думку Л.І. Говорова, є Афганістан та Індія. Науковець припускає наявність другого центру різноманітності вирощуваних форм гороху в Середземномор'ї. У середземноморських країнах (Іспанії, Італії, Сербії, Хорватії) він був відомий за 5 тис. років до н. е. На території України горох почали вирощувати за 500 років до н. е., про що свідчать розкопки, проведені поблизу Харкова.

Сьогодні горох вирощують у всіх країнах Європи, у Росії, Канаді, США, Китаї та ін. Світова площа посіву його становить близько 7 млн га. За

останні двадцять років посівні площі гороху в Україні значно зменшилися. У 2006-2016 рр. найбільша посівна площа гороху - 360 тис. га була в 2012 р., за валового виробництва зерна 615 тис. га. У 2014 і 2015 рр. посівні площі гороху в Україні необґрунтовано скоротилися відповідно до 151 і 132 тис. га. Найбільше гороху сіють у Лісостепу (55 % від загальної посівної площі). У Степу і на Поліссі зосереджено відповідно 25 і 20 % площ посіву цієї культури. Середня врожайність насіння гороху становить 2,3 т/га. У кращих господарствах збирають по 4,5-5,0 т зерна з 1 га [1].

Не дивлячись на підвищення культури землеробства за останні роки, а також виведення нових сортів гороху, які відрізняються високим потенціалом урожайності, виробничі урожаї культури виявляються значно нижче біологічних можливостей сортів і не відповідають, у більшості випадків, біокліматичному потенціалу території її вирощування.

Метою даного дипломного проекту є оцінити просторово-часову мінливість середньообласних виробничих урожаїв гороху за останнє двадцятиріччя по території Північного Степу України (Луганської, Донецької та Дніпропетровської областей) та вплив агрокліматичних умов на формування продуктивності культури. Були використані багаторічні дані про середньообласну урожайність гороху, а також метеорологічні та фенологічні дані мережі гідрометстанцій Луганської, Донецької та Дніпропетровської областей [3-5] та матеріали Агрокліматичного довідника України [6].

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика Луганської області

Луганська область розташована у південно-східній частині України - між 47°49' і 50°05' північної широти та 37°52' і 40°13' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 170 км, з півночі на південь - 270 км. Загальна площа області - 26,7 тис. км² (4,4 % території України). На півночі, сході та півдні Луганська область межує з Росією (Белгородська, Воронежська та Ростовська області), на північному заході - із Харківською, на південному заході - з Донецькою областю.

Рельєф. Поверхня області - хвиляста рівнина, що простягається від долини Сіверського Донця на північ та південь, де знаходиться Донецький кряж. Найвища точка Донецького кряжу - курган Могила Мечетна, висотою 367 м над рівнем моря, розташована у м. Петровське Луганської області. У цьому місці проходить найвища гряда Донецького кряжу, яка поступово знижується у південно-східному напрямку. Найбільш характерною рисою кряжу є чергування горбкуватих вододільних просторів з річковими долинами (глибокими, з крутими берегами) та сухими балками. У долині річок Міус та Нагальної висота Донецького кряжу зменшується і південні схили переходять у Приазовську берегову рівнину.

Північно-східна частина області (близько 60 % території) представляє собою рівнину з ярами, зарослими балками і відрогами Середньоруської височини, висота яких досягає 200 м та більше. Ця частина області порізана невеликими долинами лівих приток Сіверського Донця, які течуть у меридіональному напрямку та поділяють територію на ряд вододільних плато, придатних для використання у сільському господарстві. Уздовж лівого

берега Сіверського Донця тягнеться порівняно неширока (16-18 км) терасова рівнина, складена головним чином пісками, місцями сформованими в дюни.

Гідрографія. Луганщина вважається найменш забезпеченим водними ресурсами регіоном України. Густота річкової мережі області незначна. У басейні Сіверського Донця, який займає понад 90 % території області, вона складає всього 0,15 км/км². В області протікає 123 річки, 6 із яких мають довжину більше 100 км. Річки області живляться переважно сніговими, дощовими та підземними водами. Усі річки є типово рівнинними водотоками, протікають у широких терасованих долинах. У цілому режим річок характеризується нерівномірним розподілом стоку впродовж року - короткочасним весняним паводком і тривалим низьким рівнем в літньо-осінній період.

У заплаві Сіверського Донця, Айдара та інших річок є близько 60 озер, загальною площею більше 600 га. На території області нараховується 760 ставків з площею водного дзеркала понад 2800 га. Є також водосховища на річках.

Ґрунти. Луганська область розташована на території двох ґрунтових провінцій Донбасу: Донецького північного степу та Задонецького північного степу.

Ґрунтовий покрив Донецького північного степу представлений чорноземами звичайними на лесовидних породах. На вершині Донецького кряжу зустрічаються чорноземи звичайні глибокі, чорноземи потужні та опідзолені на лесовидних породах. На схилах із розвиненим ерозійно-балочним рельєфом поширені еродовані чорноземи і дернові розвинені та слаборозвинені ґрунти на елювії щільних порід дочетвертичного періоду.

Задонецький північний степ розташований в основному в межах Луганської області. Основний ґрунтовий покрив складають чорноземи звичайні малогумусні та середньогумусні на лесових породах, дернові ґрунти легкого механічного складу. На понижених формах рельєфу розповсюджені лугові солонцюваті ґрунти. Легкі за механічним складом ґрунти зазнають

вітрової ерозії. Процент еродованості ґрунтів досягає 70-80 %.

Кліматичні та агрокліматичні умови. Клімат Луганської області помірно-континентальний, з вираженими посушливо-суховійними явищами. Зима малосніжна, нестійка, літо тепле з нестійким зволоженням та посушливими періодами.

Середня температура повітря за рік на більшій частині території області становить 7,4-8,1°C, у низині південної частини області - 8,8°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить -3,5-5,3°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) становить 20,9-22,4°C.

Зими на Луганщині нестійкі, з частими тривалими відлигами та мінливими температурами. Зимовий період на лівобережній частині області триває в середньому 105-110 днів. Сніговий покрив утворюється наприкінці першої -початку другої декади грудня, а руйнується на початку березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму складає 68-93 дні, середня висота снігу за зиму становить 2-12 см. В останні десятиріччя досить часто відмічаються роки без сталого снігового покриву. Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 27 до 48 см.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 205-216 днів, починається в середньому по області 29 березня - 3 квітня і закінчується 25-31 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 5°C за цей період на більшій частині території області змінюється від 3170°C до 3300°C, у низині правобережної частини області накопичується в середньому 3460°C.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 170-182 дні, змінюючись в окремі роки від 148 до 199 днів, починається 14-17 квітня і закінчується 4-7 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10°C за цей період змінюється від 2920°C до 3150°C. В окремі роки ця сума коливається від 2500 до 3510°C.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і

вище), триває по області 113-126 днів - з 15-20 травня до 9-19 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15°C за цей період змінюється від 2140°C до 2470°C.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Луганської області поділено на три агрокліматичних райони: достатнього теплозабезпечення та нестійкого зволоження; достатнього теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження. Карта-схема агрокліматичного районування території надається на рис. 1.1, а легенда до неї - у табл. 1.1.

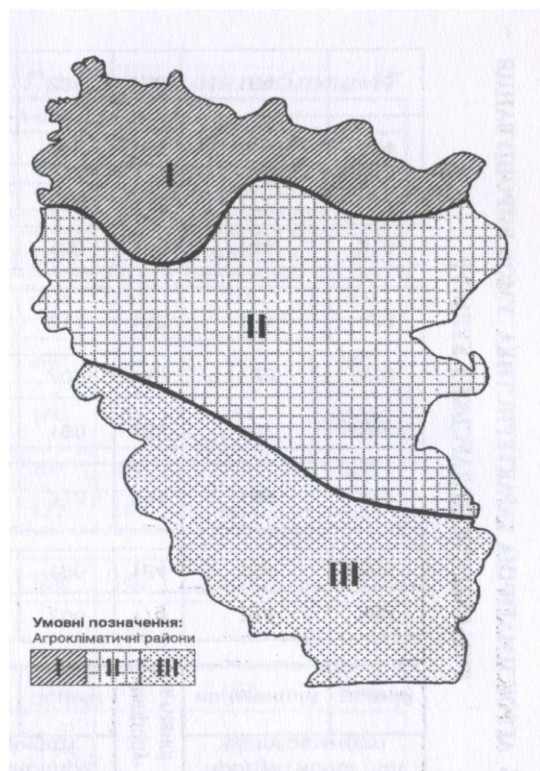


Рисунок 1.1 – Схема агрокліматичного районування
Луганської області [3]

Атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період

активної вегетації сільськогосподарських культур (ГТК становить 0,5-0,8), має ймовірність 90 % на більшій частині території області. Відсутність опадів протягом 11-20 днів відмічається впродовж всього вегетаційного періоду.

Таблиця 1.1 - Показники агрокліматичного районування області [3]

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума активних температур повітря, °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Достатнього теплозабезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	2870-2900	310-315	1,0
II. Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2900-2970	280-305	1,0
III. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження	3000-3130	300-305	0,8-0,9

Середня обласна кількість опадів за рік становить 556 мм, змінюючись по території від 528 до 617 мм. Близько 60% від річної кількості опадів випадає у теплий період року.

Перші осінні заморозки у повітрі спостерігаються наприкінці вересня-початку жовтня, останні весняні - наприкінці квітня - початку травня. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області у повітрі становить 135-178 днів, на поверхні ґрунту - 130-144 дні.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи [3].

Фізико-географічна та агрокліматична характеристика

Донецької області

Донецька область розташована у східній частині України, між 46° 53' і 49° 15' північної широти та 36° 33' і 39° 08' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 180 км, з півночі на південь – 255 км.

Загальна площа області дорівнює 26,5 тис. км². На півночі Донецька область межує з Харківською, на сході – з Луганською, на південному сході – з Ростовською областю (Росія), на заході – з Дніпропетровською, на південному заході – із Запорізькою областю. На півдні Донецька область омивається Азовським морем, узбережжя якого має довжину 120 км.

Рельєф Донецької області різноманітний, з характерною сильною ерозією ґрунтів і має вигляд хвилястої рівнини, розсіченої річковими долинами, балками та ярами. За характером рельєфу область поділяють на кілька геоморфологічних частин: Донецька височина (Донецький кряж), Приазовська височина, Придонецька терасна рівнина, Приазовська низовина. Найважливіша роль в геоморфології області належить Донецькому кряжу, що займає північно-східну частину території області. Це рівнинні межирічні простори, що чергуються з долинами, які мають гірський характер.

Поверхня Донецького кряжу глибоко розчленована численними ярами та балками і долинами малих річок. У південно-західному напрямку Донецький кряж межує із Приазовською височиною по долинах річок Кашлигач (притока р. Мокрі Яли) і Волновахи (притока р. Кальміусу). Рельєф височини зумовлений близьким заляганням кристалічного фундаменту. Найбільша висота – 278 м.

Приазовська височина менше покрояна ніж Донецький кряж, має переважно рівну поверхню, вкриту чорноземними ґрунтами. На півдні Приазовська височина поступово переходить у берегову рівнину, що має слабохвилястий рельєф і круто обривається біля Азовського моря – Приазовська низовина.

До знижених геоморфологічних утворень належить Придонецька терасна рівнина, що простягається на півночі області шириною від 6 до 30 км і є Донецькою частиною Дніпровсько-Донецької западини.

Гідрографія. На території Донецької області знаходяться переважно малі ріки (довжиною до 100 км), а також верхів'я річок, що витікають за межі території області: Самара, Вовча, Міус, Лугань. На півночі область

перетинає серединна частина течії (протяжністю 96 км) ріки Сіверський Донець, що разом із притоками Казенний Торець, Бахмут, Лугань, належить до басейну Дону. Річка Вовча з притоками Сухі та Мокрі Яли впадає в ріку Дніпро. Найбільші по протяжності на території області річки Кальміус (209 км), Кринка (170 км), Кальчик (91 км) належать до басейну Азовського моря. Всі річки належать до рівнинного типу, живляться переважно сніговими, дощовими та підземними водами.

Природний режим річок значно змінений внаслідок зарегульованості великою кількістю водосховищ і ставків. Всього в області нараховується 154 водосховища.

Ґрунти. Ґрунтовий покрив Донецької області різноманітний. На території області виділено близько 60, а з урахуванням механічного складу більше 200 різновидів Ґрунтів. Тут спостерігаються чорноземи звичайні на лесових породах і щільних глинах, чорноземи на елювії щільних порід і пісках, лугові, чорноземно-лугові, болотні, солонцюваті, дернові, опідзолені, намиті і розмиті Ґрунти. На переважній частині території області найбільш поширені чорноземи звичайні середньогумусні, малогумусні легкоглинисті на лесових та дрібноземистих породах (близько 80 % ріллі області), у тому числі чорноземи слабозмиті. У цих Ґрунтів майже однакова будова профілю. Товщина гумусового горизонту становить 35-40 см. Чорноземи області характеризуються високим вмістом гумусу (4,5-6,8 %), нейтральною та слабокислою реакцією Ґрунтового розчину, мають добру родючість.

На території області виявлено більше ніж на половині площ ріллі еродовані Ґрунти. Еродовані Ґрунти мають знижену водопроникність та вологоємність, що зумовлює посилення стоку води та сприяє змиву найбільш родючої частини орного шару, а також зменшенню накопичення вологи в Ґрунті. Сильно еродовані Ґрунти найменш родючі.

Кліматичні та агрокліматичні умови. Клімат Донецької області континентальний, з посушливо-суховійними явищами. Зима порівняно холодна, із нестійким сніговим покривом, літо часто спекотне та посушливе.

Переважають вітри східного та південно-східного напрямку. Середня температура повітря за рік по області становить 7,5-9,6°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить -2,5-5,1°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 21,2-23,0°C.

Зимовий період на Донеччині в середньому триває 93-113 днів – з 20–29 листопада до 2–13 березня.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 207–223 днів, починається в середньому по області 28 березня – 4 квітня і закінчується 31 жовтня – 6 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5°C за цей період змінюється від 3200 °C на півночі області до 3600 °C на півдні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 170-180 днів, починається 15–18 квітня і закінчується 5–15 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °C, що накопичується за цей період, становить від 2920- 3300 °C на півдні. В окремі роки ця сума досягає 3340-3660 °C.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і вище), триває в області 115-135 днів – з 14–22 травня до 15–25 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °C за цей період в середньому складає від 2200 °C на північному сході області до 2700 °C на півдні.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур територію Донецької області поділено на три агрокліматичні райони: достатнього теплозабезпечення і недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення і недостатнього зволоження та високого рівня теплозабезпечення посушливий (рис. 1.2, табл. 1.2) [4].

Середня обласна кількість опадів за рік становить 570 мм, змінюючись по території від 520 до 620 мм. Близько 60 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року – 290–370 мм, тобто в середньому оптимальна потреба в опадах більшості с.-г. культур забезпечена на 50 %. У найбільш

посушливі роки опадів випадає у 1,5-3 рази менше. Недобір опадів, особливо в поєднанні з високими температурами, обумовлює ґрунтову засуху.

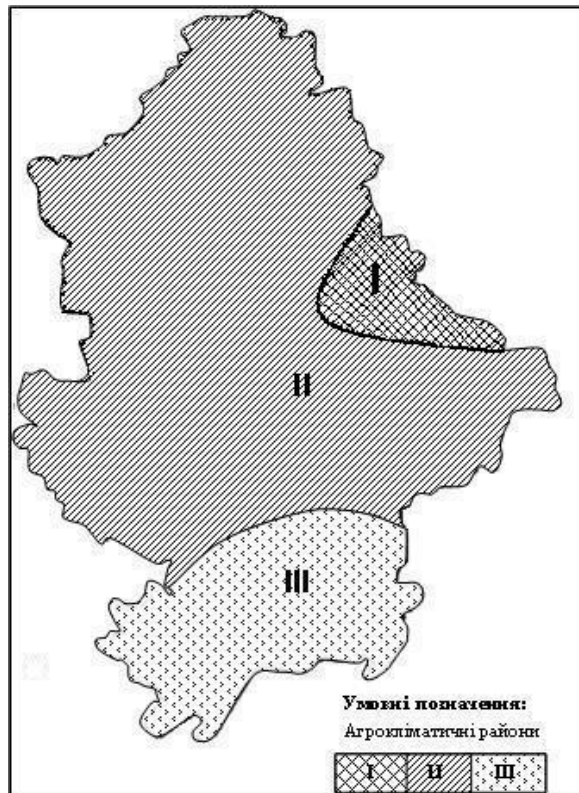


Рисунок 1.2 – Схема агрокліматичного районування
Донецької області [4]

Таблиця 1.2 - Показники агрокліматичного районування області [4]

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума активних температур повітря, °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Достатнього теплозабезпечення, недостатнього зволоження	2900-3000	290-300	1
II. Високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження	3000-3200	290-320	1
III. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	3150-3300	250-290	0,8-0,9

Тривале бездощів'я, що нерідко спостерігається у період активної вегетації рослин, посилює сухість повітря. У вегетаційний період на території

області відмічається від 14 до 19 днів із суховіями різної інтенсивності (лише на Азовському узбережжі в середньому 3 дні з суховіями).

Восени часто виникає ґрунтова засуха. Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи і заморозки.

Перші осінні заморозки у повітрі спостерігаються в першій–другій декаді жовтня, останні весняні – у другій–третій декаді квітня (на крайньому півдні – у першій декаді квітня). Середня тривалість беззаморозкового періоду у повітрі становить 158-197 днів, на поверхні ґрунту – 134-174 дні.

Сніговий покрив зазвичай утворюється наприкінці листопада – на початку грудня, а руйнується у першій декаді березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить по області 50-95 днів, середня висота снігу за зиму 6-12 см. В останні десятиріччя досить часто відмічаються роки без сталого снігового покриву, або взагалі безсніжні зими.

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 20 до 40 см, а середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить 2,3-3,6 ° морозу [4].

1.3 Фізико-географічна та агрокліматична характеристика Дніпропетровської області

Дніпропетровська область розташована у південно-східній частині України, між 49° 12' і 47° 28' північної широти та 33° і 37° східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 270 км, з півночі на південь – 200 км. Загальна площа області дорівнює 31,9 тис. км², що складає 5,3 % території країни. На півночі Дніпропетровська область межує з Полтавською і Харківською областями, на сході – з Донецькою, на заході – з Миколаївською і Кіровоградською, на півдні – із Херсонською та Запорізькою областями. Дніпропетровська область розташована в басейні середньої і нижньої течії Дніпра.

Рельєф. Рельєф Дніпропетровської області рівнинний, сильно порізаний долинами р. Дніпро, її притоків, ярами та балками.

Придніпровська височина, її південні відроги займають майже всю правобережну частину області, вклинюється на територію області з північного заходу паралельно течії р. Дніпро, поступово знижуючись і обриваючись в районі порожистої частини крутим уступом. Придніпровська низовина заходить в межі області в напрямку з півночі на південний схід і займає долини і межириччя рік Оріль і Самара. На південному сході поверхня поступово підвищується, тут починаються відроги Донецького кряжу і Приазовської височини, у цьому місці, біля с. Просяна, знаходиться найвища точка Дніпропетровської області – 211 м.

На південному заході області розташована Причорноморська низовина. Поверхня низовини відзначається неглибоким розчленуванням рельєфу річковими долинами – 50–70 м. Середня відмітка земної поверхні низовини в межах області – 50 м, найменша – 16 м в долині р. Інгулець.

Гідрографія. У Дніпропетровській області нараховується близько 340 річок довжиною більше 10 км. Сумарна довжина всіх річок на території області становить понад 7 тис. км.

Вся територія Дніпропетровської області відноситься до басейну Дніпра. Головна водна артерія – р. Дніпро перетинає область з півночі на південь, потім протікає вздовж південної межі області зі сходу на захід. Протяжність Дніпра в межах області – 261 км. Головні притоки Дніпра: лівобережні – Оріль, Самара з Вовчою, Кільчень; правобережні – Мокра Сура, Базавлук, Інгулець з притоками Вісунь і Саксагань.

Всі ріки рівнинного типу, тип водного живлення – східноєвропейський, переважає снігове живлення (близько 70 % стоку), влітку ріки міліють і часто пересихають.

Озер в області нараховується близько 200, їх загальна площа більше 25 км². На території області розташовані частини трьох водосховищ Дніпровського каскаду: Дніпродзержинське, Дніпровське і Каховське, які

належать до класу надвеликих (об'єм більше 1 млрд. м³). Крім того, в області розташоване одне велике водосховище (Карачунівське на р. Інгулець), 9 середніх і 96 малих. Загальна кількість водосховищ – 109. Ставоків в області нараховується 2,72 тис. шт. Ставки і водосховища використовуються для питного і промислового водопостачання, зрошення, риборозведення і рекреації. Водними ресурсами область забезпечена найбільше серед областей України, але вони розподілені нерівномірно, в основному скупчені у водосховищах Дніпровського каскаду.

Ґрунти. Основу ґрунтового покриву області складають чорноземи звичайні, що відрізняються як за потужністю гумусового шару, так і за механічним складом – від важкосуглинкових до легкоглинистих. На їхню частку припадає близько 74 % всієї площі с.-г. угідь. Ґрунти мають високу потенційну родючість та здатність забезпечувати с.-г. культури певною кількістю елементів живлення.

При переміщенні з півночі на південь області, чорноземи звичайні малогумусні потужні переходять спочатку в середньопотужні, потім – в малогумусні, а останні – у чорноземи південні. Чорноземи лучні, лучно-чорноземні та лучні ґрунти розповсюджені у заплавах річок та на надзаплавних терасах.

Кліматичні та агрокліматичні умови. Клімат Дніпропетровської області помірно-континентальний. Ступінь континентальності збільшується із південного заходу на північний схід, на що вказує збільшення амплітуди добових та річних температур повітря.

Однією з особливостей клімату Дніпропетровщини є значні коливання погодних умов з року в рік. Помірно вологі роки змінюються різко посушливими, які нерідко посилюються дією суховіїв. Взагалі клімат характеризується відносно холодною зимою з нестійким сніговим покривом та жарким, посушливим літом.

Середня температура повітря за рік по області становить 8,4–9,8°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить -2,3–4,0°C,

середня температура липня (найтеплішого місяця) становить 21,4–22,9°C. Зимовий період на Дніпропетровщині триває 87–99.

Веgetаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 215–227 днів, сума позитивних температур повітря вище 5°C за цей період змінюється від 3345°C на заході області до 3650°C на півдні.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 174–183 дні, змінюючись в окремі роки від 147 до 199 днів, сума позитивних температур повітря вище 10°C за цей період змінюється від 3020°C на заході області до 3360°C на півдні.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °C і вище), триває в області 121–136 днів, середня сума позитивних температур повітря вище 15°C за цей період змінюється від 2320°C на заході області до 2725°C на півдні.

Середня обласна кількість опадів за рік становить 523 мм, змінюючись по території від 460 до 607 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 253 до 914 мм. У теплий період року (квітень–жовтень) опадів випадає 282–386 мм або 60–68 % від річної кількості. У найбільш посушливі роки їх випадає в півтора – два рази менше. Недобір опадів порівняно з нормою, особливо в сукупності з високими температурами, обумовлює ґрунтову засуху. Тривале бездощів'я, що нерідко спостерігається у період активної вегетації рослин,

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур територію Дніпропетровської області поділено на три агрокліматичних райони: Північно-східний – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження; Центральний – високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження; Південний – високого рівня теплозабезпечення, посушливий.

Схема агрокліматичного районування Дніпропетровської області наводиться на рис. 1.3., а характеристики агрокліматичних районів – у таблиці 1.3 [5].

Середня обласна кількість опадів за рік становить 523 мм, змінюючись по території від 460 до 607 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 253 до 914 мм. У теплий період року (квітень–жовтень) опадів випадає 282–386

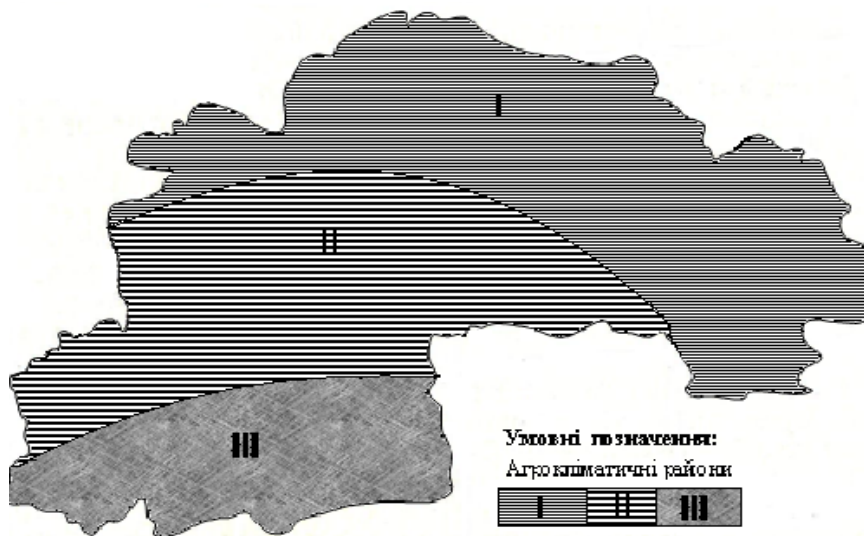


Рисунок 1.3 - Схема агрокліматичного районування Дніпропетровської області [5]

Таблиця 1.3 – Показники агрокліматичного районування області [5]

Агрокліматичні райони та підрайони	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації с.-г. культур		
	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	сума позитивних температур повітря вище 10 °С	кількість опадів, мм
I. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження	1,0-1,1	3000-3050	300-330
II. Високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження	0,8-0,9	3060-3160	260-290
III. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	0,7	3190-3360	230-240

мм або 60–68 % від річної кількості. У найбільш посушливі роки їх випадає в півтора – два рази менше. Недобір опадів порівняно з нормою, особливо в сукупності з високими температурами, обумовлює ґрунтову засуху. Тривале бездощів'я, що нерідко спостерігається у період активної вегетації рослин, посилює сухість повітря.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області у повітрі становить 164–188 днів, на поверхні ґрунту – 140–165 днів. У вегетаційний період на території області відмічається від 11 до 23 днів із суховіями різної інтенсивності. Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

Сніговий покрив на переважній частині території області утворюється в другій декаді грудня, а руйнується у другій та третій декадах лютого, середня найбільша висота снігу за зиму за даними снігозйомки – 4–11 см. В останні десятиріччя досить часто відмічаються роки без сталого снігового покриву, або взагалі безсніжні зими. Середня з найбільших значень глибини промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 30 до 40 см [5].

2 МОРФОЛОГІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОХУ

2.1 Морфологічна характеристика гороху

Горох (*Pisum sativum*) – однорічна трав'яниста рослина, яка відноситься до родини Бобові (*Fabaceae*) підродини Мотилькові (*Papilionaceae*).

Коренева система гороху стрижнева, зі значною кількістю бічних коренів, розміщених переважно в орному шарі. Головний корінь проникає на глибину до 1,5 м [1].

Корені здатні засвоювати важкорозчинні й малодоступні для злаків мінеральні поєднання не тільки з орного, але й з більше глибоких шарів ґрунту, однак основна їхня маса зосереджена в орному шарі ґрунту. Як азотфіксуюча культура, горох залишає після себе в корневих і пожнивних залишках від 50 до 100 кг азоту на 1 га, що відповідає вмісту азоту в 10-20 т гною. Тому горох, як і інші бобові культури, є гарним попередником для багатьох овочевих культур [7].

Стебло гороху округле, нечітко чотиригранної форми, пухте всередині, легко вилягає, поділене вузлами на міжвузля. Довжина стебла залежно від сорту й умов вирощування варіює від 25 до 300 см. Стебла поділяються на низькі (карликові) - до 50 см, напівкарликові – 50-80 см, середні - 80-150 см і високі - більше 150 см.

Стебла гороху залежно від характеру розміщення бобів поділяють на прості (у межах плодової зони квітки і відповідно плоди розміщені більш-менш рівномірно) і фасційовані (у верхній - плодовій частині - плоско розширені) [1].

Листок гороху складний, зазвичай складається з прилистка, черешка, який закінчується непарною кількістю вусиків (3-5, іноді 7), і 2-3 пар листочків (рис. 2.1). Кількість листочків і вусиків більш-менш постійна (але у вегетативній частині менша, ніж у генеративній). За допомогою вусиків

(видозмінених листочків) горох чіпляється за будь-яку опору. Завдяки цьому полегло стебло гороху набуває здатності рости у вертикальному положенні.

Іноді листок гороху може бути вусатим (безлисточковим). У цьому разі він складається з черешка, який переходить у багаторазово розгалужену головну жилку, що закінчується вусиками.

Листочки гороху різні за формою: видовжені, яйцеподібні, оберенояйцеподібні, широкояйцеподібні, оберненоширокоюяйцеподібні та округлі. Листочки мають жовтувато-зелене, світло-зелене, зелене, темно-зелене та сизо-зелене забарвлення.

Рослини гороху вкриті восковим нальотом. Окремі форми його не мають, через що зелений колір стебла, черешків і листочків набуває більш яскравого смарагдового відтінку.

Суцвіття гороху - китиця; у фасційованих форм - несправжній зонтик. Квітконос відходить від пазухи прилистника, несе 1-2, рідше 3 і більше листків. Довжина квітконоса - більш-менш постійна ознака, порівнювана з довжиною прилистника [1].

Квітки розташовуються у вузлах стебла. Квітки гороху пазушні, їх по 1-2 на квітконосі, кількість квіток на одній рослині є сортовою ознакою в період масового цвітіння. При наявності двох і більше квіток на квітконосі раніше розвивається квітка, розташована ближче до його основи, а верхня квітка - пізніше. Різниця в часі розвитку окремих квіток на одному квітконосі становить звичайно одну добу. Горох - самозапильна рослина, однак у південних районах у жаркі роки можливе перезапилення [7, 8].

Плід гороху - різний за формою та розмірами біб. За будовою стулок бобу розрізняють луцильні та цукрові форми гороху. У луцильних форм стулки мають внутрішній жорсткий, так званий пергаментний шар, який складається із 2-3 шарів здерев'янілих і 1-2 рядів незадерев'янілих клітин. У цукрових форм стулки плоду не мають пергаментного шару, у напівцукрових він розвинений частково, окремими місцями у вигляді смуг.

За формою боби можуть бути прямі, слабозігнуті, вигнуті, шаб-

леподібні, серпоподібні та увігнуті. За розмірами плоди поділяють на дрібні (3,0-4,5 см), середні (4,5-6,0 см), великі (6-10 см) і дуже великі (10-15 см). Плоди мають жовте, світло-зелене, зелене, темно-зелене, фіолетове забарвлення.

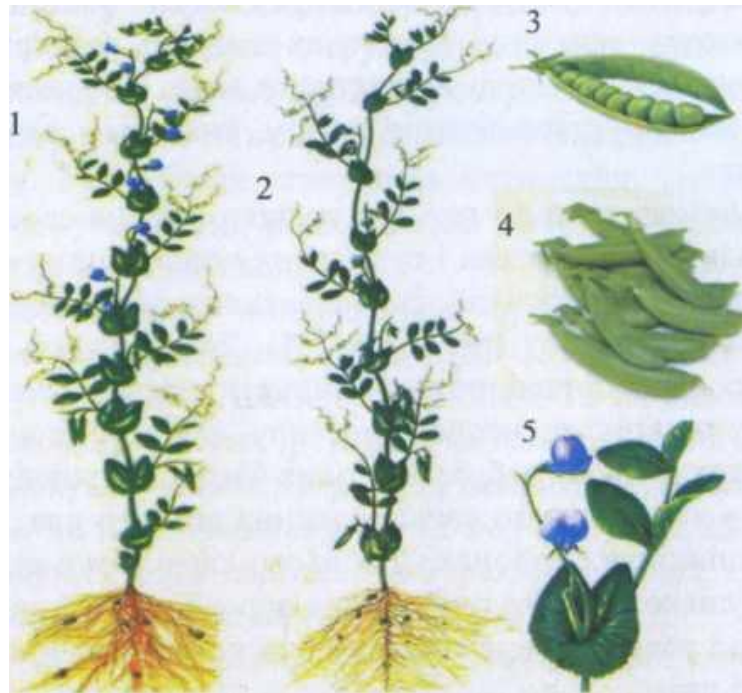


Рисунок 2.1- Горох: польовий (1) і посівний (2) у фазі цвітіння-формування плодів; розкритий біб гороху посівного (3), плоди гороху (4), фертильний вузол гороху польового (5) [1]

Насіння сортів гороху зернового напряму використання має світло-жовте, жовто-рожеве, рідше зелене, помаранчеве і темно-зелене забарвлення. Насіння овочевих сортів гороху переважно сизо-зеленого, іноді жовто-зеленого, жовтого і рідко - оливкового забарвлення.

Кількість насінин у плоді варіює в значному діапазоні - від 3 до 17 шт. Крупність насінин - важлива сортова ознака. Дрібні насінини мають діаметр 3,5-5,0 мм і масу 1000 шт. не менше 150 г; середнє насіння - діаметр 5,0-7,0 мм і масу 1000 шт. 150-250 г; крупне - діаметр 7,0-10,5 мм і масу 1000 шт.

більше 250 г [1].

2.2 Біологічна характеристика гороху

Довжина вегетаційного періоду є сортовою ознакою гороху. При найбільш сприятливих умовах залежно від швидкостиглості різні сорти гороху можуть вегетувати протягом від 45 - 50 до 120-125 днів. При різких змінах умов вирощування (температури, довжини світлового дня, інтенсивності освітлення, рівня агротехніки) спостерігаються дуже сильні зміни в довжині вегетаційного періоду й строках проходження репродуктивних фаз [7].

2.2.1 Відношення гороху до тепла

Горох – культура порівняно холодостійка. Для нормального розвитку сходів достатня температура 5°C. При 10°C сходи з'являються через 5-7 днів. Сходи більшості сортів переносять заморозки до - 4 °C. Все це свідчить про можливість і доцільність сівби гороху в ранні терміни.

Веgetативні органи добре формуються при невисокій температурі (2-16°C). Вимоги до тепла підвищуються в період утворення плодів (до 16-20°C), а під час росту бобів і наливу насіння – до 16-22°C. Жарка погода (вище 26°C) несприятлива для формування врожаю. Сума активних температур для найпоширеніших сортів становить за вегетацію всього 1200-1600 °C [8].

Надземна частина найбільш холодостійких сортів гороху за умов відповідного загартування здатна витримувати зниження від'ємної температури до 12°C. Надземна частина рослин зимостійких сортів переносить без ушкоджень зниження температури до – 22 – 20°C, однак їх коренева система менш морозостійка і ушкоджується вже при температурі – 8 – 10 °C на глибині 4-6 см. В період плодоношення найбільш чутко реагують

на зниження температури молоді боби, які підмерзають при зниженні температури до -2°C [7]. Сходи переносять короткочасні заморозки до $5-7^{\circ}\text{C}$. Проте, у фазі цвітіння заморозки в $2-4^{\circ}\text{C}$ згубні для цієї культури [9].

2.2.2 Відношення гороху до вологи

Горох вимогливий до вологи. Для набрякання й проростання необхідно 100-120 % води від сухої маси насіння. Ранній посів у вологий шар ґрунту при рівній поверхні поля створює умови для швидкого, рівномірного набрякання насіння і утворення дружних сходів. У періоди бутонізації, цвітіння й зав'язування бобів гороху потрібна волога, нестача води в цей час викликає опадання квіток і зав'язей. Варіювання врожаю в гороху в основному пов'язане з мінливістю числа бобів, що сформувалися на одиниці площі. Сприятливі умови вологозабезпеченості в цей період особливо важливі для формування високого врожаю.

У розвитку гороху виділяють два критичних періоди за реакцією на нестачу вологи. Перший – через 15-25 днів після сходів, другий – у період бутонізації – цвітіння, коли відбувається реалізація закладених у рослини потенційних можливостей. У період бутонізації – цвітіння необхідно створювати оптимальні умови зволоження і живлення, тоді довше буде продовжуватися цвітіння і більше сформується бобів [10].

На підставі аналізу залежностей величин урожаїв від фактора зволоження в різні періоди В.Ф. Панина встановила для умов центральної частини Нечорноземної зони 30-денний критичний період, що охоплює 20 днів до початку цвітіння й наступних 10 днів [11].

Однак урожай є результатом інтегрального впливу багатьох факторів протягом усього вегетаційного періоду, а не тільки критичного. Це підтверджується даними Д.П. Федюшиної, згідно яким високі або низькі врожаї гороху обумовлюються підвищенням або зниженням кількості опадів, що випали протягом всіх міжфазних періодів, включаючи й критичний

період. Виключенням є період від сівби до утворення сходів, це можна пояснити, оскільки в даний період першорядне значення для утворення нормальних сходів має вологість ґрунту з весни [12].

В посушливі роки (особливо коли в період від сходів до кінця цвітіння запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять менше 25 мм) різко знижує врожай – опадають квітки, зменшуються озерненість бобів, маса 1000 насінин. Негативно впливає на урожайність зерна гороху і надмірна волога - розвивається велика вегетативна маса, на що витрачається багато поживних речовин, рослини сильно уражуються хворобами. На півдні горох добре реагує на зрошення [13].

Режим зрошення гороху складається з вологозарядкового і вегетаційних поливів. Вологозарядковий полив проводять у нормі 800-1000 м³/га в роки з низькою вологозабезпеченістю ґрунтів в осінньо-зимовий період. Вегетаційні поливи здійснюють з урахуванням критичного періоду культури і погодних умов року. Нижня межа оптимальної вологозабезпеченості гороху в активному шарі ґрунту (0-60 см) становить 60-70% на легких і 70-80% НВ на важких ґрунтах. На темно-каштанових і чорноземних ґрунтах півдня України горох, залежно від погодних умов поливають від одного до трьох разів, величина поливної норми змінюється від 350 до 500 м³/га. Основні способи поливу гороху – дощування, напуском по смугах, по засіяних і незасіяних борознах [10].

2.2.3 Відношення гороху до світла

Основні групи гороху є рослинами довгого дня [7]. Рослини північного походження для проходження світлової стадії вимагають світла малої інтенсивності збагачене довгохвильовими променями. Сорти південного походження, навпаки, майже не реагують на подовження дня.

Більшість сортів гороху, що вирощувались на “короткому дні”, негативно реагує на скорочення часу асиміляції і їх період вегетації в цих умовах значно довший, ніж у контрольних (при природному освітленні) рослин. Відхилення тривалості періоду до цвітіння від контрольного зразка в різних сортів можуть бути до 21 дня. Великий вплив на тривалість вищезгаданого періоду розвитку гороху справляє також якість світла. При короткохвильовому світлі швидкість розвитку гороху в даний період значно менше, ніж при довгохвильовому світлі (без полуденного освітлення). У першому випадку відхилення від контрольних зразків становить до 13 днів, у другому - до 6 днів.

Під впливом різних режимів освітлення експериментальні рослини не тільки розвиваються з різною швидкістю, але й по-різному протікають у них процеси обміну речовин. Подовження світлового дня (режим безперервного освітлення) сприяє підвищенню змісту протеїну в зерні гороху. Встановлено, що більше підвищення вмісту протеїну при подовженні світлового дня мають більш пізньостиглі сорти. У порівнянні із природним режимом освітлення довгохвильове світло в ранкові і вечірні години й короткохвильове світло полуденного часу також підвищують вміст протеїну в зерні гороху.

У цілому при довгому дні, збагаченому довгохвильовими променями світла, рослини гороху здатні довго вегетувати і утворювати високоякісний продукт. При короткому ж дні й високій інтенсивності світла рослини гороху всіх сортів прискорюють свій розвиток, і вміст протеїну в зерні знижується через менше засвоєння рослинами азоту [7].

2.2.4 Відношення гороху до ґрунтів та мінерального живлення

До ґрунтів у гороху підвищені вимоги. Найкращими для нього є середні за механічним складом суглинкові й супіщані родючі чорноземні ґрунти, багаті на фосфор, калій та кальцій, з нейтральною або слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6–7). Добре родить на осушених некислих

торфовищах. На щільних глинистих, перезвожжених ґрунтах, ґрунтах з неглибоким заляганням ґрунтових вод (50 – 60 см від поверхні), кислих горох розвивається погано. Тут він пригнічується діяльністю бульбочкових бактерій, рослини жовкнуть і припиняють ріст. Тому такі ґрунти треба обов'язково вапнувати. Малоприсадибними для гороху є також бідні на поживні речовини легкі піщані, солонцюваті й солончакуваті ґрунти [13].

На чорноземних дерново-підзолистих ґрунтах позитивно впливає на врожай гороху внесення мікродобрив, таких як марганець, бор і особливо молібден. У літературі відомі такі дані, згідно яким внесення 1 кг діючої речовини молібдену на 1 га посіву підвищує врожай гороху в середньому на 37%, а вміст білка в насінні при цьому збільшується на 2% [14].

Основною особливістю гороху є фіксація азоту з повітря за рахунок бульбочкових бактерій. Він відзначається і високою інтенсивністю засвоєння фосфору, який входить до складу нуклеїнових кислот, що беруть участь у синтезі білка, процесах росту, розмноження, стимулюють ріст кореневої системи і активність бульбочкових бактерій. Горох добре поглинає важкозасвоювані фосфати. Калій посилює фосфатний обмін у рослинах, підвищує активність надходження в рослини сірки, збільшує обводненість колоїдів протоплазми. При його наявності рослини легше переносять короткочасний дефіцит вологи [10].

2.3 Сучасні сорти гороху

Зусиллями селекціонерів в останні десятиліття на основі зміни архітекtonіки рослини, створено нове покоління сортів гороху, які в максимальному ступені відповідають сучасним вимогам виробництва та забезпечують стабільне виробництво зерна в погодних умовах, що змінюються з року в рік [15].

Полягання гороху негативно позначається на врожаї й ускладнює збирання. Дослідниками Всеросійського НДІ зернобобових та круп'яних

культур визначені перспективи використання у виробництві сортів гороху нового покоління з різним типом листя (Фараон, Спартак, Темп). Короткостеблинні вусаті сорти (з вусиками замість листочків) практично не вилягають [16].

Зараз вже немає необхідності доводити перевагу кращих вусатих сортів перед листковими в аспекті технології вирощування. Видозміна листочків на вусики призвела на морфологічному рівні вирішенню проблеми стійкості агроценозів до полягання. У таких рослин прилистники збережені, як і в звичайних листочкових форм, а листочки видозмінені в сильно розвинені вуса, які міцно зчіплюють стебла між собою, забезпечуючи підвищену стійкість ценозу до полягання. Неполягаючий стеблостой покращує параметри освітлення, аерації і загального фітосанітарного стану. Все це дає великі переваги перед звичайними листочковими формами в реалізації генетичного потенціалу продуктивності в агроценозах [17].

Видозмінене листя сприяє кращому проникненню світлових променів до знижених частин рослин, зменшуючи кількість пожовклих і відмерлих листків, що збільшує тривалість їх фотосинтетичної діяльності [18].

Дослідженнями 2011 - 2013 рр. на полях сортовипробного центру Донського аграрного університету встановлено, що, в посівах гороху з листочковим типом листя температура ґрунту була нижче, ніж в посівах афільного гороху. Однак, в результаті видозміни листового апарату вусатого гороху було створено більш сприятливий температурний режим повітря в посівах і більш високу відносну вологість повітря.

Відзначається, що о 14 годині температура ґрунту в травостої листочкового гороху в усі роки і періоди визначення була вище в порівнянні з температурою в посівах гороху з вусатим типом листа. Такий хід температур пов'язаний з поляганням листочкового сорту, що знижує швидкість переміщення повітряних потоків в посівах. Вусаті форми гороху мають кращу продувність травостою, тому що знаходяться в більш вертикальному положенні.

Також зміна архітекtonіки вусатих сортів гороху істотно підвищила освітленість в посівах щодо листочкових сортів, що сприяло більш тривалій функції його фотосинтезуючого апарату та більш інтенсивній продукційній діяльності [19].

У 2016 р. до Державного реєстру сортів, придатних до вирощування в Україні, було внесено 47 сортів гороху, з яких 34 - для Лісостепу, 29 - для Степу і 35 - для Полісся. Найбільш поширеними та перспективними є сорти: Мадонна, Кардіфф, Харківський еталонний та ін. - середньоранні; Босфор, Девіз, Глянц, Ефектний, Клеопатра, Магнат, Модус, Оплот, Отаман та ін. - середньостиглі; Петроніум, Улус, Царевич – середньопізні [1].

2.4 Технологія вирощування гороху

Місце в сівозміні. Горох не витримує монокультури та зближення його в сівозміні з іншими зернобобовими культурами, що зумовлено розвитком спільних хвороб, особливо кореневих гнилей, і негативно позначається на врожайності. Найбільший урожай він формує після розміщення в сівозміні не раніше ніж через 4-5 років після бобових культур. Кращими попередниками для гороху є озимі культури, кукурудза, картопля, ячмінь, льон, овес, а в зоні достатнього зволоження - буряки цукрові.

Не слід висівати горох після соняшнику, який сильно висушує ґрунт, зернових бобових і багаторічних бобових трав, що мають спільних шкідників. У сівозміні для гороху треба застосовувати просторову ізоляцію від посівів бобових культур не менше 500 м.

Горох - добрий попередник для озимих і ярих зернових, кукурудзи й інших культур. Його можна вирощувати як післяжнивну і сіяну на пару культуру.

Обробіток ґрунту. Оскільки горох має стрижневу кореневу систему, що глибоко проникає в ґрунт, оранку або безполицевий обробіток слід проводити на глибину 25-27 см. Для вирівнювання поверхні поля необхідно

восени загорнути розвальні борозни і провести культивуацію зябу. Такі заходи створюють сприятливі умови для якісної передпосівної культивуації, рівномірного загортання насіння та отримання дружних і повних сходів.

Після стерньових попередників при наявності однорічних бур'янів проводять одне дискування (ЛДГ-15) на глибину 6-8 см і зяблеву оранку плугами ПЛН-5-35 або ПЛН-6-35 на глибину на 25-27 см, на дерново-підзолистих ґрунтах - на глибину орного шару. Після кукурудзи дискують у двох напрямках важкими дисковими боронами БДТ-3, БДТ-7 та ін., на глибину 10-12 см і орють на 25-27 см. Якщо горох розміщують після картоплі та буряків цукрових, обмежуються, як правило, лише оранкою на глибину 22-25 см.

Передпосівний обробіток ґрунту повинен забезпечувати збереження вологи, створення пухкої, дрібногрудкуватої структури та вирівнювання поля для рівномірного загортання насіння і створення сприятливих умов для збирання врожаю. Система передпосівного обробітку ґрунту включає ранньовесняне боронування для закриття вологи, шлейфування для вирівнювання поля після настання фізичної стиглості ґрунту важкими або середніми боронами в комплексі зі шлейфами та передпосівну культивуацію на глибину 6-8 см культиваторами КПС-4 в агрегаті з середніми боронами БЗСС-1 по діагоналі до напрямку оранки.

Система удобрення. Зважаючи на те, що значну частину потре-би в азоті горох задовольняє завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, азот вносять тільки на бідних дерново-підзолистих та інших ґрунтах із невисоким вмістом гумусу. Удобрюють горох переважно фосфорними та калійними добривами, які сприяють кращому розвитку кореневої системи та підвищують активність бульбочкових бактерій, їх вносять під основний обробіток ґрунту, а азотні - у передпосівну культивуацію врозкид машинами РУМ-5, РУМ-8 та ін. Під час сівби в рядки вносять фосфорні добрива в дозі 10-15 кг/га. Середні дози добрив на різних за родючістю ґрунтах знаходяться в межах 45-60 кг/га азоту, фосфору та калію.

Сівба. Для сівби гороху використовують очищене, крупне, не пошкоджене шкідниками та хворобами насіння, з високими посівними якостями.

Щоб запобігти ураженню гороху аскохітозом, фузаріозом, борошнистою росою та іншими хворобами, насіння протруюють за 2-3 тижні до сівби фундазолом (3 кг/т), тигамом (5 кг/т) тощо. Завчасно протруєне насіння обробляють у день сівби бактеріальним препаратом ризоторфіном. Інокуляцію насіння слід проводити в затінку під навісами або в приміщенні, а висівати - сівалками із закритими кришками, тому що сонячне проміння згубно впливає на бульбочкові бактерії. Якщо використовувати препарати нового покоління: фундазол, бавістин, каптан, беноміл, то протруювання можна провести одночасно з обробленням насіння молібденом і ризоторфіном. Інші протруювачі в поєднанні з ризоторфіном убивають бульбочкові бактерії.

Насіння, заражене гороховою зернівкою (брухусом,) необхідно обробити хлорпікрином або дихлоретаном методом газациї, у відповідно підготовлених приміщеннях.

Горох сіють одночасно з ранніми ярими зерновими. Ранні посіви стійкіші проти хвороб і шкідників, забезпечують більший урожай зерна і дають можливість раніше звільнити поле під посів озимих культур. Запізнення з сівбою на 5-9 днів знижує врожай на 0,4-0,7 т/га. Проте позитивні результати ранньої сівби дає лише за оптимальної глибини загортання насіння, яка становить 5-6 см. Для цього ґрунт має бути добре розпушеним, а швидкість руху посівних агрегатів не повинна перевищувати 8-10 км/год.

Норма висіву середньорослих зернових сортів гороху становить 1 4-1,5 млн схожих насінин на 1 га (300-350 кг/га), високорослих – 1-1,2 млн (250-300 кг/га). Сіють горох звичайним рядковим способом. Оскільки під час проростання насіння гороху не виносить на поверхню сім'ядолі, його можна загортати на глибину 8-10 см.

Догляд за посівами. Після сівби поле прикочують кільчасто-

шпоровими котками ЗКШ-6 в агрегаті з легкими боронами. Це забезпечує підтягування вологи до насіння з нижніх горизонтів, поліпшує контакт насіння з ґрунтом, сприяє отриманню дружних сходів.

У подальшому догляді за посівами гороху важливого значення набуває боротьба з бур'янами. За безгербіцидної технології найбільш ефективним заходом проти бур'янів є боронування легкими боронами: досходове проводять через 3-4 дні після сівби, а післясходове - у фазі 3-4 листків (до утворення вусиків) в суху погоду і в пообідній час, коли тургор у рослин мінімальний, використовуючи борони БЗСС-1, ЗБП-0,6А та ін. [1]

Бур'яни в посівах знищують також за допомогою гербіцидів. Якщо посіви забур'янені одночасно однорічними дводольними та злаковими видами, пропонується застосовувати суміш препаратів агрітокс та пантера, шляхом обприскування вегетуючих бур'янів і гороху у фазі 3-5 листочків. Біологічна ефективність цієї суміші становить 85,9%, урожайність насіння гороху - 3,90 т/га з умістом білка 28,0%. За достатньої кількості вологи у ґрунті можна застосовувати гербіцид ґрунтової дії гезагард, обприскуючи ним ґрунт після проведення сівби гороху. При цьому біологічна ефективність даного гербіциду становить 72,4%, урожайність насіння гороху - 3,14 т/га з умістом білка 26,3%.

Запропонована система захисту посівів гороху від бур'янів пройшла виробничу перевірку в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту на площі 8,0 га. Урожай насіння гороху при цьому становив 3,5 т/га з умістом білка 27,1%, прибуток - 2788 грн/га [20].

Посіви гороху щорічно в різній мірі пошкоджуються попелицями та гороховим зерноїдом (брухусом). За сприятливих умов для розвитку цих шкідників, кожен з них може зменшити врожай гороху на 50 % і більше.

Гороховий зерноїд починає заселяти і пошкоджувати горох з початку цвітіння і до кінця формування бобів. Тому з появою перших квіток посіви гороху необхідно обробити інсектицидами (базудином - 1,5-1,8 кг/га, карате - 1,5 л/га та ін.), а потім обробіток повторити через 7-8 днів. Для боротьби з

бульбочковим довгоносіком сходи гороху в фазі 3-4 листків обприскують препаратом карате (0,1 л/га) [1].

Збирання врожаю. Боби гороху на рослинах дозрівають нерівномірно - спочатку в нижніх, пізніше у верхніх ярусах. Рослини з дозрілими бобами вилягають, а боби розтріскуються, унаслідок чого обсипається і втрачається найцінніше насіння. Раннє збирання призводить до недобору врожаю через велику кількість недостиглих насінин, пізнє пов'язане з утратою найповноціннішого зерна. Тому встановлювати оптимальний строк скошування гороху необхідно з урахуванням властивостей сорту на кожному полі.

Збирають горох переважно роздільним способом. У валки його скошують косарками КС-2,1, КЗН-2,1, які обладнують пристроями ПБ-2,1 і здвоювачами валків ПБ-4, або косарками ЖБА-3,5; ЖБР-4,2 та ін. Скошування у валки слід проводити після пожовтіння 75 % бобів у стислі строки - за 3-5 днів. На 3-4-й день після скошування і підсихання валків, коли вологість зерна знизиться до 16-18 %, їх підбирають і обмолочують зерновими комбайнами "Славутич", "Нива" та іншими при зменшеній частоті обертання барабана до 500-550 об./хв, що запобігає травмуванню зерна.

Якщо посіви чисті від бур'янів, а сорти гороху мають ознаку стійкості до осипання насіння, їх доцільно збирати прямим комбайнуванням за вологості зерна 16-17%. Найбільш придатними для цього є безлисточкові (вусаті) сорти Девіз, Ефектний тощо [1].

Зібране зерно, що надходить від комбайна, містить сухе насіння й вологі домішки. У ньому можуть бути недоспіле насіння й плоди, шматочки стебел і насіння бур'янистих рослин, тому його треба відразу пропустити через зерноочисну машину. Після очищення зерно з вологістю більше 17 % варто просушити. При сушінні температурний режим установлюють залежно від вологості насіння. Підсушене до кондиційної вологості (14 %) насіння сортують і зберігають у сухих приміщеннях з висотою насипу в засіках не більше 2,5 м [21].

3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ГОРОХУ НА ТЕРИТОРІЇ ОБЛАСТЕЙ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур

Прогрес сільського господарства привів до суттєвого підвищення урожаїв усіх культур. Але, на фоні загального росту урожаїв, їх коливання з року в рік ще досить значні.

Тому для отримання планованих урожаїв та науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур поряд з детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне вивчення часової мінливості урожаїв у різних агрокліматичних зонах. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлена впливом значної кількості факторів, які поділяють на дві групи [22, 23].

Перша група включає ряд факторів, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів від яких залежить різноманітний рівень культури землеробства. Це і досягнення генетики та селекції, технологія обробітку культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також енергозабезпеченість сільського господарства.

Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня. Урожайність у кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу природних чинників.

Однак, при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В.М Обухова [22] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. Ця ідея отримала подальший розвиток у дослідженні інших авторів [23, 24]. У такій

постановці ряд урожайності Y_t можна представити у вигляді загальної статистичної моделі такого роду:

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

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

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни урожайності в проаналізованому періоді. Вона представляє плавну лінію, отриману в результаті згладжування ряду. Ця лінія називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їхній вплив на формування урожайності й представляє відхилення від лінії тренда. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства має помітний вплив на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренда досить точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений рівнем культури землеробства, економічними й природними особливостями конкретного району.

Для оцінки урожайності сільськогосподарських культур у різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонічних зважувань (вагів). Метод гармонічних зважувань вперше був запропонований для економічних розрахунків З. Хельвігом. В агрометеорології він був вперше використаний у дослідженнях професора А.М. Польового [25].

Основна ідея методу гармонічних зважувань (МГЗ) полягає в тому, що в результаті зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженнями часового ряду, надаються більші зважування. При використанні МГЗ, як деякого наближення істинного тренда $f(t)$ часового

ряду урожайності сільськогосподарських культур $Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n)$ приймається ламана лінія, яка згладжує задану кількість точок часового ряду Y_t . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренда) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзного тренда вибираємо кількість років, які утворюють окрему фазу, причому $k < n$

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду урожайності за МГЗ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1–2 роки.

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

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

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

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

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

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

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

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 з виразу:

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

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 по формулі

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

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

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

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9).

3.2 Дослідження динаміки урожайності гороху по областям Північного Степу

Нами із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності гороху в трьох областях українського Північного Степу: Донецькій, Луганській та Дніпропетровській, побудована лінія тренду та розраховані відхилення урожайності від лінії тренду. Для аналізу використовувалися багаторічні середньообласні дані за період з 1999 по 2015 роки, представлені Головними управліннями статистики досліджуваних областей [26-28]. Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1-3.6, у табл. 3.1 та у додатку А. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Аналіз середньообласної урожайності гороху в Донецькій області (рис. 3.1) свідчить, що протягом 17 досліджуваних років урожайність коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2001, 2004 та 2005 рр. було зібрано найбільші для досліджуваної території урожаї – 23, 26 та 25 ц/га відповідно.

Найменші урожаї були зібрані у 2003, 2007 та 2013 рр., вони становили 5, 6 та 9,5 ц/га відповідно.

У першій третині досліджуваного періоду спостерігалось майже параболічне зростання трендової компоненти, що свідчить про поступове підвищення рівня культури землеробства за цей період. Так, у 1999 р. трендова компонента урожайності становила 15,1 ц/га, а до 2004-2005 рр.

вона виросла до 17,7-17,6 ц/га. Тобто, за цю частину дослідженого періоду урожайність за трендом виросла на 2,5-2,6 ц/га. Але з 2005 р. і практично до кінця дослідження трендова компонента урожайності гороху поступово зменшувалась і до 2013 р. її значення становило 9,5 ц/га. Лише у два останні роки (2014 та 2015 рр.) урожайність за трендом дуже несуттєво, але підвищилася, і її значення наприкінці дослідження досягло 12,8 ц/га.

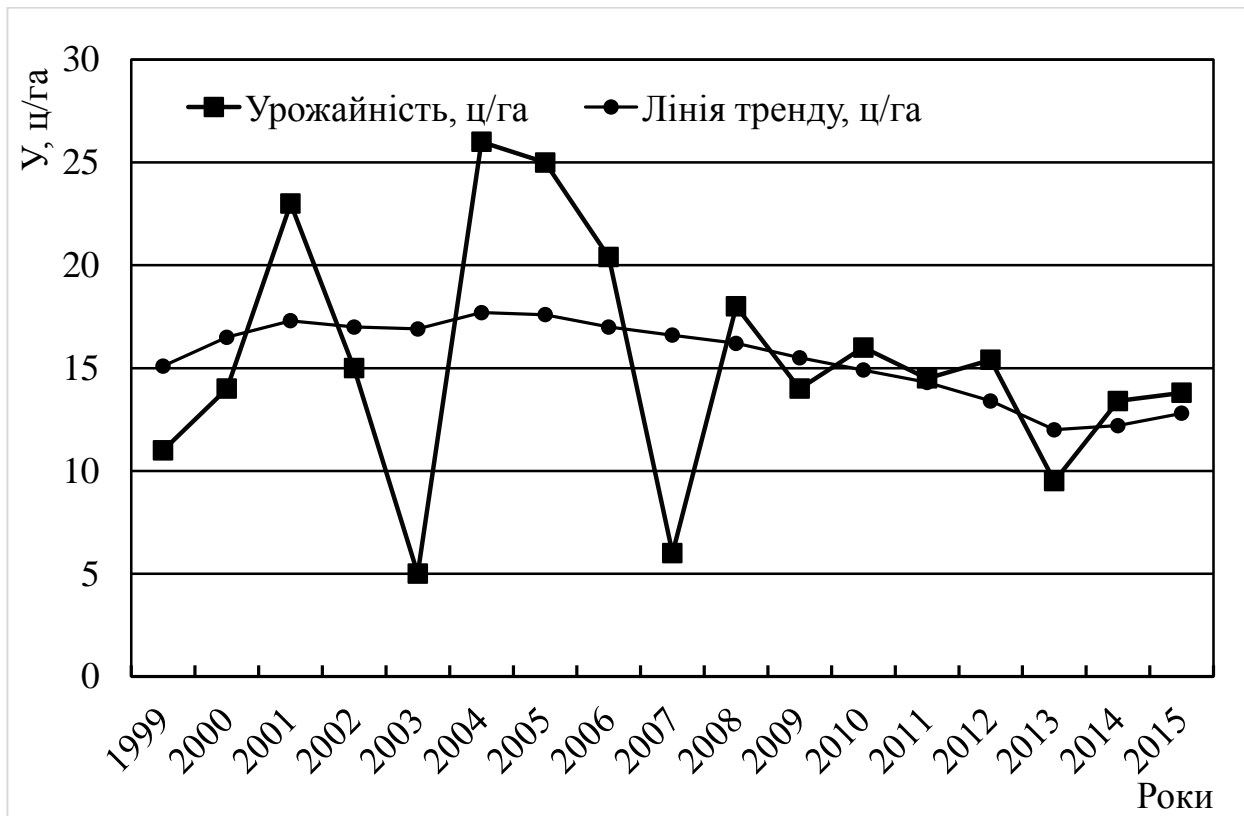


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Донецькій області

Середня за роки досліджень урожайність склала 15,3 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і

складає 0,3 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю гороху в Донецькій області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 17 років у 7 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і

досягали у 1999 р. – 4,1 ц/га, 2003 р. -11,9 ц/га, у 2007 р. -10,6 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю відбувалося за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливими для вирощування гороху в Донецькій області були 2001, 2004 та 2005 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали 5,7 та 8,3 та 7,4 ц/га відповідно.

Таблиця 3.1 - Розрахунок ступеня сприятливості клімату K_C
по областям Північного Степу

Рік	Донецька				Дніпропетровська				Луганська			
	У _в , ц/га	У _т , ц/га	ΔУ, ц/га	К _с	У _в , ц/га	У _т , ц/га	ΔУ, ц/га	К _с	У _в , ц/га	У _т , ц/га	ΔУ, ц/га	К _с
1999	11	15,1	-4,1	0,73	12	16,9	-4,9	0,71	7	12,7	-5,7	0,55
2000	14	16,5	-2,5	0,85	14	18,7	-4,7	0,75	14	14,7	-0,7	0,95
2001	23	17,3	5,7	1,33	28,3	20,3	8,0	1,39	18,8	15,7	3,1	1,20
2002	15	17	-2	0,88	19	20,4	-1,4	0,93	12	15,9	-3,9	0,75
2003	5	16,9	-11,9	0,30	7,6	20,4	-12,8	0,37	12	16,1	-4,1	0,75
2004	26	17,7	8,3	1,47	27,5	21,2	6,3	1,30	20,3	16,4	3,9	1,24
2005	25	17,6	7,4	1,42	28,5	20,8	7,7	1,37	25,4	16,3	9,1	1,56
2006	20,4	17	3,4	1,20	23,3	19,7	3,6	1,18	15,3	15,6	-0,3	0,98
2007	6	16,6	-10,6	0,36	9,9	19,1	-9,2	0,52	5,9	15,3	-9,4	0,39
2008	18	16,2	1,8	1,11	22,2	18,5	3,7	1,20	19	14,9	4,1	1,28
2009	14	15,5	-1,5	0,90	16,9	17,2	-0,3	0,98	12,6	14,1	-1,5	0,89
2010	16	14,9	1,1	1,07	15,7	15,9	-0,2	0,99	13,1	13,5	-0,4	0,97
2011	14,5	14,3	0,2	1,01	11,9	14,8	-2,9	0,80	11,2	12,9	-1,7	0,87

2012	15,4	13,4	2	1,15	10,5	13,5	-3,0	0,78	16,3	12,3	4,0	1,33
2013	9,5	12	-2,5	0,79	10,8	12,5	-1,7	0,86	10,5	11,5	-1,0	0,91
2014	13,4	12,2	1,2	1,10	20,4	13,6	6,8	1,50	10,9	11,4	-0,5	0,96
2015	13,8	12,8	1	1,08	20	15,2	4,8	1,32	13,5	12,4	1,1	1,09
Середн	15,4				17,6				14,0			

Аналіз середньообласної урожайності гороху у Дніпропетровській області (рис. 3.3) також свідчить, що протягом 17 досліджуваних років урожайність і в цій області коливалася у дуже широких межах. Наприклад, найбільш врожайними на цій території також були 2001, 2004 та 2005 рр., коли урожаї становили 28,3, 27,5 та 28,5 ц/га відповідно. Найменші урожаї були зібрані у 2003, 2007 та 2012 рр. Вони становили 7,6, 9,9 та 10,5 ц/га відповідно.

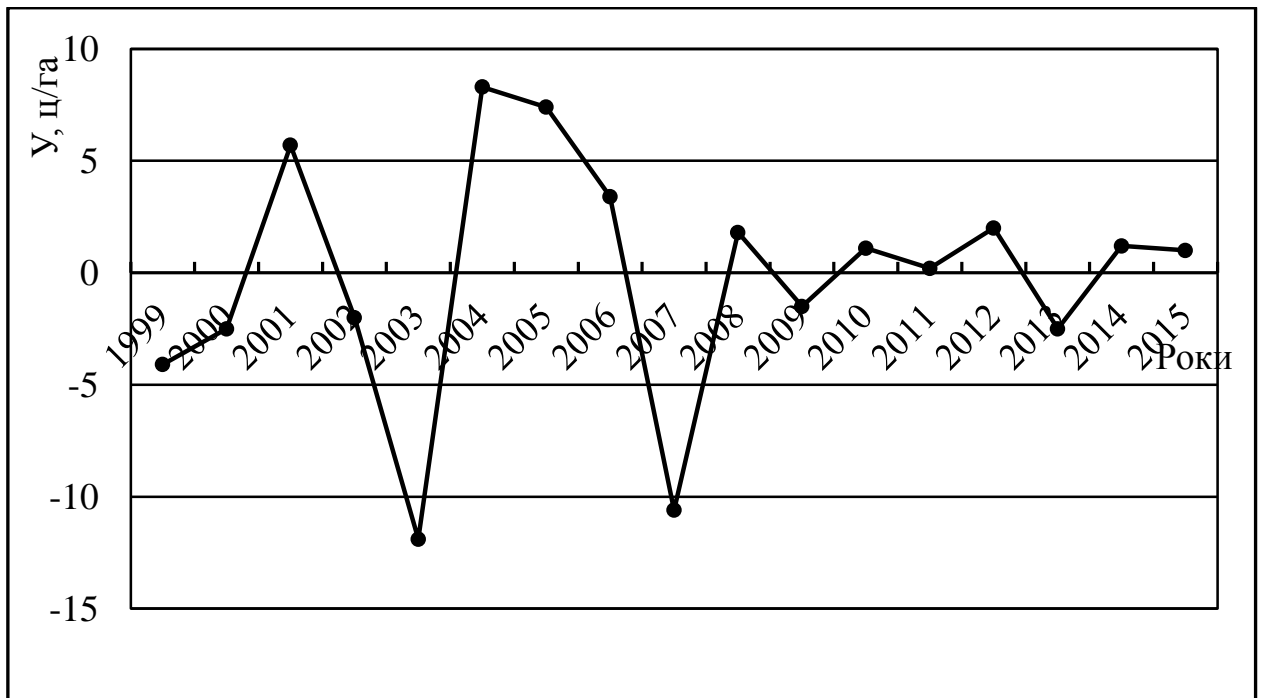


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Донецькій області

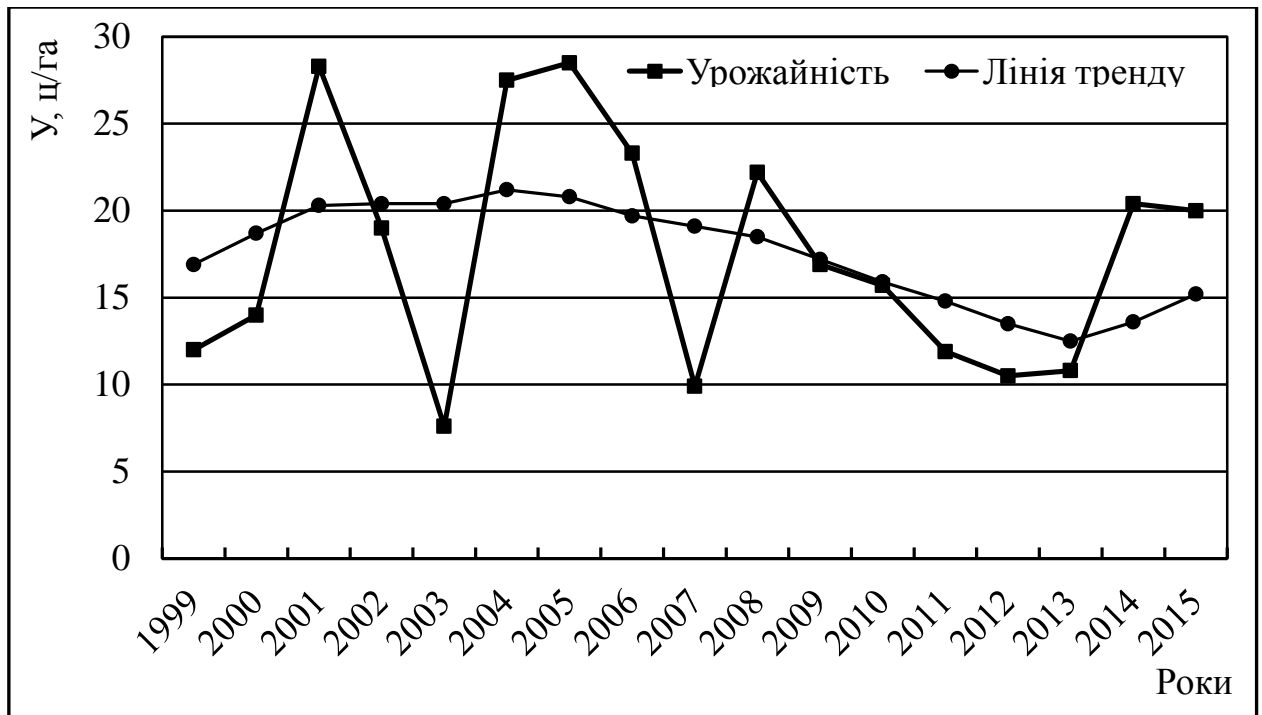


Рисунок 3.3 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Дніпропетровській області

Протягом перших шести років досліджуваного періоду спостерігається параболічне досить інтенсивне збільшення трендової компоненти. Так, у 1999 р. трендова компонента урожайності становила 17 ц/га, а наприкінці цього періоду – у 2004 р. - урожайність за трендом збільшилась до 21,2 ц/га, що свідчить про стабільний та зростаючий рівень культури землеробства у той час у Дніпропетровській області.

Протягом же наступних девяти років відбувалося суттєве зменшення трендової компоненти, і до 2012-2013 рр. вона зменшилася до 13,5-12,5 ц/га. Лише в останні два досліджувані роки рівень культури землеробства при вирощуванні гороху почав підвищуватися, про що свідчить зростання трендової компоненти урожайності з 12,5 до 15,2 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність склала 17,6 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і складає 0,1 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю гороху, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.4). За 17 років у 10 випадках спостерігались

від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2003 р. -12,8 ц/га, у 2007 р. -9,2 ц/га, у 1999 рр. – 4,9 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю спостерігалось за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Дніпропетровській області був 2001 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 8 ц/га. Як можна бачити з рисунка, 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. Усього ж за 17 досліджуваних років додатні відхилення від лінії тренду спостерігалися у 7 роках.

Графік динаміки середньообласної урожайності гороху у Луганській області та лінія тренду представлені на рис. 3.5. Аналіз цього графіку також свідчить, що протягом 17 досліджуваних років урожайність в цій області також коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2005 р. було зібрано найбільший для досліджуваної території урожай – 25,4 ц/га, також високі урожаї відмічалися у 2001, 2004 та 2008 рр. Вони становили 18,8, 20,3 та 19 ц/га відповідно.

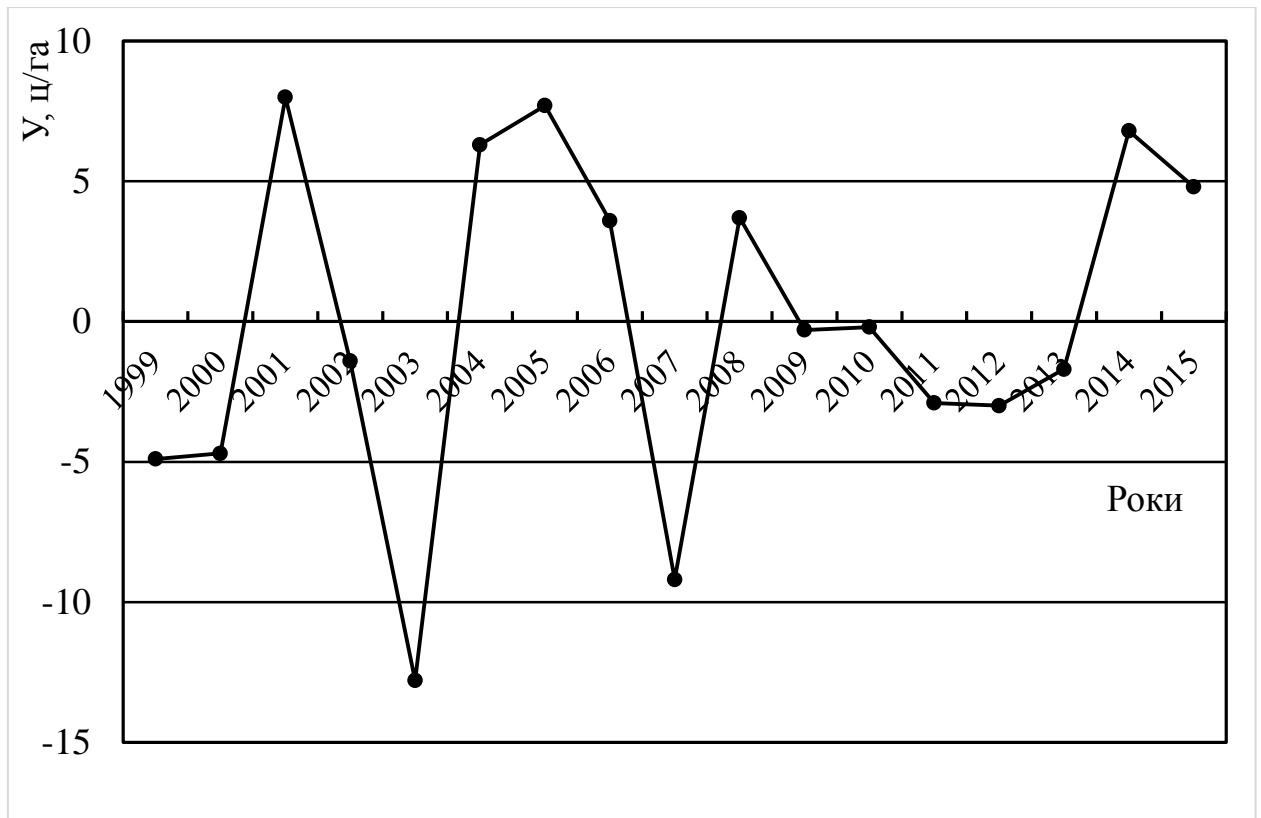


Рисунок 3.4 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Дніпропетровській області

Найменший урожай був зібраний, як і у попередніх випадках, у 2007 р., він становив лише 5,9 ц/га. Також низькі урожаї спостерігались у 1999 р. (7 ц/га) та 2013 р. (10,5 ц/га), а також у 2014 р. (10,9 ц/га).

Як і у випадку двох інших областей, у Луганській області протягом шести років, з початку досліджуваного періоду, спостерігається параболічне не дуже суттєве збільшення трендової компоненти, що свідчить про деяке покращення рівня культури землеробства у ті роки. Так, у 1999 р. трендова компонента урожайності становила 12,7 ц/га, а наприкінці цього періоду – у 2004 р. - урожайність за трендом зростає до 16,4 ц/га.



Рисунок 3.5 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Луганській області

Далі спостерігається зменшення трендової компоненти урожайності практично до кінця досліджуваного періоду, яке припиняється лише у 2014 році. З 2005 по 2014 рр. урожайність за трендом зменшилась з 16,3 ц/га до 11,4 ц/га у 2015 р. Середня за роки досліджень урожайність склала 14 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і складає 0,1 ц/га.

Для виявлення в чистому вигляді для території Луганської області погодних умов окремих років на формування врожаю гороху, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.6). За 17 років у 10 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить значними і досягали у 2002 р. -3,9 ц/га, а у 2003 р. -4,1 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. Найбільш несприятливим за досліджений період виявився 1999 р., коли несприятливі погодні умови зумовили втрати урожаю до 5,7 ц/га.

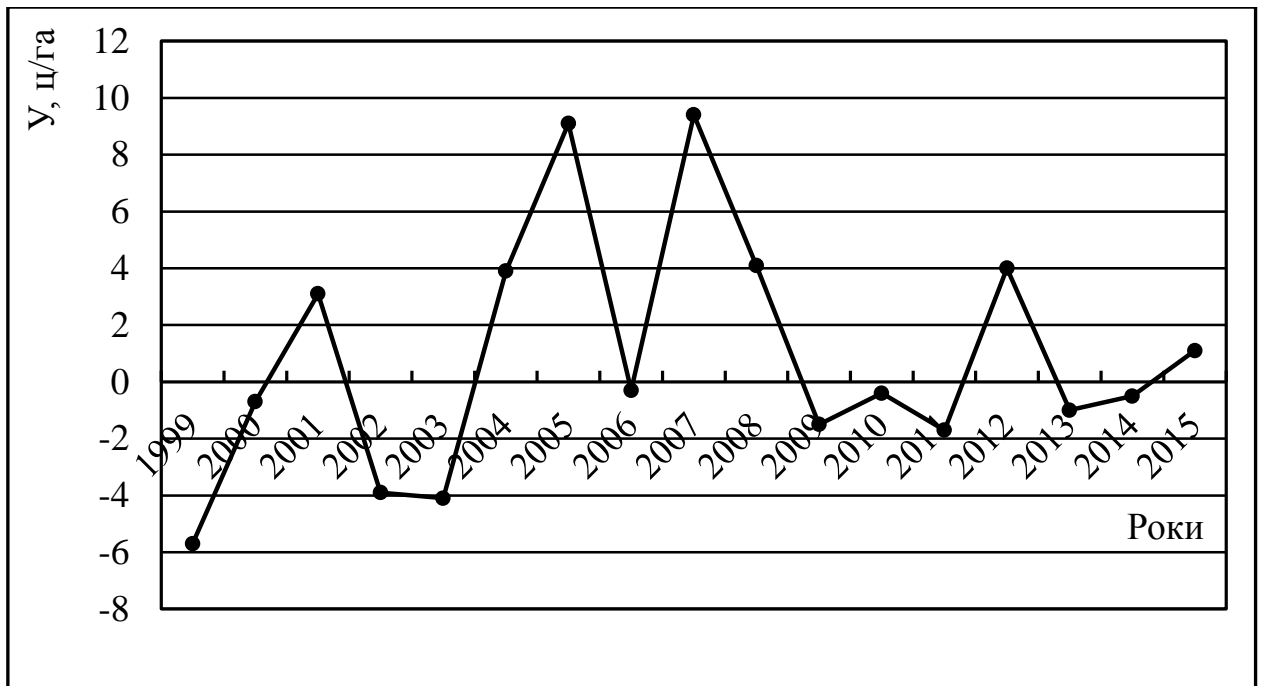


Рисунок 3.6 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Луганській області

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю спостерігалось за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Луганській області був 2007 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 9,4 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також суттєві прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов були отримані у 2004 та 2008 рр. (по 4 ц/га), а також у 2005 рр. – 9,1ц/га.

Цікавою є оцінка ступеня сприятливості клімату за допомогою відповідного коефіцієнта (K_C), який визначається за формулою:

$$K_C = \frac{Y_B}{Y_T}, \quad (3.11)$$

де Y_B - виробничий урожай в конкретному році (ц/га), Y_T - урожай за трендом в тому ж році (ц/га). Значення K_C вище одиниці свідчать про сприятливість конкретного року, значення K_C менше одиниці – відповідно про несприятливі умови конкретного року.

Відповідні розрахунки виконані для зазначених вище північностепових областей і отримані наступні результати (табл. 3.1). В Донецькій області з 17 років спостережень у 7 роках спостерігалися несприятливі кліматичні умови. Це становить 41% від загальної кількості років. K_C в ці роки коливався від 0,30 до 0,90. Сприятливих років було 10 (59%) і коефіцієнт сприятливості коливався від 1,01 до 1,47.

У Дніпропетровській області з такої ж кількості років 10 років (59%) були несприятливими за кліматичними умовам, а 7 років (41%) - сприятливими. У першому випадку коефіцієнт сприятливості коливався в межах 0,37-0,99, а в другому випадку 1,18-1,50. У Луганській області всього 6 років (35%) були сприятливими для вирощування картоплі з K_C , що дорівнює 1,09-1,56, а 11 (65%) років - несприятливими з K_C порядку 0,39 - 0,98.

Таким чином, можна зробити висновок, що залежність урожаю гороху в північностепових областях України від кліматичних умов є значною.

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв гороху

У прикладній кліматології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. З метою ущільнення метеорологічної інформації і підвищення рівня обслуговування сучасних запитів практики розробляються непрямі методи розрахунку складніших і необхідних параметрів клімату на додаток до середніх багаторічних характеристик. Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик клімату, але і як вони були отримані, яка міра розсіяння значень випадкових величин щодо середньої, яка частота повторюваності кожного з членів сукупності. В цьому плані досить детально була досліджена просторово-

часова структура різних характеристик термічного режиму повітря, оскільки для них є багато достовірних даних спостережень.

В агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості гідрологічних і агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [29]. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.12)$$

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.

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю гороху для Донецької, Дніпропетровської та Луганської областей. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1999 по 2015 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2

За цими даними були побудовані криві сумарної ймовірності можливих урожаїв гороху щодо середніх багаторічних значень (рис. 3.7-3.9). 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 гороху різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.3.

В Донецькій області (рис. 3.7) урожаї порядку 26 ц/га отримують з ймовірністю 5% (тобто раз в двадцять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише 5 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 12 ц/га –

70%, тобто 7 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 22 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років.

Таблиця 3.2 – Розрахунок ймовірнісних характеристик виробничих урожаїв гороху (ц/га) в областях Північного Степу України

Рік	N	Донецька		Дніпропетровськ а		Луганська		P _x , %
		У _B , ц/га	У _B ранж.	У _B , ц/га	У _B ранж.	У _B , ц/га	У _B ранж.	
1999	1	11	26	12	28,5	7	25,4	4
2000	2	14	25	14	28,3	14	20,3	10
2001	3	23	23	28,3	27,5	18,8	19	16
2002	4	15	20,4	19	23,3	12	18,8	21
2003	5	5	18	7,6	22,2	12	16,3	27
2004	6	26	16	27,5	20,4	20,3	15,3	33
2005	7	25	15,4	28,5	20	25,4	14	39
2006	8	20,4	15	23,3	19	15,3	13,5	44
2007	9	6	14,5	9,9	16,9	5,9	13,1	50
2008	10	18	14	22,2	15,7	19	12,6	56
2009	11	14	14	16,9	14	12,6	12	61
2010	12	16	13,8	15,7	12	13,1	12	67
2011	13	14,5	13,4	11,9	11,9	11,2	11,2	73
2012	14	15,4	11	10,5	10,8	16,3	10,9	79
2013	15	9,5	9,5	10,8	10,5	10,5	10,5	84
2014	16	13,4	6	20,4	9,9	10,9	7	90
2015	17	13,8	5	20	7,6	13,5	5,9	96
Середнє		15,4		17,6		14,0		

В Дніпропетровській області (рис. 3.8) урожаї гороху порядку 29 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з

десяти отримують урожай 20 ц/га (ймовірність 30%). Ймовірність отримання урожаїв порядку 12,5 ц/га – 70%, тобто 7 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 28 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років. Щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 8 ц/га.

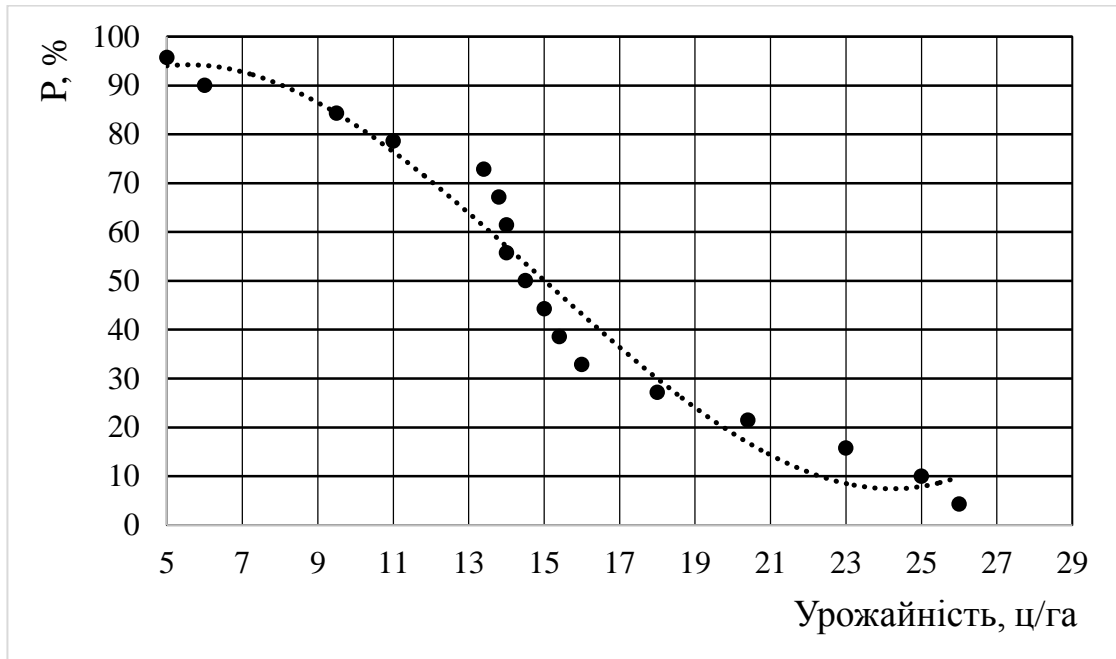


Рисунок 3.7 - Крива ймовірності урожаїв гороху в Донецькій області

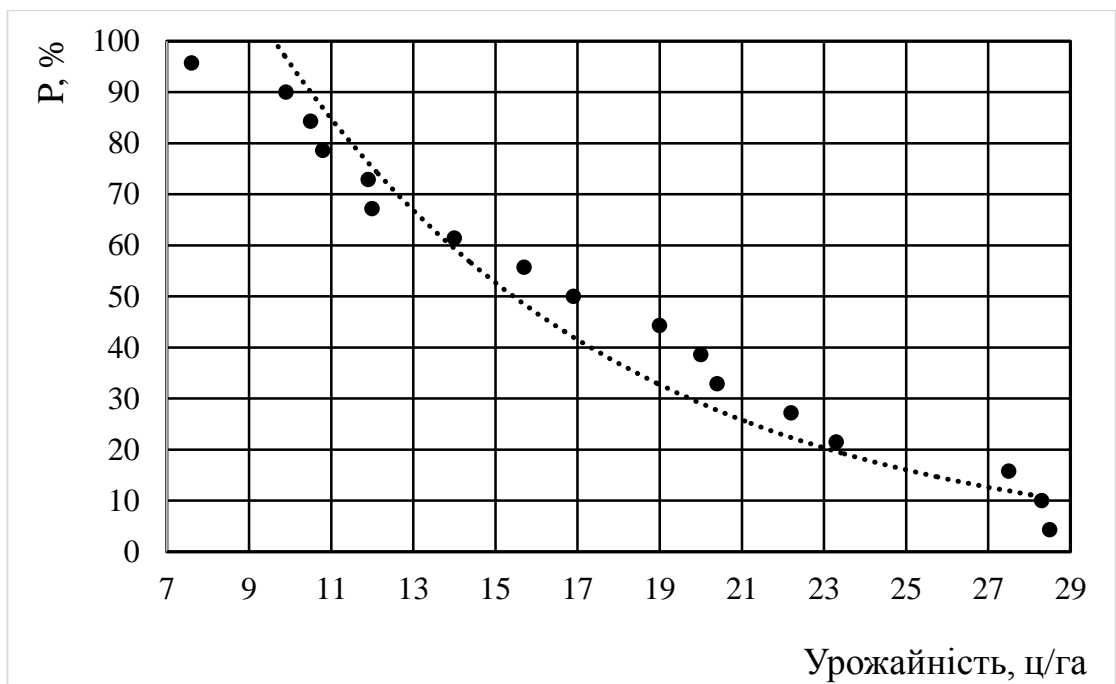


Рисунок 3.8 - Крива ймовірності урожаїв гороху в Дніпропетровській області

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв гороху (ц/га) по областях Південного Степу

Область	\bar{y}	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Донецька	15,4	26	22	20	18	16,5	15,2	14	12	10,5	8	5
Дніпропетровська	17,6	29	28	23	20	17	17,0	15,5	12,5	11,5	10,5	8
Луганська	14,0	22	19,5	18	16,5	15	13,5	12	11	9,5	8	6

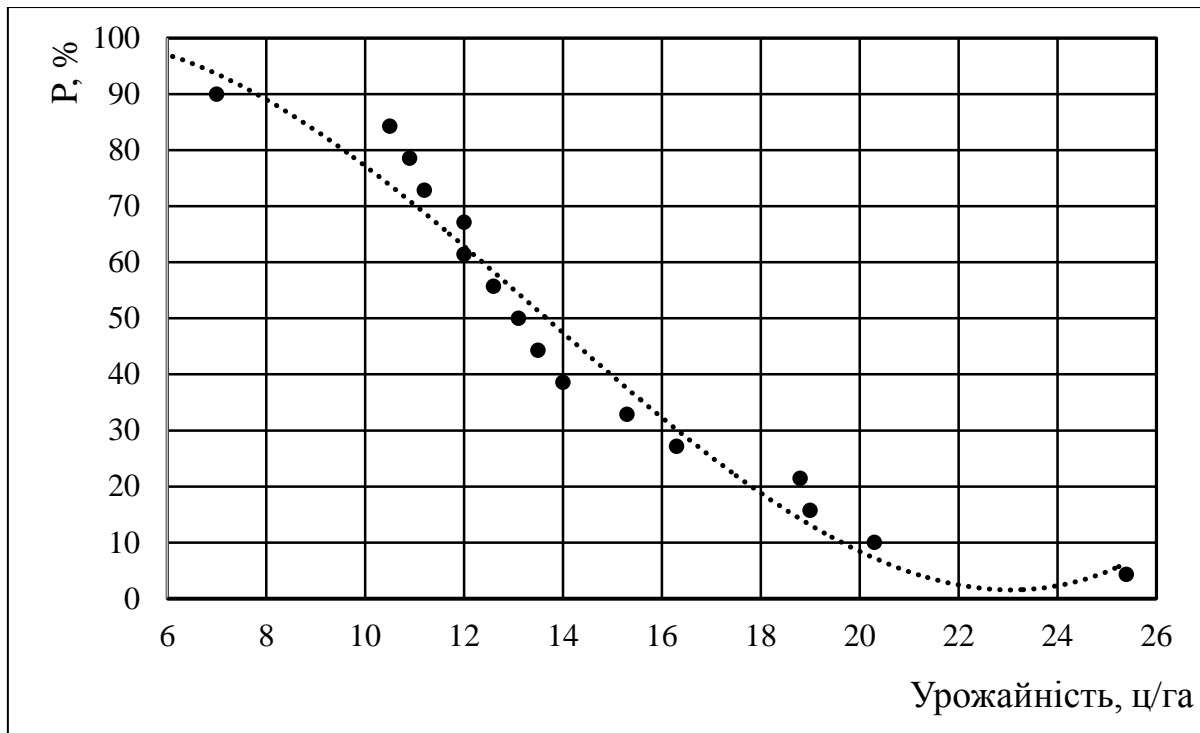


Рисунок 3.9 - Крива ймовірності урожаїв гороху
в Луганській області

В Луганській області (рис. 3.9) урожаї гороху порядку 21 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з десяти отримують урожай 16,5 ц/га (ймовірність 30%). Ймовірність отримання урожаїв порядку 11 ц/га – 70%, тобто 7 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 19,5 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років. Щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 6 ц/га.

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв гороху по областях Північного Степу України можна зробити висновок, що не дивлячись на деяке незначне підвищення урожаїв протягом останніх років, несприятливі погодні умови здатні знизити урожайність майже у два рази у порівнянні з середньо багаторічною урожайністю. Тому при вирощуванні гороху необхідно детально оцінювати агрокліматичні ресурси території.

4 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВРОЖАЇВ ГОРОХУ РІЗНОГО РІВНЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

4.1 Сучасний стан методів фізико-статистичного моделювання продуктивності сільськогосподарських культур

Фізико-статистичні моделі формування урожаїв істотно відрізняються одна від одної. Загальною для них є тенденція до більш повного, ніж в статистичних моделях, врахування апріорної інформації про фізичні механізми процесів формування урожаю.

Помітним кроком уперед у розробці фізико-статистичних моделей для оцінки агрокліматичних ресурсів є метод, що був запропонований П.І. Колосковим, і отримав подальший розвиток у роботах С.О. Сапожникової і Д.І. Шашко. Це метод оцінки біологічної продуктивності клімату стосовно до зернового господарства за показниками сільськогосподарського бонітету клімату або біокліматичного потенціалу (БКП).

Біокліматичний потенціал, запропонований Д.І. Шашко [30, 31], розраховується по формулі:

$$БКП = k_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0 C}{\sum T_c (баз)} \quad (4.1)$$

де k_p – коефіцієнт росту по річному показнику атмосферного зволоження або коефіцієнта біологічної продуктивності; $\sum T_c (баз)$ - базисна сума середніх добових температур повітря, що дорівнює 1000^0C для порівняння із продуктивністю на межі можливого землеробства.

Коефіцієнт росту k_p кількісно виражає розходження в умовах фактичної вологозабезпеченості деякої території, у порівнянні з умовами

оптимальної вологозабезпеченості. Він визначається емпіричним шляхом. Для території СНД цей коефіцієнт апроксимований Д.І. Шашко формулою:

$$k_p = 1,51\lg(20Md) - 0,21 + 0,63Md - Md^2, \quad (4.2)$$

де Md – коефіцієнт річного атмосферного зволоження, що розраховується за формулою:

$$Md = \frac{\sum P}{\sum d}, \quad (4.3)$$

де $\sum P$ – кількість опадів за рік (мм), $\sum d$ – сума дефіцитів вологості повітря за рік (мм).

Моделювання біокліматичного потенціалу як показника потенційних можливостей сільськогосподарського виробництва знайшло широке застосування не тільки при районуванні територій країн ближнього й далекого зарубіжжя, але так само при порівняльній оцінці земель у міжрегіональному масштабі (адміністративна область, район).

Заслуговують уваги фізико-статистичні моделі, створені на основі моделей О.І. Константинова [32]. Як основні фактори, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур, О.І. Константиновим вибрані біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи, родючість ґрунту і агротехніка. Відповідно до цього модель має чотири блоки: біологічний, метеорологічний, родючості ґрунту та агротехніки. Врахування біологічних особливостей здійснюється за рахунок послідовного розгляду за міжфазні періоди всіх факторів, що впливають на урожайність, а також за рахунок диференціації культур по видах і сортах. Вплив метеорологічних факторів зводиться до врахування температури й абсолютної вологості повітря у літній період, а також температури повітря і висоти снігового покриву у зимовий період.

У загальному вигляді модель О.І. Константинова представлена рівнянням:

$$Y_{розр} = Y_1^Г + \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^Г, \quad (4.4)$$

де $Y_{розр}$ - відносне значення розрахованої урожайності;

$Y_1^Г$ - графічне значення відносної урожайності;

$\Delta Y_i^Г$ - додатковий вплив на урожайність інших факторів, що визначаються за допомогою графічних регресій.

Попередніми дослідженнями О.І. Константинова показано, що ці фактори досить тісно корелюють з іншими елементами, такими, як фотосинтетично активна радіація (ФАР), концентрація CO_2 , відносна вологість повітря, дефіцит насичення повітря і т.д. Тому, на думку автора, попарного розгляду температури і вологості повітря досить для оцінки впливу метеорологічних умов на урожайність культури. У результаті попередніх досліджень впливу складових родючості ґрунту на урожайність, цей вплив зведено в моделі до обліку двох складових: вологості ґрунту і його об'ємної маси. Агротехніка враховується шляхом виділення впливу різних агротехнічних прийомів на підвищення родючості ґрунту і збільшення врожайності в залежності від внесених добрив. Вплив усіх визначальних факторів запропоновано оцінювати у відносних одиницях урожайності, що дозволяє точно визначати значимість факторів і безпосередньо порівнювати їх між собою.

Безперечною позитивною стороною даної моделі є повнота врахування чинників, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур.

Найбільш перспективним для агрокліматичної оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських культур є запропонований Х.Г. Тоомінгом метод еталонних урожаїв [33, 34], 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:

$$ПУ = \frac{\eta_n \cdot \sum Q_\phi}{q} \cdot K_{ГОСП}, \quad (4.5)$$

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-теплого 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 за формулою:

$$ДМУ = ПУ \cdot \frac{E_{\phi}}{E_o}, \quad (4.6)$$

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

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 методика 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 сяння ($\sum S_c$), а також загальною та нижньою хмарністю [35].

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 сяння $\sum S_c$ [36].

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 $\sum Q_\phi$.

Ми провели відповідні розрахунки по трьом областям Північного Степу. Результати цих розрахунків представлені в табл. 4.2. Проаналізувавши їх, можна зробити наступні висновки.

Таблиця 4.1 – Статистичні параметри рівнянь зв'язку між показниками радіаційно-теплових ресурсів на Україні [36]

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

Теплий період на всій території Північного Степу починається у середині квітня: 15 квітня у Дніпропетровській області, 16 квітня – у Луганській та 17 квітня – у Донецькій. Закінчується теплий період у Луганській області 6 жовтня, у Донецькій 8 жовтня. Найпізніше теплий період закінчується у Дніпропетровській області – 9 жовтня. Таким чином теплий період на території дослідження триває від 173 днів (Луганська область) та 174 днів (Донецька область) і до 177 днів (Дніпропетровська область).

Таблиця 4.2 – Радіаційно-теплові ресурси теплого періоду по території Північного Степу

Область	D_B	D_O	N_{TP} , дні	$\sum T_c > 10^\circ C$	$\sum Q$, МДж/м ²	$\sum Q_\phi$, МДж/м ²
Донецька	17.04	8.10	174	3035	3195	1600
Дніпропетровська	15.04	9.10	177	3125	3245	1625
Луганська	16.04	6.10	173	2980	3160	1580

Суми температур за теплий період зростають від 2980°C в Луганській області до 3035°C в Донецькій та 3125°C у Дніпропетровській.

Таке незначне розходження у сумах температур за теплий період викликає досить несуттєві різниці і у значеннях сумарної сонячної радіації

та ФАР. Наприклад, в Луганській області ΣQ складають 3160 мДж/м², а ΣQ_{ϕ} - 1580 мДж/м². В Донецькій області ці суми відповідно дорівнюють 3195 і 1600 мДж/м². Найбільші суми спостерігаються у Дніпропетровській області, тут ΣQ і ΣQ_{ϕ} відповідно дорівнюють 3245 і 1625 мДж/м².

4.3 Агрокліматична оцінка потенційних і дійсно можливих урожаїв гороху в Північному Степу

В результаті проведеної роботи виявилось можливим дати кількісну оцінку потенційних (ПУ) і дійсно можливих (ДМУ) урожаїв гороху в трьох областях Північного Степу. Ці розрахунки проведені для рівнинних земель при різних значеннях ККД сонячної радіації (η): 1,0; 1,5; 2; 2,5% за формулами (4.5) і (4.6).

Ефективність використання сонячної радіації посівами будь-якої сільськогосподарської культури характеризується величиною ККД, який визначається відношенням кількості енергії, яка запасасться у продуктах фотосинтезу чи створеній фітомасі урожаю, до кількості радіації, що була використана.

Калорійність чи теплостворююча здатність біомаси рослин – це кількість тепла, яка виділяється при згорянні 1 кг абсолютно сухої біомаси. У випадку гороху при спалюванні 1 кг абсолютно сухої біомаси виділяється 21,00 мДж/м², тобто $q = 5012$ ккал/кг [37].

Для отримання кількісної оцінки господарсько ефективної частини урожаю гороху в розрахункові формули введений відповідний коефіцієнт ($K_{ГОСП}$). Для культур із співвідношенням зерна й побічної продукції 1:1,1, господарський коефіцієнт ($K_{ГОСП}$), що характеризує основну частину врожаю в порівнянні із загальною біомасою, прийнятий рівним 0,45 [37]. У цьому випадку в результаті ми одержуємо врожай зерна при стандартній 14 % - ній вологості.

Так як потенційний урожай в значному ступені залежить від розподілу сумарної радіації і ФАР, а значення ФАР зростають від Луганської до Дніпропетровської області, то ПУ відповідно зростає в цьому ж напрямку (табл. 4.3).

Наприклад, при ККД використання сонячної радіації 1 % в Луганській області, потенційний урожай гороху дорівнює 22,8 ц/га. В Донецькій області ПУ дорівнює 23,5 ц/га, а в Дніпропетровській - 23,5 ц/га.

При ККД використання сонячної радіації 2,5 % потенційний урожай гороху в Луганській області складає 57,0 ц/га, в Донецькій та Дніпропетровській – 57,7 і 59,1 ц/га відповідно. Таким чином, діапазон розходжень в значеннях потенційних урожаїв по областям Північного Степу при ККД, що дорівнює 1% та 2,5% складає відповідно 0,8 ц/га та 2,1 ц/га.

В таблиці 4.4 представлені дані по вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху. Оскільки до формули (4.6) для розрахунку ДМУ входить відносний показник зволоження або вологозабезпеченість рослин (E_{ϕ}/E_0), для областей, що розглядаються, визначені значення випарованості E_0 , які характеризують оптимальне водоспоживання, а також сумарне випарування або фактичне водоспоживання (E_{ϕ}) за вегетаційний період культури.

Існують різні методи визначення випарованості (емпіричні і фізичні). Для розрахунків використовувався біофізичний метод, запропонований О.М. Алпатьєвим [38]. За основний елемент, що визначає величину випарованості, він вибрав дефіцит вологості повітря, оскільки він, як функція від температури і вологості повітря, є комплексним показником умов сумарного випарування. Другим компонентом в розрахунковому рівнянні є так званий біологічний коефіцієнт випарування (k_{ϕ}). З врахуванням вказаних закономірностей розрахункова формула має вигляд:

$$E = k_{\phi} \sum d, \quad (4.7)$$

Таблиця 4.3 – Розподіл потенційних (ПУ) та дійсно-можливих (ДМУ) урожаїв
гороху по областях Північного Степу

Область	$\sum Q_{фб}$, мДж/м ²	ПУ, ц/га при η, %				$\frac{E_{\phi}}{E_0}$	ДМУ, ц/га при η, %			
		1,0	1,5	2,0	2,5		1,0	1,5	2,0	2,5
Донецька	1096	23,5	35,2	47,0	58,7	0,78	18,3	27,5	36,7	45,8
Дніпропетровська	1103	23,6	35,5	47,3	59,1	0,69	16,3	24,5	32,6	40,8
Луганська	1164	22,8	34,2	45,6	57,0	0,63	14,4	21,5	28,7	35,9

Таблиця 4.4 – Середні багаторічні показники ресурсів вологи і вологозабезпеченості
 вегетаційного періоду гороху в Північному Степу

Область	Сівба	Дозрі- вання	Σr , мм	Σt , °C	$E_{\phi}=\Delta W+\Sigma r$, мм	$E_0=0,65\Sigma d$, мм	$\frac{E_{\phi}}{E_0}$
Донецька	7.04	06.07	167	1407	262	337	0,78
Дніпропетровська	07.04	06.07	160	1441	235	340	0,69
Луганська	13.04	09.07	158	1416	218	348	0,63

де E_o - випарованість (мм); k_6 – біологічний коефіцієнт випарування, прийнятий за 0,65; $\sum d$ - сума дефіцитів вологості, розрахована у мм.

Розрахунки фактичного водоспоживання виконувались за допомогою рівняння водного балансу:

$$E_{\Phi} = \sum r + (W_H - W_K) \quad (4.8)$$

де $\sum r$ - кількість опадів, мм; W_H и W_K – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок і кінець вегетації, мм.

Як видно з таблиці, найменша кількість опадів протягом вегетаційного періоду гороху випадає в Луганській області – 158 мм. Дещо більша кількість опадів відзначається на території Дніпропетровської області і становить 160 мм. У Донецькій області опадів випадає найбільша кількість, яка становить 167 мм.

Встановлено, що показник вологозабезпеченості посівів гороху на території Луганської області є найменшим – 0,63, тобто у цій області горох найгірше забезпечений вологою. У Дніпропетровській області значення цього показника дещо вище – 0,69, а найкраще забезпечені вологою посіви гороху на території Донецької області, де E_{Φ}/E_o дорівнює 0,78.

Таким чином, з врахуванням відносного показника випарування, ми змогли розрахувати значення дійсно можливих урожаїв гороху по трьом областям Північного Степу. Результати надаються у правій частині таблиці 4.3. Встановлено, що ДМУ зменшується в залежності від умов зволоження території досліджень. При ККД використання ФАР, що дорівнює 1%, 2%, 2,5 % ДМУ гороху складає в Донецькій області 18,3, 36,7 та 45,8 ц/га. В Дніпропетровській області ці значення дещо менше – 16,3, 32,6 та 40,8 ц/га відповідно. На території Луганської області, де спостерігаються найпосушливіші умови, ДМУ виявляється найменшим і не перевищує 14,4, 28,7 і 35,9 ц/га.

4.4 Порівняльна оцінка ступеня сприятливості клімату для вирощування гороху

Представляє інтерес порівняльна оцінка урожаїв гороху різного виду – потенційного, дійсно-можливого і виробничого. З цією метою ми визначили такі характеристики: нестача урожаю, обумовлена тим, що агрометеорологічні умови неідеальні у вигляді різниці (ПУ – ДМУ); коефіцієнт сприятливості клімату (K_C) – чим він вище, тим краще кліматичні умови для вирощування урожаю у конкретному районі; нестача урожаю через неповне використання клімату і недостатньо високий рівень культури землеробства у вигляді різниці ДМК та урожаїв у виробництві (ДМУ – УВ); коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів (K_E), що показує, яку долю складає урожай у виробництві від дійсно-можливого урожаю гороху.

Вищевказані коефіцієнти розраховувались за наступними формулами:

$$K_C = \frac{ДМУ}{ПУ}, \quad (4.9)$$

$$K_E = \frac{УВ}{ДМУ}. \quad (4.10)$$

Результати розрахунків представлені у таблиці 4.5. Оскільки з даних, що надаються у таблиці 4.3 наочно видно, що виробничі посіви гороху в Північному Степу використовують сонячну радіацію з ККД трохи менше 1% (Донецька та Луганська області) та дещо більше 1% (Дніпропетровська область), представляє інтерес порівняння урожаїв гороху різних агроекологічних категорій на рівні використання ФАР більше цієї межі.

Академік О.О. Ничипорович [39] вважав, що за значеннями ККД посіви поділяються на групи: ті, що звичайно спостерігаються – 0,5-1,5 %,

Таблиця 4.5– Кількісна оцінка ступеня сприятливості клімату
та ефективності його використання
для отримання урожаїв гороху в Північному Степу

Область	У _В , ц/га	ПУ-ДМУ при η, %				ДМУ- УВ при η, %				К _Е при η, %				К _С
		1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
Донецька	15,4	5,2	7,7	10,3	12,9	2,9	12,1	21,3	30,4	0,84	0,56	0,42	0,34	0,78
Дніпропетровська	17,6	7,3	11,0	14,7	18,3	-1,3	6,9	15,0	23,2	1,08	0,72	0,54	0,43	0,69
Луганська	14,0	8,4	12,7	16,9	21,1	0,4	7,5	14,7	21,9	0,97	0,65	0,49	0,39	0,63

добрі – 1,6-3,0 %, рекордні – 3,1- 5 %. У нашому випадку можна зробити висновок, що нестача урожаю гороху із-за того, що погодні умови не ідеальні, складає при η , що дорівнює 1,5, 2,0 і 2,5 % на території Донецької області 7,7, 10,3 і 12,9 ц/га, на території Дніпропетровської області 11, 14,7 та 18,3 ц/га, а на території Луганської області 12,7, 16,9 і 21,1 ц/га. Тобто, можна сказати, що в Донецькій області складаються найбільш сприятливі умови для вирощування гороху, а на території Луганської області погодні умови, що складаються, найбільше відрізняються від ідеальних.

Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів (K_E) змінюється по території дослідження істотно і залежить від ККД використання ФАР. Найменші значення його спостерігаються в Донецькій області і складають при η , що дорівнює 1,5, 2,0 і 2,5 % відповідно 0,56, 0,42 і 0,34 %. Це означає, що у цьому районі рівень культури землеробства найменший. А у Дніпропетровській області рівень культури землеробства істотно вище і K_E складає відповідно до значень ККД 0,72, 0,54 і 0,43 %.

Коефіцієнт сприятливості клімату для вирощування гороху на території трьох областей Північного Степу пов'язаний із ресурсами зволоження вегетаційного періоду культури. Найменші значення K_C характерні для Луганської області, де спостерігаються найбільш посушливі умови.

Отже, ще є величезний резерв для отримання більш високих урожаїв гороху у відповідності з біокліматичним потенціалом території Північного Степу. Також можна рекомендувати виробникам відновлення зрошувальних систем та застосування на полях з горохом зрошення.

ВИСНОВКИ

1. За допомогою методу гармонійних зважувань були проаналізовані часові ряди урожайності гороху на території трьох областей Північного Степу: Донецької, Дніпропетровської та Луганської за період 1999-2015 рр.

В усіх досліджуваних областях спостерігається чітка закономірність – у першій третині досліджуваного періоду спостерігалось зростання трендової компоненти, що свідчить про поступове підвищення рівня культури землеробства за цей період. Але з 2005 р. і практично до кінця дослідження трендова компонента урожайності гороху поступово зменшувалась і лише у два останні роки досліджень (2014 та 2015 рр.) урожайність за трендом почала підвищуватися.

Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, від'ємна і складає в Донецькій області $-0,3$ ц/га, а в Дніпропетровській та Луганській областях $-0,1$ ц/га.

Середній урожай гороху за сімнадцять років в Донецькій області складає $15,3$ ц/га., в Дніпропетровській $17,6$ ц/га і в Луганській області $14,0$ ц/га.

Найбільш сприятливими для вирощування гороху в Донецькій області були 2001, 2004 та 2005 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали $5,7$ та $8,3$ та $7,4$ ц/га відповідно. Від'ємні відхилення, які досягали у 1999 р. – $4,1$ ц/га, 2003 р. $-11,9$ ц/га, у 2007 р. $-10,6$ ц/га, свідчать про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

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_f/E_o). 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. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. - Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. - 363 с.
2. Задорин А.Д. Средообразующая роль бобовых культур. – Орел, 2003.–128 с.
3. Агрокліматичний довідник по Луганській області (1986-2005 рр.) – Луганськ: ТОВ “Віртуальна реальність”, 2011. – 216 с.
4. Агрокліматичний довідник по Донецькій області (1986-2005 рр.). За редакцією Л.П.Радіонової, Т. І. Адаменко. Донецьк, 2010. – 186 с.
5. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986-2005 рр.). За редакцією О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. Дніпропетровськ, 2010. – 191 с.
6. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. - Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. – 108 с.
7. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А. и др. Зернобобовые культуры /Под ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 264 с.
8. Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 241 с.
9. Иванова-Зубкова Н.З. Агрометеорологические показатели развития, роста и формирования урожая гороха / Труды ЦИП. – 1965. - вып. 145. - С. 19-27.
10. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство: електронний підручник. - Херсон, 2003. Режим доступу: <http://buklib.net/books/34334/>.
11. Панина В.Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая зерна гороха / Метеорология и гидрология. – 1965. - № 2. - С. 27-29.
12. Федюшина Д.П. Показатели увлажнения вегетационного периода и их влияние на формирование урожая гороха / Труды Каз. НИГМИ. – 1971. - вып. 40. - С. 80-96.

13. О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко Рослинництво: Підручник. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
14. Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г., Дьяков А.Б. и др. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е.И. Кошкина. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.: ил.
15. Дедов А.В. Приемы биологизации и воспроизводство плодородия черноземов / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, Н.Н. Хрюкин // Земледелие. – 2012. – № 6. – С. 4-7.
16. Кондыков И.В., Уваров В.Н., Зеленов А.Н., Кондыкова Н.Н. Сорты гороха нового поколения, контрастные по архитектонике листового аппарата. - Земледелие. - 2012. - № 5. - С. 34-36.
17. Зубов А.Е. Урожайность сортов гороха различного морфотипа. /А.Е. Зубов, А.И. Катюк // Достижения науки и техники АПК. – 2005. - № 9. – С. 12-14.
18. Амелин А.В. Листовая поверхность растений и её значение в селекции высокоурожайных сортов гороха. / А.В. Амелин, А.П. Лаханов, А.И. Зеленов// С.-х. биология. - 1994. - № 1. - С. 57-61.
19. Бугрей И.В. Микроклимат и освещенность в посевах гороха / И.В. Бугрей, С.В. Мных // Материалы международной научно-практической конференции “Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур”. - Донской ГАУ. - 2015. - С.136-140.
20. Иващенко О.О., Макух Я.П., Шам І.М. Система захисту посівів гороху посівного від бур'янів / Аграрна наука – виробництву. - 2012. - № 3 (61). - С. 19.
21. Летуновский В.И. Уборка гороха с минимальной потерей урожая. - Земледелие. - 2003. - №6. - С.16-18.
22. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318 с.
23. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. - 175 с.

24. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 115 с.
25. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
26. Статистична інформація [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Головного управління статистики у Донецькій області – Режим доступу: [http:// www.donetskstat.gov.ua](http://www.donetskstat.gov.ua)
27. Статистична інформація [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Головного управління статистики у Дніпропетровській області – Режим доступу: [http:// www.dneprstat.gov.ua](http://www.dneprstat.gov.ua)
28. Статистична інформація [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Головного управління статистики у Луганській області – Режим доступу: [http:// www. lg.ukrstat.gov.ua](http://www.lg.ukrstat.gov.ua)
29. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 362 с.
30. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – М.: Колос, 1967. – 334 с.
31. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
32. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 248 с.
33. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
34. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
35. Берлянд Т.Г. Распределение солнечной радиации на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 227 с.
36. Методи оцінки і районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення

сільськогосподарських культур. Під ред. М.І. Кульбіді, З.А. Міщенко. Київ, 2004. – 111 с.

37. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. - М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

38. Алпатьев А.М., Влагодобороти в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 324 с.

39. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза : [монография]. – М.: Наука, 1982. – С. 7-36.