МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив змін клімату на продуктивність вики в Рівненській області**

Виконала студентка 2 курсу групи МЗА-18
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,
(шифр і назва)
Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)
Андронакі Алла Борисівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н.
Колосовська Валерія Валеріївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2019 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут ____гідрометеорологічний_____
Кафедра _агрометеорології та агроекології_____
Рівень вищої освіти _____магістр_____
Спеціальність _____103 «Науки про Землю»_____
(шифр і назва)
Освітня програма _____Агрометеорологія_____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
_____Польовий А.М.
« 28 » жовтня 2019 року

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

_____Андронакі Аллі Борисівні_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ____Вплив змін клімату на продуктивність вики в Рівненській області_____
керівник роботи _Колосовська Валерія Валеріївна, к.геогр.н._____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 18 » жовтня 2019 року № 235 «С»
2. Строк подання студентом роботи __09 грудня 2019 року_____
3. Вихідні дані до роботи: _метеорологічні і фенологічні дані середніх багаторічних спостережень за викою (1986-2005 рр.),_ дані середньообласної врожайності культури, метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 змін клімату.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Дати опис фізико-географічних особливостей Рівненської області; 2. Вивчити біологічні особливості вики та її вимоги до умов навколишнього середовища; 3. Вивчити базову модель формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового; 4.Підготувати вхідну інформацію для виконання розрахунків за моделлю та провести аналіз отриманих результатів; 5. Дати оцінку фотосинтетичної продуктивності вики та врожаю зерна стосовно території Рівненської області_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1.Динаміка врожайності вики в Рівненській області; 2.Динаміки площі листя вики за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5; 3.Динаміка сухої маси вики за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5; 4.Фотосинтетичний потенціал вики за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5;

5. Чиста продуктивність фотосинтезу вики в Рівненській області за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою магістерської кваліфікаційної роботи.	28.10.2019 р. - 04.11.2019 р.	90	5*(відмінно)*
2	Складання фізико-географічного огляду області. Збір матеріалів спостережень та їх обробка. Оформлення текстової частини першого та другого розділів кваліфікаційної роботи.	05.11.2019 р. - 17.11.2019 р.	94	5*(відмінно)*
3	*Рубіжна атестація*	18.11.2019 р. - 23.11.2019 р.	92	*5(відмінно)*
4	Вивчення алгоритму моделі. Збір матеріалів спостережень та їх обробка. Оптимізація параметрів, щодо території досліджень та культури.	24.11.2019 р. - 26.11.2019 р.	92	*5(відмінно)*
5	Проведення розрахунків на ПЕОМ. Аналіз отриманих результатів.	27.11.2019 р.- 29.11.2019 р.	91	*5(відмінно)*
6	Оформлення текстової частини третього, четвертого та п’ятого розділів кваліфікаційної роботи	2.12.2019 р. 5.12.2019 р.	92	*5(відмінно)*
7	Узагальнення отриманих результатів. Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	6.12.2019 р. - 09.12.2019 р.	93	*5(відмінно)*
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
9	**Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)**		**92,0**	

Студентка _____ Андронакі А. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Колосовська В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Андронакі Аллі Борисівні на тему:

«Вплив змін клімату на продуктивність вики в Рівненській області»

Актуальність обраної теми. Однією з перспективних, але недостатньо вивчених культур в біологічному і господарському відношенні є вика. Вика – культура високопродуктивна, скоростигла, багата на білок і має різнобічне використання: зелений корм, зерно, трав'яне борошно, сіно та силос. Високі кормові якості забезпечуються не лише наявністю білків, а й вітамінами та мінеральними солями, на які яра вика також багата. Вика дає урожай зерна 25–35 ц/га і нагромаджує у ґрунті до 50–80 кг/га азоту. Вику широко вирощують в усіх зонах України.

Метою роботи являється проведення оцінки агрокліматичних умов вирощування культури вики, а також дати оцінку фотосинтетичної продуктивності і врожайності вики в умовах змін клімату.

Об'єктом дослідження є посіви вики в Рівненській області.

В результаті виконаної роботи була виділена тенденція середньообласної врожайності вики і виявлені особливості в динаміці врожайності вики на території Рівненської області за період 1986-2015 рр. Проаналізовано особливості настання дат фаз розвитку вики за середніми багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5. Також, проведено аналіз фотосинтетичної продуктивності вики та врожаю зерна на території Рівненської області за умов змін клімату.

Магістерська робота складається з вступу, пяти розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг складає 71 сторінку, 9 таблиць, 7 рисунків, 51 літературне джерело.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вика, агрокліматичні умови, зміна клімату, базовий період, площа листя, чиста продуктивність фотосинтезу, сценарій RCP 4.5.

SUMMARY

for master's qualification work

Andronaki Alla Borisivna on the topic:

«Impact of climate change on vicia productivity in Rivne region»

Actuality of the chosen theme. One of the promising, but insufficiently studied cultures in biological and economic terms is vicia. Vicia is a high-yielding, protein-rich and versatile crop: green fodder, grain, grass meal, hay and silage. High fodder qualities are ensured not only by the presence of proteins, but also by vitamins and mineral salts, for which the ravine is also rich. Vicia gives a grain yield of 25-35 kg/ha and accumulates in the soil up to 50-80 kg/ha of nitrogen. Vicia is widely grown in all areas of Ukraine.

The purpose of the work is to evaluate the agroclimatic conditions of cultivation of vicia, as well as to evaluate the photosynthetic productivity and yield of vicia in the face of climate change.

The object of the study is vicia crops in the Rivne region.

As a result of the work performed, the tendency of average regional vicia yield was identified and features in the dynamics of witch productivity in the territory of Rivne region for the period 1986-2015 were identified. The peculiarities of the occurrence of the dates of the wiki development phases are analyzed using average long-term data and the climate change scenario RCP 4.5. Also, the analysis of photosynthetic productivity of witch and grain yield in the territory of Rivne region under the conditions of climate change was carried out.

The master's work consists of an introduction, five sections, conclusions, a list of used literature. The total volume is 71 pages, 9 tables, 7 figures, 51 literary sources.

KEYWORDS: vicia, agroclimatic conditions, climate change, base period, leaf area, net photosynthesis productivity, RCP 4.5 scenario.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ВИКИ 9

1.1 Біологічна та ботанічна характеристика культури вики 9

1.2 Вплив метеорологічних факторів на проходження фаз розвитку та врожайність вики 10

1.3 Технологія вирощування вики 11

1.4 Характеристика сортів вики 13

1.5 Хвороби вики та заходи боротьби з ними 15

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ 17

2.1 Фізико-географічна характеристика Рівненської області 17

2.2 Особливості агрокліматичних умов Рівненської області 19

3 БАЗОВА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А.М.ПОЛЬОВОГО 22

3.1 Концепція моделювання 24

3.2 Опис структури моделі формування врожайності сільськогосподарських культур 25

3.3 Біологічний блок 32

3.4 Блок врожайності 38

4 ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬООБЛАСНОЇ ТЕНДЕНЦІЇ ВРОЖАЙНОСТІ ВИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГАРМОНІЙНИХ ВАГ 39

4.1 Екстраполяція тенденції врожайності 39

4.2 Підготовка вихідної інформації для екстраполяції тенденції врожайності. Оцінка правильності вибору тренда врожайності вики 41

4.3 Динаміка врожайності вики 45

5 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВИКИ В РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ 49
5.1 Сучасний стан впливу змін клімату на сільське господарство 49
5.2 Метеорологічні умови вегетації вики в Рівненській області 51
5.3 Оцінка строків сівби та фаз розвитку вики 54
5.4 Оцінка агрокліматичних умов вирощування вики 55
5.5 Оцінка показників фотосинтетичної продуктивності вики 58
ВИСНОВКИ 65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 67

ВСТУП

На сьогодні зміна клімату та сільське господарство є взаємопов'язаними процесами світового масштабу. Глобальне потепління впливає на ряд показників у сільському господарстві, зміна середніх температур, зміна кількості опадів, зміна концентрації діоксиду вуглецю в атмосфері та озону, поява нових шкідників та хвороб, зміна якості продуктів харчування [14, 44, 47].

Сільське господарство України є найбільш вразливою галуззю економіки до коливань та змін клімату, оскільки функціонування галузей землеробства та тваринництва, їх спеціалізація, урожайність сільськогосподарських культур значною мірою залежать від агрокліматичних умов території і насамперед від її тепло- і вологозабезпеченості. Зміна термічного режиму та режиму зволоження впливає на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин, кормову базу тваринництва та його продуктивність і, зрештою, на продовольчу безпеку України [19].

Також, в сільському господарстві залишається проблема щодо збільшення виробництва рослинного білка. Найважливішим та найбільшим джерелом повноцінного білка є зернобобові культури, серед яких важливе значення має вика. Потенціал продуктивності вики складає близько 4,0-5,0 т/га зерна, в якому міститься 26-35 % білка. Для порівняння: у зерні гороху білка міститься від 20 до 36%, а у сої – від 30 до 50% [27].

Вика є однією з перспективних, але недостатньо вивчених культур в біологічному і господарському відношенні. Вика – важлива продовольча та кормова культура, посіви якої зосередженні в Поліссі та Лісостепу. Вика має різнобічне використання: зелений корм, зерно, трав'яне борошно, сіно та силос [28, 33].

Зерно вики за вмістом протеїну переважає зернові культури більше ніж удвічі. За амінокислотним складом її білки краще засвоюються, дають найдешевший білок. Нині рослинний білок високо цінується в харчовій та комбікормовій промисловості.

При дотриманні сучасних технологій вирощування вика дає урожай зерна 25–35 ц/га і нагромаджує у ґрунті до 50–80 кг/га азоту. За даними Інституту кормів, зерно вики має високу цінність як високобілкова культура в годівлі молочних корів [11, 12, 21].

Нажаль, площі посіву вики в нашій країні за період 2010-2014 років були незначними та постійно зменшуються (3,2-1,6 тис.га). Українські аграрії взялися розширювати поля вики, так в Рівненській області в 2017 році площі зросли до 570 га. Про це свідчать дані Держстатистики [16].

Рівненська область розташована на північному заході України та має вигідне географічне положення для обслуговування ринків Європейського Союзу, Білорусії, Росії та України [26].

Перспективним є вирощування вики для експорту на світові ринки. Так, в 2017 році експорт бобових культур зріс на 64% і приніс Україні 193 млн.у.о. За 7 місяців 2018 року виробники експортували зернобобових культур 291 тону на суму 71 млн.у.о [16, 19].

З усього вище сказаного, ми бачимо, що тема магістерського дослідження є дуже актуальною та необхідною на сьогодні.

Мета магістерського дослідження – на основі сценарію змін клімату RCP 4.5 на період до 2050 року виконати оцінку впливу змін клімату на формування врожайності вики в Рівненській області. Для виконання розрахунків були використані дані агрокліматичного довідника по Рівненській області, метеорологічні дані за сценарієм змін клімату RCP 4.5, а також дані літературних джерел [1, 15, 27, 44, 48-51].

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ВИКИ

1.1 Біологічна та ботанічна характеристика культури вики

Вика – однорічна кормова культура, поширена в зоні Лісостепу і Полісся України [17, 27].

Рід вики (*Vicia L.*) належить до родини Бобових, підродини Метеликових і налічує більш ніж 120 видів.

Коренева система її добре розвинена, стрижневої системи, з великою кількістю бокових відгалужень [8].

Стебло тонке, заввишки один метр, нестійке проти вилягання. Стебла вики грубішають повільно, тому на сіно можна збирати її у фазі формування бобів. Вика добре росте на карбонатних ґрунтах, достатньо зволожених, особливо у період цвітіння, а також на зв'язних з нейтральною або слабко-кислою реакцією (pH = 5,5-7) [8, 27].

Листки парнопірчасті (складаються з 5-8 пар листочків), еліптичної, яйце - або серцеподібної форми, закінчуються вусиками.

Суцвіття – багатоквіткова китиця або квітки, розміщені частіше по дві в пазухах листків.

Квітки червоно-фіолетового, червоного, іноді білого кольору, сидять в пазухах листків (по 1-2) на коротких квітконіжках. Період цвітіння тривалий [30].

Плід – багатонасінний біб, лінійний та видовжено-ромбічний.

Боби довгі, прямі або зігнуті, бархатисті або неопушені. У кожному бобі 7-9 насінин. Достигаючи, боби досить легко розтріскуються. Насінини округлі або стиснені з боків, різного забарвлення: темні, сірі, зелені і навіть білі. Маса 1000 насінин становить 40-60 г.

Вика – рослина помірного клімату, вологолюбна і холодостійка. Насіння вики проростає за температури 2-3 °С, а сходи добре переносять

приморозки до 5-7 °С. Вика – рослина довгого дня, тому у північних районах ріст і розвиток її прискорюються. Вегетаційний період залежно від сорту та умов вирощування триває від 75 до 130 діб [6].

Більшість дослідників відносять вику до самозапильних, однак ступінь її самофертильності остаточно не встановлена.

Цвітіння вики в залежності від особливостей сорту і погодних умов починається на 30 – 60-й день після сходів. Перші квітки з'являються на пагонах першого порядку на 9 – 11-му міжвузлі. В розріджених посівах кожна рослина цвіте в середньому 10 – 15 днів, у загущених посівах, особливо в суміші з іншою культурою, цвітіння не тривале. Квітка розкривається в другій половині дня і закривається з початком потемніння. Наступного дня знову відкривається о 11 – 12 годині, інколи пізніше [17].

Боби утворюються приблизно на 7 – 10-й день після запліднення квітки. Зазвичай на одній рослині в період масового цвітіння можна побачити зелені і сформовані боби, квітки і навіть недозрілі бутони, що значно ускладнює процес збирання[7].

Вика невибаглива до ґрунтів та дає високі врожаї на суглинках, глинах, на сірих лісових та чорноземних ґрунтах з нейтральною або близькою до неї реакцією (pH6-6,5). На піщаних, кислих та засолених ґрунтах врожаї вики сильно знижуються [11].

При вирощуванні на зерно кращі результати врожаю спостерігаються при сівбі на більш легких, але добре удобрених ґрунтах.

1.2 Вплив метеорологічних факторів на проходження фаз розвитку та врожайність вики

В перший період розвитку вика маловибаглива до тепла [6, 8]. Зерно вики починає проростати при температурі 1-2 °С, але проростання при низьких температурах проходить дуже повільно, через 11 днів. Період

проростання триває до 25 днів. Значно швидше проходить проростання при більш високих температурах. При температурі 7-8 °С проростання проходить через 6 днів, при 20-22 °С – через 3 дні [17, 27].

За Степановим В.М. мінімальна температура ґрунту для появи сходів вики 4,3 °С, при цій температурі вони з'являться через 30 днів. Але чим вища температура ґрунту (при достатньому її зволожені), тим швидше з'являються сходи. Так при температурі ґрунту 9,2 °С сходи з'являться через 12 днів, при 14 °С – через 7 днів [6, 27].

Встановлено, що для вики температура 4-6 °С біологічно мінімальна для формування вегетативних органів [17].

Цвітіння вики в залежності від особливостей сорту та умов вирощування починається на 30-50 і навіть 60-й день після появи сходів. Мінімальна температура початку цвітіння вважають 10 °С, а денна максимальна – близько 14-15 °С.

Достигання зерен вики в залежності від особливостей сорту та погодних умов продовжується від 25 до 50 днів і більше[30, 36].

1.3 Технологія вирощування вики

Вику на зелений корм і сіно в польових сівозмінах розміщують у зайнятих парах, а на зерно – в полі ярих зернових культур. Попередниками для вирощування вики на зерно на менш родючих ґрунтах є просапні культури, насамперед картопля. В свою чергу – вика утворює багато зеленої маси, пригнічує бур'яни, а тому є добрим попередником для озимих культур – пшениці, жита, ячменю, ріпаку. Не рекомендується сіяти вику частіше, ніж раз у три роки [11].

В багатьох зонах ґрунт під вику та її суміші готують з осені, але схема обробки залежить від попередника, типу бур'янів. Весною ґрунт культивують. Обробка повинна забезпечити максимальне очищення ґрунту

від бур’янів та набуттю землі якості рихлої, комковатої структури та вирівняної поверхні [9, 17].

Органічні та фосфорно-калійні добрива ($Р_{40}К_{60}$) вносять восени під зяблеву оранку. Рядкове внесення гранульованого суперфосфату (50 кг/га) під час сівби забезпечує значний приріст урожаю. На супіщаних ґрунтах ефективні калійні добрива. На чорноземах дуже ефективні фосфорно-калійні добрива. Під вико-вівсяну суміш вносять також азотні добрива (40-60 кг/га), що позитивно впливає на розвиток трав і підвищує вміст протеїну в зеленій масі. На осушених торфових ґрунтах краще забезпечити внесення повного мінерального добрива ($N_{20}P_{40}К_{80-100}$) [12, 17, 32].

Для поліпшення умов живлення вики, особливо на підзолистих кислих ґрунтах, велике значення мають молібденові добрива. [11, 17].

Для посіву використовують кондиційне насіння зі схожістю не нижче 85% (згідно ДСТУ-2240-93, ISTA), при цьому чистота – не менше 98% [27].

Вику на зерно сіють у ранні строки. Внесення фосфорно-калійних добрив і обробка зерна нітрагіном значно підвищують урожай насіння [5].

Вику сіють на глибину 4-5 см, а на легких ґрунтах – до 6 см. Після сівби проводять боронування або коткування кільчастими котками Важливо дотримуватися рівномірності загортання насіння на однакову глибину, яка дає можливість отримати дружні, рівні сходи і сприятиме рівномірному розвитку рослин у період вегетації.

Норма висіву вики становить 100-120 кг/га [46].

Для захисту рослин та боротьби з бур’янами застосовують комплекс заходів (механічні, біологічні, хімічні і інші) з метою отримання високоякісного врожаю. Для хімічного контролю застосовують зареєстровані препарати провідних хімічних компаній згідно інструкцій із застосування. Застосовують боронування. На посівах зернової вики боротьбу з бур'янами ведуть за допомогою гербіцидів, які зменшують

засміченість у 3-4 рази. Урожайність зерна при цьому зростає на 2-5 ц/га. Найбільш ефективне застосування симазину (0,6-0,8 кг/га) і прометрину (0,8-1 кг/га). В сумішках вики із зерновими культурами застосовують тільки прометрин [4, 10, 11].

Посіви вики уражаються бульбочковими довгоносиками і попелицями. Боротьбу із зазначеними шкідниками ведуть за допомогою метафосу.

Вику на насіння збирають роздільним способом, коли побуріють і достигнуть нижні боби. Скошують її лафетними жатками у валки, а коли вона підсохне, обмолочують самохідними комбайнами [11].

1.4 Характеристика сортів вики

У Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2006 р. було внесено 21 сорт вики. Близько половини всіх сортів вики створено на Білоцерківській дослідно-селекційній станції: Білоцерківська 10, Білоцерківська 88, Білоцерківська 9, Білоцерківська 70, Білоцерківська 34, Білоцерківська 7, Білоцерківська 96, Гібридна 85, Ізида, Ярослава. Вказані сорти займають великі площі посіву в Україні і за її межами [15, 22].

Сім сортів вики створено в Інституті кормів: Аріадна, Віаріка, Маргарита, Прибузька 19, Подільська 18, Подільська 9, Світлана.

Успішно проводиться селекція вики у Тернопільському Інституті АПВ і Полтавській державній сільськогосподарській станції [22].

За останні роки на Полтавській державній сільськогосподарській станції ім.М.І.Вавилова створено нові сорти вики, два з яких занесено до Реєстру сортів рослин України – з 1999 р. Гібридна 97 та з 2002 р. Гібридна 85 [22, 41].

За кордоном достатньо успішно селекційну роботу з викою проводять у Польщі, Франції , Болгарії, Румунії, Японії, ФРН і інших країнах [33, 40].

Розглянемо найбільш високоврожайні сорти вики, які поширені в Поліссі України [15].

Білоцерківська 222 – середньостиглий, високоврожайний сорт. Квітки фіолетово-червоні. Насіння округле, рожеве зі світло-фіолетовим відтінком. Поширений у поліській зоні.

Білоцерківська 679 – високоврожайний, середньостиглий, стійкий проти ураження хворобами і шкідниками. Квітки лілово-пурпурові. Насіння округле, рожеве з світло-коричневим відтінком. Стебла високі, середньо опушені. Кормові якості добрі. Районований у лісостеповій, поліській і степовій зонах.

Білоцерківська 70 – високоврожайний, середньостиглий сорт, стійкий проти ураження хворобами і шкідниками. Квітки лілово-пурпурові. Боби світло- коричневі. У кожному бобі 6-8 насінин. Насіння темно-коричневе з малопомітною або чіткою мармуровістю і чорними крапками до 20%. Стебло зелене, ребристе, опушене, заввишки 100-130 см. Кормові якості добрі. Районований у степовій, поліській і лісостеповій зонах [9, 16].

Білоцерківська 34 – високоврожайний, середньостиглий. Квітки лілово-пурпурові. Насіння середньої величини, округле, сіро-бузкове. Боби прямі з гострим зігнутим кінчиком, опушені. Стебло зелене, заввишки 100-130 см. Районований у лісостеповій і поліській зонах.

Сорт вики Гібридна 97 занесений до Державного реєстру сортів рослин України на 1999 рік у зонах Полісся і Степу. Сорт перевищив стандарт за кормовою продуктивністю на 21-23%, зерновою - на 19%.

Ярослава. Внесений до Реєстру на 2006 рік в зоні Полісся та Лісостепу. Середньостиглий, стійкий до несприятливих абіотичних

факторів протягом вегетації. Насіння округле, світло-коричневе, без малюнку, забарвлення сім'ядолей помаранчеве. Маса 1000 насінин 50-60 г. Сорт характеризується підвищеним вмістом білку в сухій речовині вики - до 22 %.

Євгена. Внесений до Реєстру сортів на 2008 рік і рекомендований для вирощування в усіх зонах України. Різновидність immaculata. Середньостиглий, стійкий до посухи протягом вегетаційного періоду, та середньостійкий до перезволоження у другій половині вегетації. Насіння округле, світло-сіре, без малюнку. Забарвлення сім'ядолей сіре, рубчик світлий. Маса 1000 насінин 55-65 г. Сорт високопродуктивний на кормову масу і насіння [34, 41].

Ліла. Внесений до Державного реєстру сортів у 2010 році і рекомендований для вирощування в зонах Полісся і Лісостепу. Різновидність atomaria. Середньостиглий, тривалість періоду сходи-цвітіння 45-53 дні, сходи-дозрівання 85-90 днів. Стійкий до посухи протягом вегетації, та перезволоження у другій її половині. Забарвлення сім'ядолей сіре. Маса 1000 зерен - 51-64 г. Високопродуктивний при вирощуванні на кормову продуктивність [15, 30].

1.5 Хвороби вики та заходи боротьби з ними

Несправжня борошниста роса, або пероноспороз, більше поширюється в зонах достатнього зволоження, особливо в роки з прохолодним літом [4, 7, 8, 22]. Уражаються листя, менше стебла і інші надземні органи. На листі з верхнього боку з'являються жовті плями, а з нижньої - густий, пухнастий брудно-фіолетовий наліт. Збудник хвороби - нижчий гриб *Peronospora viciae-sativae Gaeum.*

Іржа виявляється протягом всієї вегетації рослин. Спочатку на молодих листках з'являються дрібні жовті еції, а пізніше світло-коричневі

уредініопустули. До кінця вегетації рослин на стеблах і листках утворюються темно-коричневі або чорні теліопустули. Уражені листки всихають і опадають. Нерідко ураження у вигляді уредініо- і теліопустули виявляється і на бобах. Збудник хвороби – базидіальний гриб *Uromyces fabae d By*.

Аскохитоз проявляється на листках, стеблах і бобах у вигляді невиразних плям з приплющеними чорними пікнідами, розташованими неправильними концентричними колами [30].

Збудник хвороби – недосконалий гриб *Ascochyta punctata Naumov*.

При інтенсивному розвитку хвороби листя передчасно опадають, уражені стебла надломлюються. При ураженні бобів грибниця збудника проникає в насіння. Зберігається гриб у насінні і рештках рослин.

Септоріоз вражає всі надземні органи рослин. На листках з'являються білуваті плями з темно-коричневою облямівкою. Згодом на них утворюються чорні точковидні пікніди. Збудник хвороби – недосконалий гриб *Septoria viciae West*.

Мозаїка викликає характерну зміну забарвлення і курчавість листя, деформацію бобів, а іноді смуги на листках і стеблах. Збудник хвороби – *Pisum virus 2 Smith*. Хвороба не викликає загибелі рослин, але може бути причиною значного недобору врожаю зеленої маси і насіння [8, 33].

Заходи боротьби: дотримання просторової ізоляції посівів вики від інших бобових культур; збір насіння з менш уражених ділянок, ретельне їх просушування до 13-14% вологості, очищення та калібрування; насіння для розплідника розмноження, супереліти та еліти повинні мати сортову чистоту 99,5% та бути без домішок склероциїв білої і сірої гнилей [11].

Проти іржі ефективне обприскування колоїдною сіркою (4-6 кг/га). Важливе значення має застосування загально агротехнічних та інших заходів, що сприяють підвищенню стійкості рослин до хвороб [17].

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рівненська область – це промислово-аграрний регіон зі значним ресурсним, виробничим та інвестиційним потенціалом. Область розташована на північному заході України та має вигідне географічне положення для обслуговування ринків Європейського Союзу, Білорусії, Росії та України. Межує з Волинською, Житомирською, Хмельницькою, Тернопільською, Львівською областями та має державний кордон з Білоруссю [24, 26].

2.1 Фізико-географічна характеристика Рівненської області

Рівненська область розташована на північному заході України. Область в геоморфологічному відношенні поділяється на три частини: Полісся, Волинське лесове плато і Мале Полісся, що розташоване на півдні, між Радивиловом і Острогом, де у нього вклинюються відроги Подільської височини з висотами понад 300 м над рівнем моря [24-26].

Розміщення Рівненщини на межі Східноєвропейської платформи і Карпатської геосинклінальної області зумовило бурхливий і неоднозначний перебіг геологічної історії, що відбилося у неоднорідності тектонічної структури і формуванні досить складного комплексу геологічних відкладів на більшій частині області. Територія області розташована у межах двох крупних платформенних структур - Українського щита та Волинсько-Подільської плити і лише незначна ділянка на північно-східній окраїні Рівненщини лежить у межах Прип’ятського прогину.

Гідрологічно Рівненщина знаходиться у районі трьох артезіанських басейнів підземних вод: Волино-Подільського, Прип'ятського та Українського басейну тріщинних вод.

Територією області протікає 171 річка довжиною понад 10 км, знаходиться 150 озер, 12 водосховищ, 1688 ставків [24].

Ріки області належать до басейну Прип'яті і живляться в основному за рахунок талих снігових вод, у меншій мірі – ґрунтових вод та атмосферних опадів. Найбільші з них – Горинь, Стир та притока Горині – Случ. Основний напрямок течії – з півдня на північ – зумовлений загальним зниженням території від Волинського лесового плато до Поліської низовини.

Найбільші серед озер – Нобель (площа 4,99 км^2, максимальна глибина 11,3 м) та Біле (площа 4,53 км^2, максимальна глибина 26,8 м). Є також значна кількість озер у заплавах Горині, Стиру, Веселухи.

Ґрунтовий покрив області неоднорідний. Найпоширеніші дерново-підзолисті, опідзолені, дернові, торфові та торфоболотні ґрунти. Дерново-підзолисті, характерні для Полісся, малородючі, бідні на поживні речовини ґрунти утворились під лісовою рослинністю на водно льодовикових відкладах. На лесах Волинського плато сформувались світло-сірі ґрунти і опідзолені чорноземи, вони досить родючі, тому майже всі розорані. Південь Полісся представляють дернові та торфоболотні ґрунти в заболочених зниженнях озерно-льодовикового та річкового походження.

Територія Рівненщини охоплює декілька природних регіонів і лежить на межі між Центральною та Східною Європою, відзначаючись великою різноманітністю рослинного світу. За підрахунками флора області нараховує понад 1600 видів вищих рослин. Чимало з них зростають у багатьох регіонах земної кулі, але є і такі, що мають досить вузький ареал, та такі, що знаходяться на межі свого поширення [26].

Область за своїм рослинним покривом належить до Східноєвропейської провінції Європейської широколистяної і лісової зони. У рослинному покриві переважають ліси (36 % площі), 10 % займають луки та 7-8 % - болота. На Поліссі найбільш поширені соснові та сосново-дубові ліси, на Волинському лесовому плато – здебільшого листяні ліси, а в Малому Поліссі – дубово-соснові ліси з більш багатим, ніж на Поліссі, трав'яним покривом. Луки, як правило, зосереджені в заплавах річок. Більшість боліт низинні, менш поширені перехідні та верхові [24].

Сільське господарство завжди було провідною галуззю на території Рівненської області. Територія північного агрокліматичного району спеціалізується на виробництві картоплі, кормових культур [25].

У південному районі поширене виробництво зерна, технічних культур.

2.2 Особливості агрокліматичних умов Рівненської області

Клімат Рівненської області порівняно вологий і теплий. Зима м'яка, з частими відлигами, літо тепле, з достатньою кількістю опадів (середньорічна кількість опадів - 600-700 мм) – це основні риси клімату області. Вони формуються під впливом ряду факторів: приплив тепла від Сонця; атмосферна циркуляція (переважає західне переміщення, яке супроводжується припливом атлантичного повітря); характер земної поверхні. Усі ці фактори діють постійно, але роль кажного з них неоднакова (в залежності від пори року). Сонячна радіація найбільш ефективно діє у теплі періоди року, коли Сонце стоїть високо над горизонтом, хмарність невелика, а тривалість дня значна. Це забезпечує високі суми сонячної радіації. У холодну пору року вирішальним фактором стає циркуляція атмосфери. Зміна повітряних мас під її впливом визначає погоду [1, 26].

Зима настає наприкінці листопада, а стійкий сніговий покрив утворюється в останні дні грудня – першій декаді січня.

Літо, що приходить наприкінці травня, триває до вересня. Це період найвищих температур повітря і ґрунту, найбільших опадів, дозрівання врожаю. Ясна, прохолодна ранньоосіння погода встановлюється на початку вересня [24].

Рівненська область згідно агрокліматичного районування, яке було проведено в 90-х роках, поділяється на північний та південий райони. Північний район: Березнівськй, Володимирецький, Дубровицький, Зарічненський, Рокитнівський, Сарненський райони та північна частина Костепільського району. Південний район: Гощанський, Демидівський, Дубенський, південна частина Костопільського району, Здолбунівський, Корецький, Рівненський, Острозький, Млинівський, Радивилівський райони. Загалом, північний агрокліматичний район відповідає зоні Полісся, а південний – зоні Лісостепу.

Агрокліматичні умови північного та південного агрокліматичних районів Рівненської області сприятливі для розвитку сільського господарства. Характеристика агрокліматичних районів представлено в таблиці 2.1 [26].

З усього вище сказаного та досліджуючи зміни метеорологічних та агрокліматичних показників, бачимо тенденцію до значного підвищення температури повітря як в Поліссі, так і в Лісостепу. Причиною цього являється глобальне потепління.

Вчені прийшли до висновку, що за останні 10-25 років в Україні сформувався новий клімат – річна температура підвищилася на 0,3-0,7 ^{o}C. Відповідно, відбувається збільшення сум ефективних температур повітря вище 5 ^{o}C.

На території Рівненської області спостерігається тенденція до зменшення атмосферних опадів – це також наслідок потепління та зміни

клімату. На відміну від території Полісся, в Лісостепу спостерігається більш стрімке зменшення кількості опадів.

Таблиця 2.1 – Характеристика агрокліматичних показників північного та південного районів Рівненської області [26]

Показник	Райони	
	північні	південні
Сума активних температур вище 5 ^{o}C	2600-2700	2600-2650
Сума позитивних температур вище 5 ^{o}C	2900	3000
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	1,4-1,5	1,5-1,6
Сума опадів за період з середньодобовою температурою повітря 10 ^{o}C, мм	400-450	450-500
Сума опадів за рік, мм	600-690	570-640
Тривалість періоду активних (вище 10 ^{o}C) середньодобових температур, дні	155	160
Тривалість вегетаційного періоду (середня добова температура вище 5 ^{o}C), дні	213	215

Отже, підсумувавши інформацію, можна зробити такий висновок: територія північного і південного районів області піддається впливу глобального потепління, це проявляється в зміні метеорологічних і агрокліматичних параметрів. Це може призвести до того, що межі агрокліматичних районів піднімуться північніше, фактично територія Полісся набуде ознак Лісостепу, а Лісостеп – зони Степу.

3 БАЗОВА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А.М. ПОЛЬОВОГО

Продуційний процес рослин (ППР) – це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, в ході яких відбувається формування урожаю. ППР залежить від умов зовнішнього середовища і сам перетворює довкілля, в основному через архітектоніку, газообмін і транспірацію фітоценозу [37-39, 45].

Рослини, поглинаючи листям з атмосфери CO_2 і кореневою системою воду з ґрунту, створюють в процесі фотосинтезу під дією енергії сонячної радіації органічну речовину у вигляді асимілятів. Одночасно відбувається транспірація. В залежності від інтенсивності фотосинтетично-активної радіації (ФАР), водного і температурного режимів, швидкості вітру, концентрації CO_2 в повітрі, родючості ґрунту і видових особливостей рослин процес фотосинтезу може відбуватись з більшою або меншою швидкістю [39].

Інший фундаментальний процес – дихання – забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних із ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і з транспортом речовин, а також з підтримкою життєдіяльних структур органів рослин. При цьому витрачаються органічні речовині, накопичені в органах рослин.

Третій фундаментальний процес – ріст. Фотосинтез і ріст розглядаються як взаємопов'язані процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту.

Ріст – це складова частина продуційного процесу, який супроводжується збільшенням маси і розмірів органів, органел і живого організму в цілому [38].

Найбільш елементарний показник росту фітомаси – це приріст, тобто різниця між сухою фітомасою за певний проміжок часу:

$$\Delta M = M_2 - M_1. \qquad (3.1)$$

Приріст сухої фітомаси не є вичерпною характеристикою при оцінці росту органів рослин, оскільки не враховує хімічний склад фітомаси.

При аналізі приросту біомаси використовується і величина $E_{чп.ф.}$, яка розраховується за формулою [29, 37, 39]:

$$E_{чп.ф.} = \frac{1}{\overline{L_0}} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t}, \qquad (3.2)$$

де $\overline{L_0}$ – середня сумарна площа листя рослини за період Δt.

Величина $E_{чп.ф.}$ названа А.А.Нічипоровичем чистою продуктивністю фотосинтезу посівів. Вона широко використовується для характеристики фотосинтетичної активності листкової поверхні [29].

Згідно з А.А.Нічипоровичем (1963 р.), найвища продуктивність посівів сільськогосподарських культур може бути досягнута за таких умов:

– формується оптимальний за розмірами і за тривалістю роботи фотосинтетичний апарат;

– досягається найкраща за інтенсивністю і за якісною спрямованістю його робота в різних фазах росту і розвитку рослин;

– забезпечується найкраще використання продуктів фотосинтезу з найменшими їх витратами на процеси загального метаболізму і росту;

– хід цих процесів підтримується оптимальним співвідношенням чинників середовища: світла, тепла, вологи, вуглецю, елементів мінерального живлення [29, 39].

Передумовою для створення математичних моделей ППР є знання закономірностей залежності вищеназваних фундаментальних процесів від чинників зовнішнього середовища і від внутрішніх біологічних, видових та адаптивних особливостей рослин у взаємозв'язку і в динаміці онтогенезу [39].

3.1 Концепція моделювання

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт з моделювання продуційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики становили довгоперіодні динамічні моделі формування урожаю [38].

Процес формування урожаю розглядається нами як складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається не тільки чинниками зовнішнього середовища та біологічними особливостями рослин, але і взаємозв'язком між самими процесами.

Виконана робота ґрунтується на застосуванні і розвитку базової моделі формування врожаю сільськогосподарських культур [38, 39].

Структура моделі визначається, виходячи із закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі «грунт – рослина – атмосфера» та біологічних уявлень про ріст і розвиток сільськогосподарських культур під впливом чинників зовнішнього середовища. В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового та водного балансів і балансу біомаси у рослинному покриві.

Вважається, що рослина складається з чотирьох функціонально пов’язаних узагальнених органів: листя - l, стебла - s, коріння - r, репродуктивних органів (боби) - p. В бобі розглядається формування зерна - g. Загальна суха біомаса рослин $\bar{M}$ складається з біомаси окремих

органів: m_l, m_s, m_r, m_p.

Модель формування врожаю сільськогосподарських культур складається з п'яти блоків [39]:

1. блок вхідної агрометеорологічної інформації;
2. блок початкових даних і шкали часу;
3. блок чинників навколишнього середовища;
4. біологічний блок;
5. блок врожайності.

3.2 Опис структури моделі формування врожайності сільськогосподарських культур

Блок вхідної агрометеорологічної інформації

Передбачається використання стандартної декадної агрометеорологічної інформації: температура повітря, дефіцит насичення повітря, кількість опадів, тривалість сонячного сяйва, запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 і 0-100 см, рівень грунтових вод, строки і норми вегетаційного поливу (при зрошуванні), характеристики агрофізичного та агрохімічного стану ґрунту, водного режиму ґрунтів [38, 39].

Блок початкових даних і шкали часу

Виконуються розрахунки початкових характеристик рослинного покриву (величини біомаси окремих органів рослин – листя, стебел, коренів, бобів і площі асимілюючої поверхні); задаються початкові значення оцінок екстремальних умов. Проводиться розрахунок часової шкали та суми ефективних температур. Модель має дві шкали часу: декади від початку вегетації культури і суми ефективних температур, що накопичуються від початку вегетації [38].

Сума ефективних температур визначається з врахуванням середньої за декаду температури повітря, біологічного нуля культури і кількості

декад вегетації:

$$\sum_{п.вег.}^{в.ст.} t_{еф.} = (t_{дек.} - t_{б.н.}) n_{дек.}, \quad (3.3)$$

де $\sum_{п.вег.}^{в.ст.} t_{еф.}$ – сума ефективних температур;

$t_{дек.}$ – середня за декаду температура повітря;

$t_{б.н.}$ – біологічний нуль культури;

$n_{дек.}$ – кількість днів в розрахунковій декаді вегетації.

Блок факторів навколишнього середовища

Підблок радіаційного та водно-теплового режимів посівів

Для розрахунку сумарної сонячної радіації, яка надходить на верхню межу рослинного покриву культури, використовується формула С.І. Сівкова [43]

$$Q_o^j = 12{,}66(SS^j)^{1{,}31} + 315(A^j + B^j)^{2{,}1}, \quad (3.4)$$

де Q_o – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – порядковий номер розрахункової декади.

Інтенсивність сумарної сонячної радіації, що надходить на поверхню листя всередині рослинного покриву, визначимо за співвідношенням:

$$Q_L = Q_o a_Q (1 - \alpha_{LS}), \quad (3.5)$$

де Q_L – інтенсивність сумарної сонячної радіації на поверхні листя всередині рослинного покриву;

a_Q – функція пропускання сумарної радіації рослинним покривом;

α_{LS}, – альбедо рослинного покриву.

Функцію пропускания сумарної радіації знайдемо за формулою Тоомінга і Росса [45]:

$$a_Q = (1 - c_2)\exp\left(-\frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right), \qquad (3.6)$$

де c_2 – емпірична стала, яка характеризує частку розсіяної радіації в потоці сумарної радіації;

c_3 – емпірична стала, яка характеризує інтенсивність розсіювання фітоелементами;

k_S^L – емпірична стала, яка характеризує вплив геометричної структури рослинного покриву на пропускання сонячної радіації.

L – відносна площа листя;

h_o – висота Сонця.

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично-активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням [39]

$$I_{ФАР} = (a_{ФАР}\, Q_L)/\tau_{дн}, \qquad (3.7)$$

де $a_{ФАР}$ - коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, визначається як

$$P_s = P_0 - P_L \qquad (3.8)$$

де P_o – кількість опадів, що випали;

P_L– кількість опадів, перехоплених рослинним покривом, яка залежить від

розмірів листкової поверхні.

Випаровуваність з посівів культури визначимо за рівнянням [34]:

$$E_{pot} = 16{,}7(a_{хар.} Q_o - n_{дек.} b_{хар.}), \quad (3.9)$$

де E_{pot} - випаровуваність посівів рослини;

$a_{хар.}$ і $b_{хар.}$ - параметри рівняння Харченко для рослини.

Сумарне випаровування посівів культури визначимо за методом С.І. Харченко [39]:

$$E_{act.} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \frac{2W_{HB}}{\beta_{хар.} E_{pot}}}, \quad (3.10)$$

де E_{act} - сумарне випаровування посівів;

$P_{зр.}$ - норма вегетаційного поливу;

$W_{НВ}$ - найменша вологоємність в метровому шарі ґрунту;

$\beta_{хар.}$ - параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в залежності від фази розвитку і біологічних особливостей культури;

W - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту.

Рівень ґрунтових вод визначається за допомогою методу[37-39]:

$$H_{gr.w.}^{j+1} = H_{gr.w.}^{j} + \Delta H_{gr.w.}^{j}, \quad (3.11)$$

Для розрахунку запасів продуктивної вологи скористаємось рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^{j} + P_S^j + P_{зр.}^j - E_{act}^j - I_w^j + V\text{р} \quad (3.12)$$

Величина гідротермічного показника Селянінова (*ГТК*) розраховується щодекадно при середній температурі повітря за декаду вищій ніж 10°С як співвідношення [37, 39]:

$$ГТК=P_S/(0{,}1t_{дек.}n_{дек.}). \quad (3.13)$$

Підблок функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез

Дія температури на фотосинтез пов'язана з її впливом на темнові реакції та на повторні процеси, тоді як фотохімічний процес майже не залежить від температури. Поглинання і відновлення двоокису вуглецю при підвищенні температури прискорюються, поки не буде досягнутий деякий оптимальний рівень, який зберігається в досить широкому діапазоні температур. Тільки при високих температурах, коли починається інактивація ферментів, а також порушується узгодженість різних реакцій, фотосинтез швидко припиняється [39].

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу, так звана «температурна крива фотосинтезу», визначається як:

$$\Psi_{\Phi}=\begin{cases}13{,}7\sin(0{,}0774x_2) & при \quad t<t_{opt1}^{\Phi}\\ 1 \quad при & t_{opt1}^{\Phi}\le t_n\le t_{opt2}^{\Phi}\\ 1{,}1323\cos(1{,}5705x_3)-0{,}1323 & при \quad t>t_{opt2}^{\Phi}\end{cases} \quad (3.14)$$

$$x_2=(t_n-t_o^{\Phi})/(t_{opt1}^{\Phi}-t_n), \quad (3.15)$$

$$x_3=(t_n-t_{opt2}^{\Phi})/(t_{\max}^{\Phi}-t_{opt2}^{\Phi}), \quad (3.16)$$

де ψ_{Φ} - температурна крива фотосинтезу;

t_n - температура повітря;

t_o^{Φ}, t_{opt1}^{Φ}, t_{opt2}^{Φ}, $t_{\max}^{\Phi}$ - відповідно початкова, нижня межа і верхня межа оптимальної і максимальна температура процесу фотосинтезу.

Величини t_{opt1}^{Φ} *і* t_{opt2}^{Φ} є функціями біологічного часу. В загальному вигляді вони описуються рівняннями:

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1 x_4 + B_2 x_4^2 + B_3 x_4^3, \tag{3.17}$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4 x_4 + B_5 x_4^2 + B_6 x_4^3, \tag{3.18}$$

$$x_4 = \Sigma t / \Sigma t_{cm.} \tag{3.19}$$

У листостеблових рослин водний дефіцит діє передусім на устячка, звуження яких обмежує CO_2-газообмін [39].

Визначення впливу вологозабезпеченості на процес фотосинтезу проводиться двома способами – через функцію впливу вологості ґрунту:

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} 2{,}187x_5 - 1{,}163x_5^2 & при \quad W < W_{opt1} \\ 1 \quad при \quad W_{opt1} \le W \le W_{opt2} \\ -0{,}654 + 3{,}824x_6 - 2{,}633x_6^2 + 0{,}467x_6^3 & при \quad W > W_{opt2} \end{cases} \tag{3.20}$$

та через відношення сумарного випаровування до випаровуваності [35]

$$e_{\Phi} = E_{act} / E_{pot}\,, \tag{3.21}$$

де γ_{Φ} - функція впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу;

W - запаси продуктивної вологи у ґрунті;

W_{opt1} і W_{opt2} - нижня і верхня межі оптимальних значень запасів продуктивної вологи в ґрунті;

$e_Ф$ - відносна вологозабезпеченість.

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез *FW* виконується за формулою:

$$FW = (\gamma_Ф e_Ф)^{0,5}. \tag{3.22}$$

Аналогічно визначимо узагальнену функцію впливу термічного режиму та вологозабезпеченості *FTW1* на фотосинтез

$$FTW1 = (\psi_Ф FW)^{0,5}. \tag{3.23}$$

Введемо корекцію до цієї функції на рівень температури повітря в поєднанні з вологозабезпеченістю [39].

Функція *FTW2* нормована і змінюється від 0 до 1.

$$FTW2 = \begin{cases} FTW1[1 + (1 - \Psi_Ф)(1 - FW) & при \quad t_n < t_{opt1} \\ FTW1 & при \quad t_{opt1} \le t_n \le t_{opt2} \\ FTW1[1 - (1 - \Psi_Ф)(1 - FW)] & при \quad t_n > t_{opt2} \end{cases} \tag{3.24}$$

Підблок комплексу оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди і посушливих явищ

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю розглядається в три періоди:

1)сходи – утворення суцвіть;

2) утворення суцвіть – цвітіння;

3) цвітіння – достигання.

Оптимальні умови формування елементів продуктивності в період

третя декада квітня – перша декада травня будуть спостерігатись при температурі повітря 12 °С. При зниженні температури або при її підвищенні умови погіршуються.

Запропонована формула дозволяє розрахувати очікувану кількість зерен в бобі за допомогою середньої температури повітря в період цвітіння [40]:

$$n_g = 0{,}96 \cdot n_g^{\max} \cdot 10^{-0{,}70\left(\frac{t_1-12}{10}\right)^2}, \qquad (3.25)$$

де n_g – очікувана кількість зерен в бобі;

$n_g^{\max}$ – максимальна кількість зерен, яка формується при в сприятливому рівні температури за період;

t_1 – середня температура повітря за період цвітіння.

3.3 Біологічний блок

Підблок онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання

Фотосинтетична здатність і активність дихання – величини хоч і характерні для кожного виду рослин, але не постійні. Газообмін однієї і тієї ж рослини змінюється в процесі індивідуального розвитку і в зв'язку з сезонними і навіть добовими коливаннями активності. Молоді рослини дихають більш інтенсивно, ніж старі [38, 39].

У ході розвитку змінюється і фотосинтетична здатність рослин. У трав'янистих рослин окреме листя на пагонах значно розрізняється в залежності від часу розгортання і міри диференціювання, особливо у видів із швидким розвитком. З розгортанням листя швидко розвивається здатність до інтенсивного засвоєння CO_2. Повністю розвинене молоде листя має найвищу продуктивність, але вже за декілька днів або тижнів їх

фотосинтетична здатність слабшає і продовжує неухильно знижуватися із збільшенням віку листя [38-40].

Зміна інтенсивності фотосинтезу в онтогенезі в динамічних моделях продуційного процесу рослин не враховується зовсім або враховується через емпіричні коефіцієнти. Однак з літературних джерел добре відомо, що фотосинтетична активність листя різна на різних етапах онтогенезу окремого листка і рослини в цілому.

В онтогенезі цілої рослини найменшу інтенсивність фотосинтезу має листя у фазі сходів у бобових.

Вигляд онтогенетичної функції дихання, який використовується в моделі продуційного процесу, може бути різним і визначається, з одного боку, підходом до розрахунку дихання, а з іншого – структурою моделі.

У взятій нами структурі моделі дихання оцінюється в цілому для всіх органів (наприклад, для всього листя) і в цьому випадку функція має вигляд одновершинної кривої.

Онтогенетична крива фотосинтезу листя має вигляд:

$$\alpha_{\Phi}\begin{cases}\exp\left\{-\alpha_{\Phi}^{0}\left[\left(\sum t-\sum t_{\Phi_1}\right)/10\right]^2\right\} \ при\ \sum t<\sum t_{\Phi_1}\\ 1 \quad при \quad \sum t_{\Phi 2}\geq\sum t\geq\sum t_{\Phi_1}\\ 1{,}063-1{,}826x_1+0{,}705x_1^2 \ при\ \sum t>\sum t_{\Phi_2}\end{cases}, \tag{3.26}$$

$$x_1=\frac{\sum t-\sum t_{\Phi_2}}{\sum t_{cm.}-\sum t_{\Phi_2}}, \tag{3.27}$$

де α_{Φ}^{0} – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$\sum t$ – сума ефективних температур;

$\sum t_{\Phi_1}$ – перша сума ефективних температур, при накопиченні якої починається період максимальної інтенсивності фотосинтезу;

$\sum t_{\Phi_2}$ – друга сума ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності фотосинтезу;

$\sum t_{cm.}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації до достигання.

Аналогічним рівнянням описується і онтогенетична крива дихання α_R, для якої задаються відповідні параметри. Вони характеризують початкове значення онтогенетичної кривої дихання α_R^o, першу суму ефективних температур, при накопиченні якої починається період з максимальною інтенсивністю дихання $\sum t_{R_1}$, другу суму ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності дихання $\sum t_{R_2}$.

Підблок фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.

На CO_2-газообмін впливає цілий ряд зовнішніх чинників. Оскільки фотосинтез є фотохімічним процесом, він безпосередньо залежить від умов освітлення. Темнові реакції фотосинтезу і дихання – біохімічні процеси, тому насамперед лімітують температура і кількість CO_2.

Якщо піддавати листя все більш сильному освітленню, то поглинання CO_2 зростає спочатку пропорціонально, а потім повільніше до деякої максимальної величини [38].

Для оцінки залежності інтенсивності фотосинтезу від щільності світлового потоку існує багато різноманітних формул, але найчастіше фотосинтез листя описують формулою Монсі й Саєкі [39]

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_\phi \cdot I_{\Phi AP}) / (\Phi_{\max} + a_\phi \cdot I_{\Phi AP}), \qquad (3.28)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг CO_2/(дм^2·год);

$\Phi_{мах}$ – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2, мг CO_2/(дм^2·год);

α_Φ – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,

мг CO_2/(дм$^{-2}$·год$^{-1}$)/(кал·см$^{-2}$·хв$^{-1}$);

$I_{ФАР}$ – інтенсивність фотосинтетично-активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/(см^2·хв);

j – номер кроку розрахункового періоду.

В онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його віком і напруженістю водно-теплового режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в реальних умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз:

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\Phi^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \qquad (3.29)$$

де Φ_τ – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища,

мг CO_2/(дм^2·год);

α_Φ – онтогенетична крива фотосинтезу;

FTW2 – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою [39]:

$$\Phi^j = 0{,}68\Phi_\tau^j \cdot L^j \tau_{дн} \cdot 0{,}1, \qquad (3.30)$$

де Ф – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м^2·д);

L – площа листової поверхні, м^2/м^2;

$\tau_{дн}$ – тривалість світлого часу доби, год.

На відміну від процесу фотосинтезу здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини.

Інтенсивність дихання всієї рослини за добу пропорційна масі рослини M і фотосинтезу [39]:

$$R^j = \alpha_R^j (c_m M^j + c_G \Phi^j), \quad (3.31)$$

де R - витрати на дихання рослин;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_m – коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

c_G – коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання [39]

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j. \quad (3.32)$$

Підблок динаміки біомаси органів рослини

Ріст, як і всі інші процеси в рослині, є функцією часу, що зовні виражається в періодичних і ритмічних коливаннях його інтенсивності, а також в змінах його масштабності, спрямованості та локалізації. Найбільш загальним вираженням залежності ходу ростових процесів у часі від внутрішніх причин, їх спадковості та фізіолого-біохімічного стану є сформульований Ю. Саксом в 1856 р. закон великого періоду росту, який відображає *S*-подібний хід кривої інтегрального наростання розмірів або маси рослин і параболічний хід диференціальної кривої приростів величини збільшення маси за певний період.

Розглядаючи ріст як підсумковий процес, який відображає баланс речовин при фотосинтезі та диханні, І.Л. Давідсон та І.Р. Філіпп запропонували принципово нове рівняння росту [37-39]:

$$\frac{dM}{dt} = K(P - R), \tag{3.33}$$

де M – суха біомаса; t – час; P – сумарний фотосинтез; R – сумарне дихання рослини; K – емпіричний коефіцієнт пропорціональності між кількістю засвоюваного CO_2 і накопиченою біомасою.

Для опису росту окремих органів рослин скористаємось запропонованими Ю.К. Россом ростовими рівняннями в модифікованому вигляді з урахуванням формування зерен [39]:

$$\begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - \upsilon_i^j m_i^j) n_{дек.}^j \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} \upsilon_i^j m_i^j) n_{дек.}^j, \\ m_g^{j+1} &= m_p^{j+1} \cdot Cq^j \end{aligned} \tag{3.34}$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів $i \in l, s, r, p, g$;

β_i – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

ν_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів;

Cq – частка зерен в масі бобів;

$n_{дек.}$ – кількість днів в розрахунковій декаді.

Підблок площі листкової поверхні

Зростання площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \tag{3.35}$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м^2.

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення:

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_i \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (3.36)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання.

3.4 Блок врожайності

Урожай зерна визначається з врахуванням впливу агрометеорологічних умов [39-40]:

$$M_{зерн.} = 0{,}1\ m_g\ 1{,}14 \quad (3.37)$$

Рівняння (3.1) – (3.37) описують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарських культур.

4 ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬООБЛАСНОЇ ТЕНДЕНЦІЇ ВРОЖАЙНОСТІ ВИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГАРМОНІЙНИХ ВАГ

4.1 Екстраполяція тенденції врожайності

Основна ідея методу гармонійних ваг полягає в тому, що значення часового ряду (у) зважують так, щоб пізні спостереження мали великі ваги. Тобто вплив більш пізніх спостережень має сильніше відображатися за прогнозованою оцінкою, ніж вплив попередніх [38].

При використанні МГВ як деякого наближення $\hat{f}(t)$ істинного тренда $f(t)$ часового ряду врожайності сільськогосподарських культур береться ламана лінія, яка згладжує задане число точок часового ряду Y_t.

$$Y_t (t = 1,2,3..., n) \tag{4.1}$$

Окремі відрізки ламаної лінії (змінного тренда) – це його окремі фази. Для визначення окремих фаз змінного тренда вибираємо число k<n і знаходимо рівняння лінійних відрізків [38, 39]

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \; ^з = 1,2,..., n-k+1), \tag{4.2}$$

Кількість значень $Y_i\ (t)$ в кожній точці t позначаємо через g_i, а через $Y_i\ (t)$ - значення функції $Y_i\ (t)$ для $t = i$. Точки змінного тренда - це середні значення всіх $Y_i\ (t)$, які визначаються за виразом

$$\overline{Y}_i = \frac{1}{g_i}\sum_{j}^{g_i} Y_i(t), \quad (j=1, 2, \ldots, g_i). \tag{4.3}$$

Прирости ω_{t+1} функції *f(t)* визначаються як

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \overline{Y}_{t+1} - \overline{Y}_t, \tag{4.4}$$

розраховується середнє приростів

$$\overline{\omega} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^{n} \cdot \omega_{t+1}, \tag{4.5}$$

де C^{n}_{t+1} – коефіцієнти, які задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^{n} \succ 0 \ \textit{(t=1, 2, ..., n-1)}; \tag{4.6}$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{n+1}^{n} = 1. \tag{4.7}$$

Гармонічні коефіцієнти визначаються за формулою [34]

$$C_{t+1}^{n} = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \tag{4.8}$$

де m_{t+1} – гармонічні ваги.

Вираз (4.8) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням більші ваги. Якщо найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \tag{4.9}$$

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

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \qquad (4.10)$$

Таким чином, ряд гармонійних ваг визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \qquad (t = 2, 3, \ldots, n\text{-}1) \qquad (4.11)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (4.11).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності виконується за виразом

$$\overline{Y}_{t+1} = \overline{Y}_t + \overline{\omega} \qquad (4.12)$$

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

4.2 Підготовка вихідної інформації для екстраполяції тенденції врожайності. Оцінка правильності вибору тренда врожайності вики

Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньообласної врожайності сільськогосподарських культур по всіх категоріях господарств в центнерах з гектара [37-39].

При розрахунку врожайності сільськогосподарської культури на прогнозований рік необхідно враховувати, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається середньообласна врожайність сільськогосподарської культури, повинен містити не менше 18 років. Ми розглядаємо ряд врожайності вики за 30-річний період, за цієї умови число років, що утворюють одну фазу змінного тренда, повинно дорівнювати 14.

Метод прогнозу врожайності вики ґрунтується на розчленуванні величини врожаю на дві складові – випадкову і невипадкову. Точність прогнозу врожаю з використанням динаміко-статистичного методу по

одному тимчасовому ряду багато в чому залежить від правильності цього поділу. В зв'язку з цим в нашій розробці застосування методу гармонійних ваг для виявлення тимчасової динаміки врожаю супроводжується перевіркою об'єктивності вибору тренда [38].

Так, об'єктивність вибору лінії тренда перевіряється на основі гіпотези про випадковість відхилень від неї фактичних врожаїв. Ця перевірка здійснена методом серій, сутність якого полягає в тому, що при порівнянні значень відхилень від тренда з їх медіаною утворюються серії однакових за знаком відхилень від останньої, і кількість цих серій $v(N)$ і протяжність найдовшої серії $K_m(N)$ повинні задовольняти наступні дві нерівності (при 5-відсотковому рівні значущості):

$$\left.\begin{array}{l} v(N) > (N+1-1{,}96)\sqrt{N-1}/2 \\ \\ K_m(N) < 3{,}3(\lg N+1) \end{array}\right\} \qquad (4.13)$$

де N – довжина ряду врожаїв.

Щоб визначити ліві частини нерівності (4.13), з відхилень від тренда $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$, утворюємо для кожної з розглянутих областей варіаційний ряд $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \ldots, \varepsilon^{(n)}$, де $\varepsilon^{(1)}$ – найменше з усіх відхилень, а ε_{med} - медіана цього варіаційного ряду. Далі визначимо послідовність плюсів і мінусів за таким правилом. На i-му місці ($i = 1,2,3, \ldots, n$) ставиться знак плюс, якщо i-те спостереження у вихідному ряду перевищує медіану, і знак мінус, якщо воно менше від медіани. Якщо i-те спостереження дорівнює медіані, воно опускається. Потім підраховуємо протяжність найдовшої серії $k_{max}(N)$ і загальне число серій $v(N)$ для кожної області [38].

Екстраполяція тенденції врожайності вики виконана при різних значеннях довжини фази k. Для лінії тренда (з певною k) виконано розрахунок параметрів $v(N)$ і $K_m(N)$. Результати розрахунків згладжених

значень врожаю вики і оцінки випадковості відхилень врожаїв від тренда методом серій представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка випадковості відхилень врожайності вики від тренда в Рівненській області

Роки	ε	ε у спадному порядку	Серії
1	2	3	4
1986	0,37	10,32	+
1987	-10,36	8,33	-
1988	0,85	6,89	+
1989	8,33	4,99	+
1990	2,21	4,88	+
1991	-3,16	4,05	-
1992	2,11	3,81	+
1993	1,55	3,23	+
1994	4,88	3,17	+
1995	-4,07	3,01	-
1996	-4,53	2,21	-
1997	-4,56	2,11	-
1998	3,23	1,55	+
1999	3,01	0,85	+
2000	-2,28	0,37	-
2001	-4,73	-0,53	-
2002	4,99	-0,82	+
2003	-1,96	-1,96	-

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
2004	-8,82	-2,27	-
2005	10,32	-2,28	+
2006	6,89	-2,39	+
2007	4,05	-3,16	+
2008	-8,4	-4,04	-
2009	3,81	-4,07	+
2010	-2,27	-4,53	-
2011	-0,53	-4,56	-
2012	-2,39	-4,73	-
2013	-4,04	-8,4	-
2014	-0,82	-8,82	-
2015	3,17	-10,36	+
ε_{med}= - 0,08			

В Рівненській області протяжність найдовшої серії $k_{max}(N)$ дорівнює 5, а права частина першої нерівності (4.13) дорівнює 7,9. Максимальне число серій $\nu(N)$ становить 15, а права частина другого виразу нерівності (4.13) дорівнює 8,2. Порівняння лівих і правих частин нерівності (4.13) показує, що обидві нерівності справедливі, таким чином, ми бачимо, що об'єктивність обраних ліній тренда підтверджується.

Аналогічним чином була виконана перевірка гіпотези про правильність вибору вигляду тренда для території Рівненської області. Дані розрахунку представлені в таблиці 4.2.

Таким чином, гіпотеза про випадковий характер відхилень рівнів часового ряду врожайності від тренда приймається. Зростаюча тенденція врожайності, яка характеризує рівень культури землеробства за середніх ґрунтово-кліматичних умов, виключена з тимчасового ряду правильно.

Таблиця 4.2 – Оцінка правильності вибору тренда врожайності вики в Рівненській області

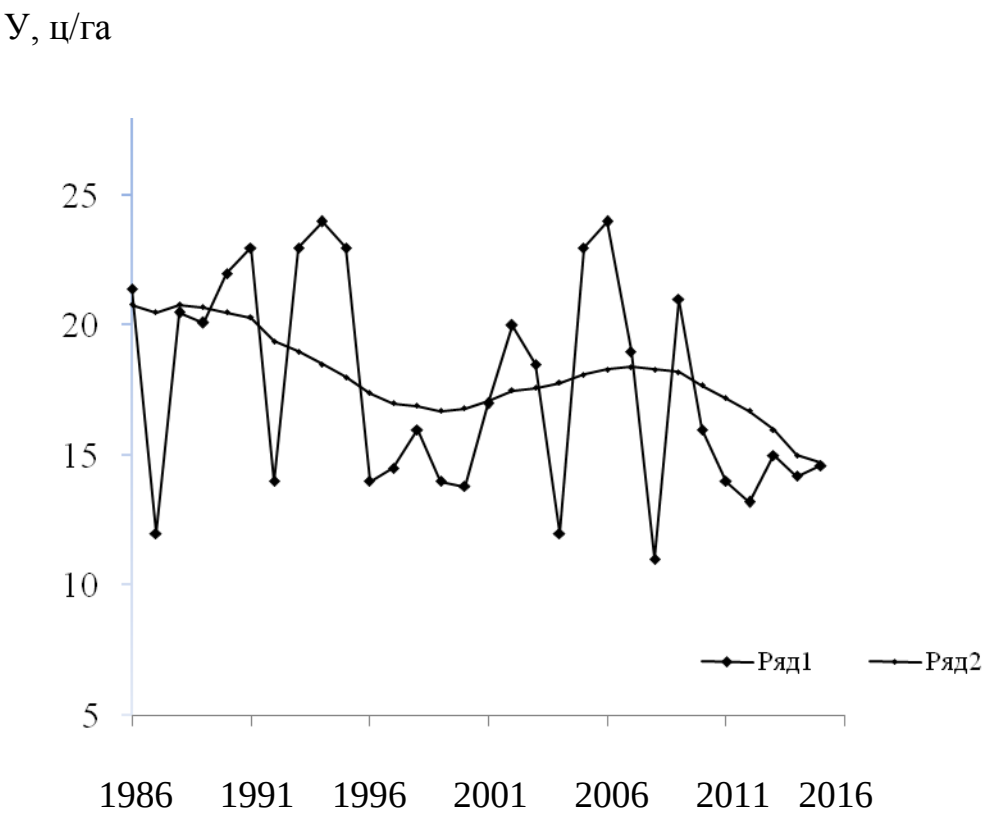
Область	$K_{max}(n)$	ν(n)	3.3(lgn+1)	$\frac{1}{2}(n+1-1{,}96\sqrt{n-1})$
Рівненська	5	15	7,91	8,2

4.3 Динаміка врожайності вики

Розглянемо динаміку врожайності вики на території Рівненської області.

На території Рівненської області середній рівень врожаю вики становив 14,7 ц/га. Тут також спостерігались значні коливання врожаїв. Мінімальний урожай був зібраний в 1987 році і склав 5,7 ц/га, а максимальний – 26,1 ц/га в 2006 році (рис. 4.1а). З 2007 по 2015 роки спостерігалось поступове зниження лінії тренда. Коливання врожаїв, зумовлені впливом погодних умов, також значні. У 1987 році були максимальні негативні відхилення (-10,3 ц/га), а в 2006 році – максимальні позитивні (10,3 ц/га). В загалом позитивні і негативні відхилення врожаїв від лінії тренда розподілилися порівну (рис.4.1 б).

а)



ряд 1- щорічні значення врожайності, ряд 2-лінія тренда

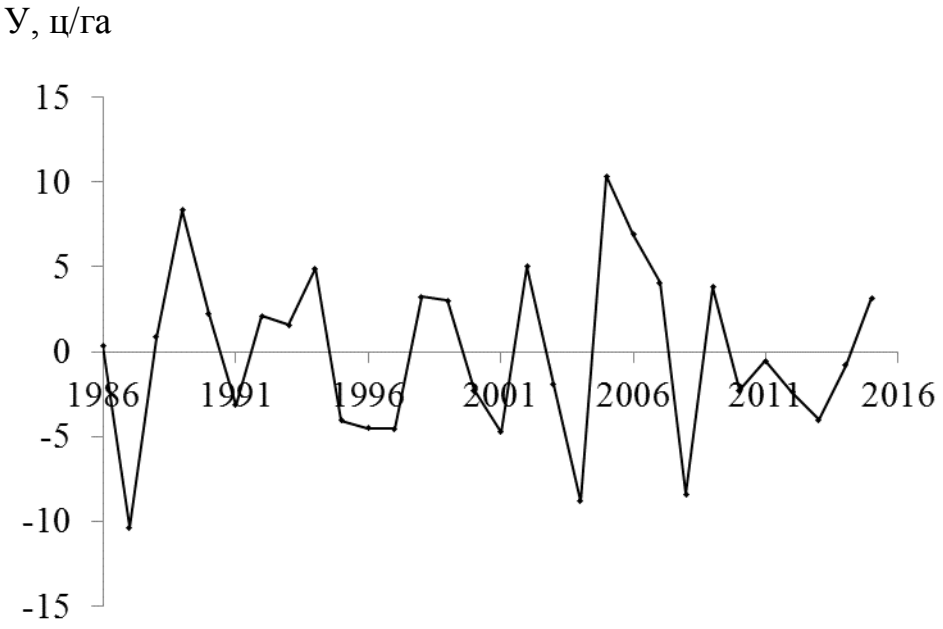


Рисунок 4.1 – Динаміка врожайності вики в Рівненській області (а) і відхилення від лінії тренда в окремі роки (б). Період 1986-2015 рр.

Зміну рівнів часового ряду характеризують такі показники: абсолютний приріст, темп зростання.

Абсолютний приріст тенденції урожайності ΔY_T

$$\Delta Y_T = Y_{Ti} - Y_{Ti-k} \quad (4.14)$$

Темп зростання тенденції врожайності T_p

$$T_p = (Y_{Ti} / Y_{Ti-k}) \cdot 100\ \% \quad (4.15)$$

де Y_{Ti} – значення тенденції врожайності в i – й рік ($i = 1, 2, \ldots, n$), т/га;

Y_{Ti-k} – базовий рівень, віддалений від Y_{Ti} на k років ($k = 5$), т/га.

Чисельні значення середніх характеристик динаміки врожайності вики по п'ятирічках за аналізований період (1986-2015 рр.) наведені в таблиці 4.3, вони включають в себе абсолютний приріст тенденції урожайності (ц/га), який характеризує знак і величину приросту тенденції по п'ятирічках, а також відносну характеристику темпу зростання тенденції (стосовно до базового рівня).

Розглянемо більш детально динаміку тенденції середньообласної врожайності вики в Рівненській області.

На території Рівненської області максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності вики спостерігались в четвертій п'ятирічці – 3,5 ц/га. Максимальний темп зростання також спостерігався в цей період і становив 125,2%. Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності спостерігались в другій п'ятирічці -2,6 ц/га. Значення темпу зростання тенденції врожайності в цей же період також було мінімальним – 82,4%.

Таблиця 4.3 – Динаміка основних характеристик тенденцій середньообласної врожайності вики в Рівненській області (перший рядок – абсолютний приріст, ц/га; другий – темп зростання, %)

Роки спостережень						
область	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Рівненська	-1,2 92,9	-2,6 82,4	0,8 106,8	3,5 125,2	-0,2 98,9	-1,9 87,8

В результаті дослідження території Рівненської області, можна відзначити, що приріст тенденції був досить високим в третій та четвертій п’ятирічках (1996-2005 рр.). У період першої, другої, п’ятої та шостої п'ятирічок приріст тенденції урожайності стає різко негативним.

Таким чином, нами об'єктивно визначена тенденція середньообласної врожайності вики і виявлені особливості в динаміці врожайності вики в Рівненській області за період 1986-2015 рр., які вказують на негативні тенденції у виробництві вики. Особливості в динаміці врожайності вики можна пояснити впливом на сільськогосподарське виробництво часто повторюваних несприятливих погодних умов.

5 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВИКИ В РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

5.1 Сучасний стан впливу змін клімату на сільське господарство

Зміна клімату – головна проблем XXI століття. Згідно з прогнозами провідних міжнародних наукових центрів з дослідження клімату, протягом наступного століття температура підвищиться на 2-5 ^{o}C. Найбільш небезпечним наслідком зміни клімату буде не потепління, а «надзвичайні ситуації», такі як сильні засухи, повені, шторми, урагани, аномально спекотні дні, які будуть все частіше [31, 42, 44, 47-51].

На сьогодні наша держава знаходиться серед першої двадцятки країн світу, які найбільше викидають парникових газів в атмосферу. Це є ознакою того, що Україна – однією з перших відчує всю небезпеку змін клімату.

На міжнародному рівні докладають значних зусиль для боротьби зі зміною клімату. Під егідою Рамкової конвенції ООН про зміну клімату прийнято Кіотський протокол, яким було погоджено заходи зі зменшення викидів парникових газів на 2008-2012 рр. У грудні 2015 року на 21-й конференції сторін рамкової конвенції ООН зі зміни клімату було прийнято Паризьку кліматичну угоду. В результаті цього постає завдання перед сторонами Паризької угоди, зокрема і перед Україною, щодо прийняття зобов’язань зі скорочення викидів та збільшення поглинання парникових газів. Одним з напрямів дій є підтримка розвитку з низькими викидами парникових газів у спосіб, що не загрожує виробництву продуктів харчування; гармонізація фінансових потоків зі шляхом розвитку з протидією змінам клімату і низькими викидами парникових газів. Виконання Угоди будуть оцінювати кожні 5 років, перше оцінювання проводитиметься у 2023 році. Україна підписала та

ратифікувала Паризьку угоду в 2016 р. У рамках Паризької угоди Україна зобов'язалася поступово скорочувати кількість викидів парникових газів: до 2030 року не більше 60 % від рівня 1990 року. З огляду на те, що станом на 2015 р. рівень викидів в Україні становив лише 40 % від рівня 1990 року, Україна до 2020 року має подати оновлені цілі щодо зменшення викидів. У 2018 р. Уряд України прийняв Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, яка передбачає зменшення обсягу викидів парникових газів, відмову від викопного палива та інвестування у відновлювальні джерела енергії [20].

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, 2015-2019 рр. були найспекотнішими роками за всю історію спостережень. В Гренландії, в липні 2019 року розтанули 179 млрд. тон льодовиків. Масштабні пожежі в Сибіру, Канаді, на Алясці та в Амазонії знищують ліси і спричинюють додаткові викиди CO_2. Тож навіть повне виконання усіма країнами паризьких домовленостей не забезпечує вирішення кліматичних проблем.

Наслідком глобального потепління для сільського господарства є скорочення виробництва аграрної продукції у зв'язку із зниженням урожайності сільськогосподарських культур [14, 16, 42].

Зважаючи на це, проведемо дослідження, як будуть змінюватися умови розвитку вики під впливом змін клімату.

В даному дипломному проекті для оцінки впливу кліматичних змін на продуктивність вики було використано сценарій змін клімату RCP 4.5 (репрезентативні траєкторії концентрації), який являє собою сценарій середнього рівня викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів, хімічно активних газів.

Розрахунки виконувались для Рівненської області України.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продуційного процесу сільськогосподарських культур [38, 39]:

– модель формування продуктивності агроекосистеми;

– модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO_2 в атмосфері.

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

- ✓ базовий період (1986 – 2005 рр.),
- ✓ кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм RCP 4.5 за період 2015 – 2050 рр.,
- ✓ кліматичні умови періоду 2015 – 2050 рр. за сценарієм RCP 4.5 (кліматична норма + CO_2).

Для ідентифікації параметрів моделі формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно культури вики було використано дані літературних джерел.

Слід зазначити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності вики розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів в припущенні, що вони суттєво не зміняться [2, 3, 18, 23].

5.2 Метеорологічні умови вегетації вики в Рівненській області

При оцінці метеорологічних умов у період вегетації вики за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 було проведено порівняння сценарних показників середньодекадної температури повітря, кількості опадів та середніх багаторічних показників за період 1986-2005 рр. (рис.5.1, рис.5.2).

За середньобагаторічними даними середньодекадна температура повітря в першу декаду вегетації становила 9,7 ^oC, за сценарний період очікується підвищення до 10,0 ^oC. У другій декаді вегетації вики за базовий період середньодекадна температура становила 12,0 ^oC, за сценарієм змін клімату підвищиться до 12,5 ^oC.

У третій та четвертій декадах середньодекадна температура повітря становить 13,8-15,2 °С (за базовий період). За сценарний період порівняно з базовим очікується зниження температури на 0,2-0,3 °С.

У 5-10 декадах за середньодекадними даними спостерігається підвищення середньодекадної температури 16,3-18,9 °С. За сценарними даними змін клімату в цей період також очікується підвищення температури 15,5 – 18,3 °С. Порівнюючи середньобагаторічні дані з сценарними, ми бачимо, незначне зниження сценарної температури на 0,2-0,6 °С.

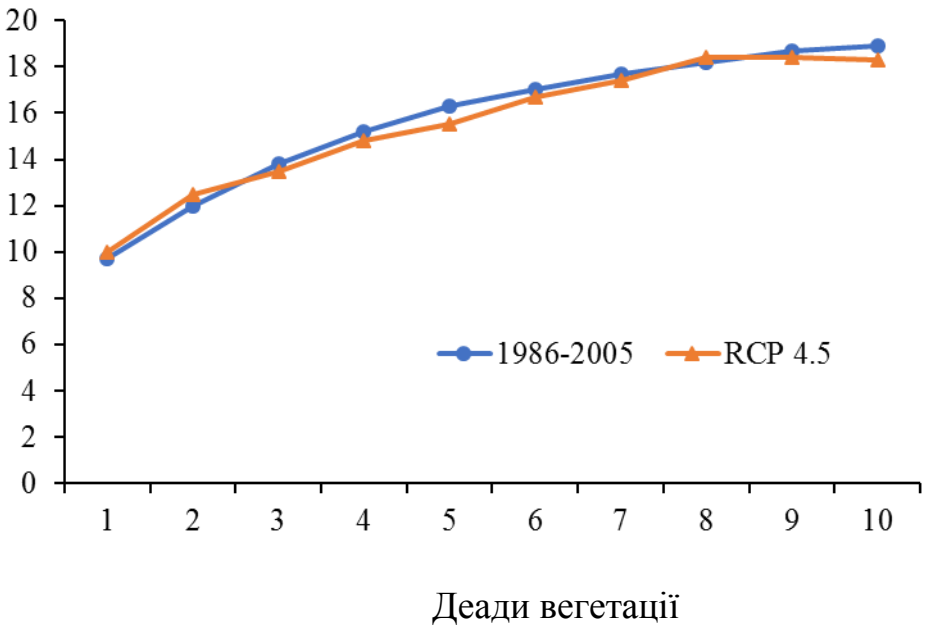


Рисунок 5.1 – Середньодекадна температура повітря по декадах вегетації вики за сценарієм RCP 4.5 та середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.)

Кількість опадів на протязі всього періоду вегетації вики зазнає значної зміни (рис.5.2).

В першу та другу декади вегетації вики кількість опадів за середньобагаторічний період становить 14-20 мм. За сценарієм зміни клімату очікується, що в цей же період сума опадів становитиме 17,5-21,5 мм.

З третьої по шосту декади сума опадів становить 17-29 мм (за базовий період), та 20,7-29,8 мм (за сценарієм RCP 4.5).

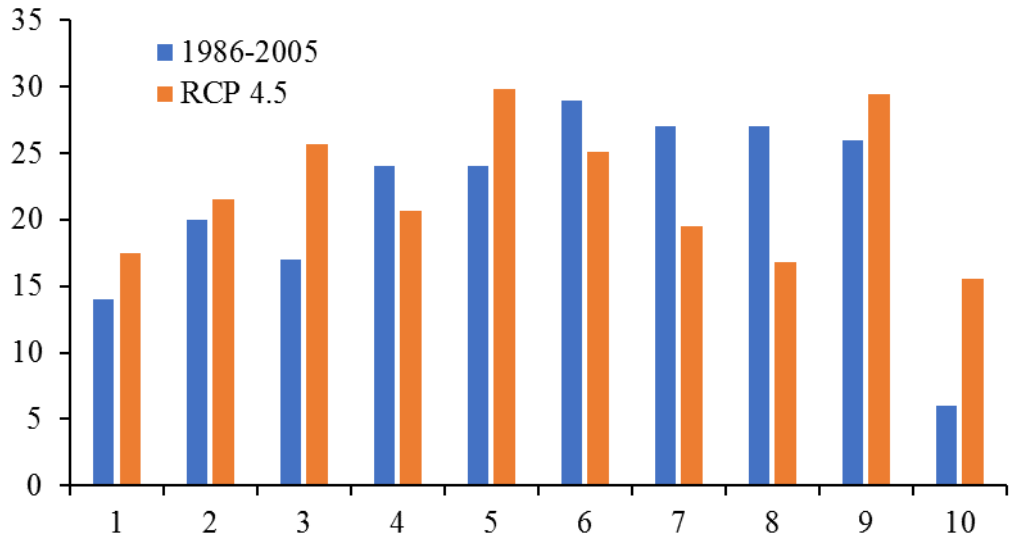


Рисунок 5.2 – Кількість опадів по декадах вегетації вики за сценарієм RCP 4.5 та середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.)

З сьомої до десятої декади вегетації за середньобагаторічний період спостерігається зменшення суми опадів 27-5,6 мм. За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в сьому-восьму декади очікується зменшення кількості опадів 19,5-16,8 мм, в дев'ятій декаді очікується збільшення кількості опадів до 29,4 мм. В останню декаду вегетації сума опадів зменшиться до 15,6 мм.

5.3 Оцінка строків сівби та фаз розвитку вики

Розглянемо, як під впливом змін клімату будуть змінюватись дати настання фаз розвитку вики, показники розвитку її по міжфазних періодах, показники фотосинтетичної продуктивності та урожай [1-3, 23].

Із таблиці 5.1 видно, що середні багаторічні терміни сівби вики в Рівненській області спостерігались 12 квітня.

За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5, строки сівби вики зміститься на більш ранні в порівнянні з середніми багаторічними, а саме на 2 днів раніше, тобто 10 квітня.

Відповідно змістяться і строки появи сходів. Сходи вики за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалися 30 квітня. За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 сходи наставатимуть пізніше середніх багаторічних термінів на 5 днів.

Таблиця 5.1 – Фази розвитку вики за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Рівненській області

Період	Посів	Сходи	Цвітіння	Достигання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
1986-2005	12.04	30.04	15.06	19.07	98
RCP 4.5	10.04	4.05	18.06	22.07	102
Різниця	-2	+5	+3	+3	+4

Наступні за сходами фази розвитку вики, цвітіння та достигання, за сценарієм RCP 4.5 наставатимуть пізніше, ніж в базовий період - на 3 дні.

Внаслідок зміни термінів настання фаз розвитку вики зміниться і тривалість його вегетаційного періоду. Вона зросте від 98 днів (за середньо багаторічними) до 102 днів (за сценарієм RCP 4.5).

5.4 Оцінка агрокліматичних умов вирощування вики

Під впливом змін клімату зміняться і агрокліматичні умови вирощування вики.

В період від сходів до цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями складала 13,4°С (табл.5.2). За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 від сходів до цвітіння середня температура складатиме 13,2°С. Розрахунки за сценарієм показують, що в цей період очікується середня температура нижче базової на -0,2°С.

Сума опадів в період від сходів до цвітіння за середніми багаторічними даними в Рівненській області складала 95 мм.

Кількість опадів від сходів до цвітіння за сценарієм RCP 4.5 збільшиться на 17 %, та становитиме 115 мм.

Сумарне випаровування за сценарієм зміни клімату зменшиться на 10%. Як показують розрахунки за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в період від сходів до цвітіння випаровуваність в порівнянні з базовим зменшиться на 8%.

Основним показником, який характеризує умови зволоження вегетаційного періоду культури, є вологозабезпеченість. Вологозабезпеченість представляє собою відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів вики від сівби до цвітіння складала 0,94 відн. од. За умов реалізації

сценарію зміни клімату RCP 4.5 вологозабезпеченість посівів вики зменшиться на 2 %.

Таблиця 5.2 – Агрокліматичні умови вирощування вики за період сходи-цвітіння за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Рівненській області

Варіант	Сходи-цвітіння				
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий (1986-2005рр.)	13,4	95	124	132	0,94
Клімат (RCP 4.5)	13,2	115	112	121	0,93
Різниця	-0,2	+17 %	-10 %	-8 %	- 2 %

Агрокліматичні умови вирощування вики в період цвітіння-достигання представлені в таблиці 5.3. Середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями в період від цвітіння до достигання складала 18,1 °С. В період з 2015 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату від цвітіння до достигання середня температура складатиме 17,8°С, що буде нижче рівня середньої багаторічної на 0,3 °С.

В період від цвітіння до достигання сума опадів становила в середньому багаторічному 112 мм. За сценарієм зміни клімату сума опадів зменшиться на 9 % і складатиме 101 мм.

Сумарне випарування в період від цвітіння до достигання за середніми багаторічними значеннями становило 105 мм.

В період цвітіння-достигання за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 сумарне випарування зменшиться на 12 %, становитиме 92 мм.

За середніми багаторічними даними випаровуваність становить 112 мм, а за сценарієм зменшиться до 109 мм, тобто на 3 %.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів вики від цвітіння до достигання становило 0,94 відн. од. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 за період 2015 – 2050 рр. вологозабезпеченість знизиться та становитиме 0,84 відн.од., що на 11 % менше від середньо багаторічного значення.

Таблиця 5.3 – Агрокліматичні умови вирощування вики за період цвітіння-достигання за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Рівненській області

Варіант	Цвітіння - достигання				
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий (1986-2005рр.)	18,1	112	105	112	0,94
Клімат (RCP 4.5)	17,8	101	92	109	0,84
Різниця	-0,3	-9 %	-12 %	-3 %	- 11%

Сума опадів за вегетаційний період вики за базовим варіантом становить 206 мм. За умов реалізації сценарію кількість опадів збільшиться до 215 мм. Таким чином, за весь вегетаційний період вики кількість опадів при зміні клімату збільшиться на 4 % (табл.5.4).

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 протягом 2015-2050 рр. в порівнянні з базовими значеннями погіршають. Так, за базовим варіантом вологозабезпеченість становить 0,94 відн.од., а за умов реалізації сценарію становитиме 0,9 відн.од. Отже, за вегетаційний період вики за умов зміни клімату вологозабезпеченість знизиться на 3 %.

Таблиця 5.4 – Агрокліматичні умови вегетаційного періоду вики за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Рівненській області

Варіант	Вегетаційний період	
	сума опадів, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий (1986-2005 рр.)	206	0,94
Клімат (RCP 4.5)	215	0,9
Різниця	+4 %	- 3 %

5.5 Оцінка показників фотосинтетичної продуктивності вики

Агрокліматичні умови, які змінюються під впливом змін клімату, спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів вики, що зумовить рівень її урожайності. Такими показниками є розміри

фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси зерна [2].

Розглянемо розподіл цих показників у Рівненській області при зміні кліматичних умов за сценарієм RCP 4.5 в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності вики, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 –Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності вики за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату

Варіант	LL в період макс. розв., $м^2/м^2$	ЧПФ в період макс. розв., $г/м^2$дек	Приріст маси в період макс.розв $г/м^2$дек	Суха біома-са, $г/м^2$	ФСП, $м^2/м^2$	Урожай, ц/га
Базовий (1986-2005рр.)	1,7	69	107	380	90	19,0
Клімат (RCP 4.5)	1,91	72	131	426	102	21,5
Клімат + збільшення CO_2	1,98	74	141	450	107	23,8
Різниця	0,21-0,28	3-5	24-34	46-70	12-17	2,5-4,8

Як видно з таблиці 5.5 та рисунка 5.3 площа листя в період максимального розвитку в середньому за базовий період становила 1,7 $м^2/м^2$. Розрахунки за сценаріями RCP 4.5 по варіанту «клімат» показують, що збільшення площі листя відбудеться на 9 %.

Розрахунки за варіантом «клімат + збільшення CO_2» вказують на збільшення площі листя в порівнянні із її середніми багаторічними значенням і з варіантом «клімат», а саме на 13 %.

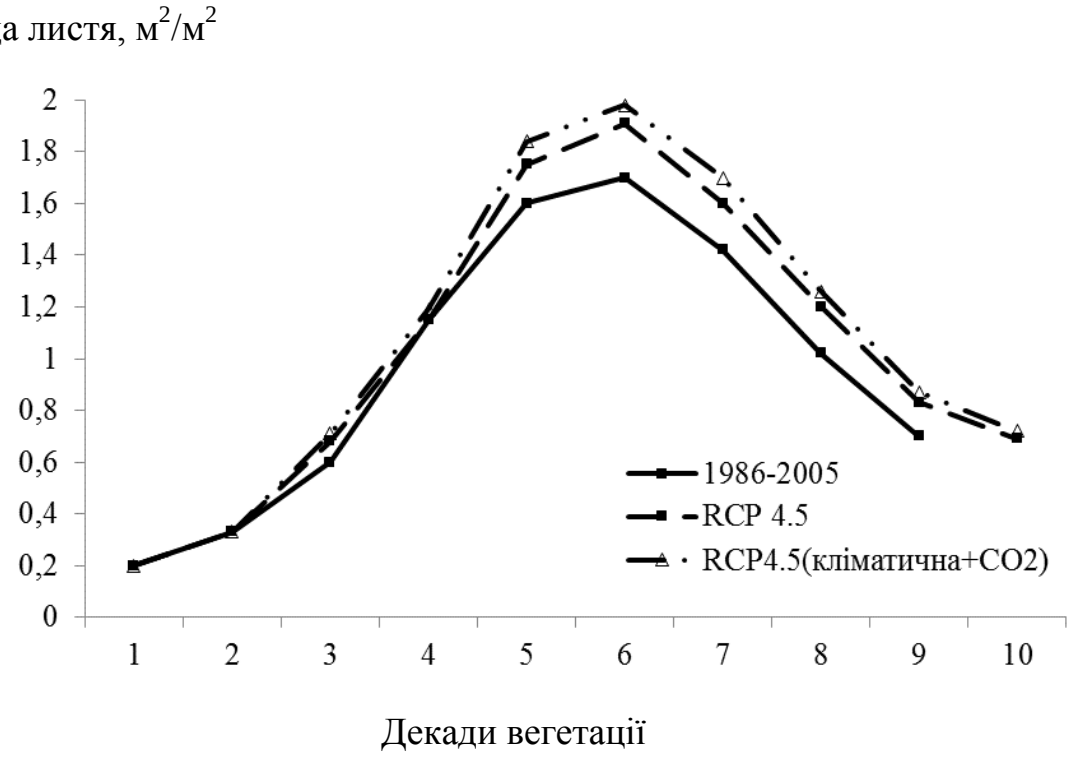


Рисунок 5.3 – Динаміка площі листя вики в Рівненській області за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5

За умови реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 буде очікуватись більш інтенсивне формування площі асимілюючої поверхні в порівнянні з середніми багаторічними даними.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності посівів вики є суха біомаса рослин. Середні багаторічні величини сухої маси і розрахунки її величин за варіантами наводяться в таблиці 5.5, а її динаміка впродовж вегетаційного періоду на рисунку 5.4.

В базовий період середні багаторічні значення сухої маси становили 380 г/м^2.

Розрахунки сухої маси за сценарієм RCP 4.5 показують, що як і площа листя, суха маса збільшується. Так, в разі реалізації сценарію RCP 4.5 у варіанті «клімат» збільшення буде на 12 %.

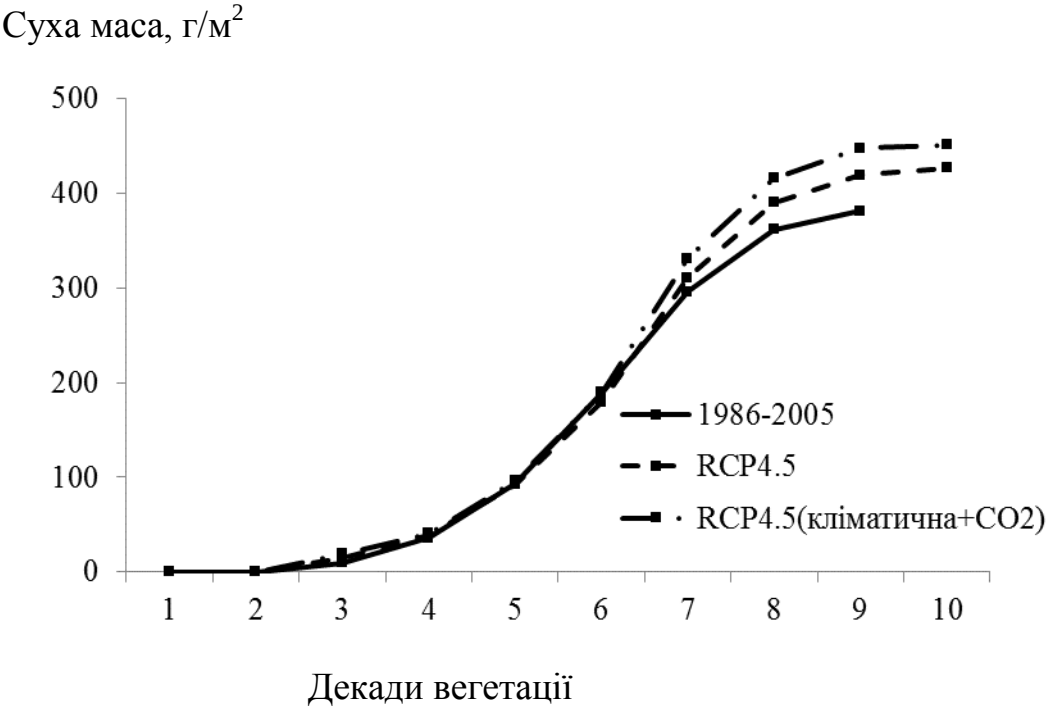


Рисунок 5.4 – Динаміка сухої маси вики в Рівненській області за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5

У розрахунках за цим же сценарієм у варіанті «клімат + збільшення CO_2» збільшення сухої маси буде вище в порівнянні як із середньою багаторічною, так і в порівнянні зі значеннями варіанту «клімат» і

становитиме відповідно 450 г/м^2, що більше середніх багаторічних значень сухої маси на 16 %.

У відповідності із змінами площі листя, сухої маси рослин буде змінюватись і значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) (табл. 5.5, рис. 5.5).

Як видно із таблиці 5.5 та рисунку 5.5 за базовий період значення фотосинтетичного потенціалу складав 90 м^2/м^2.

Розрахунки за сценарієм і про всіх варіантах показали, що в період з 2015 по 2050 рр. відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу, але інтенсивність збільшення різна за різними сценаріями і за варіантами.

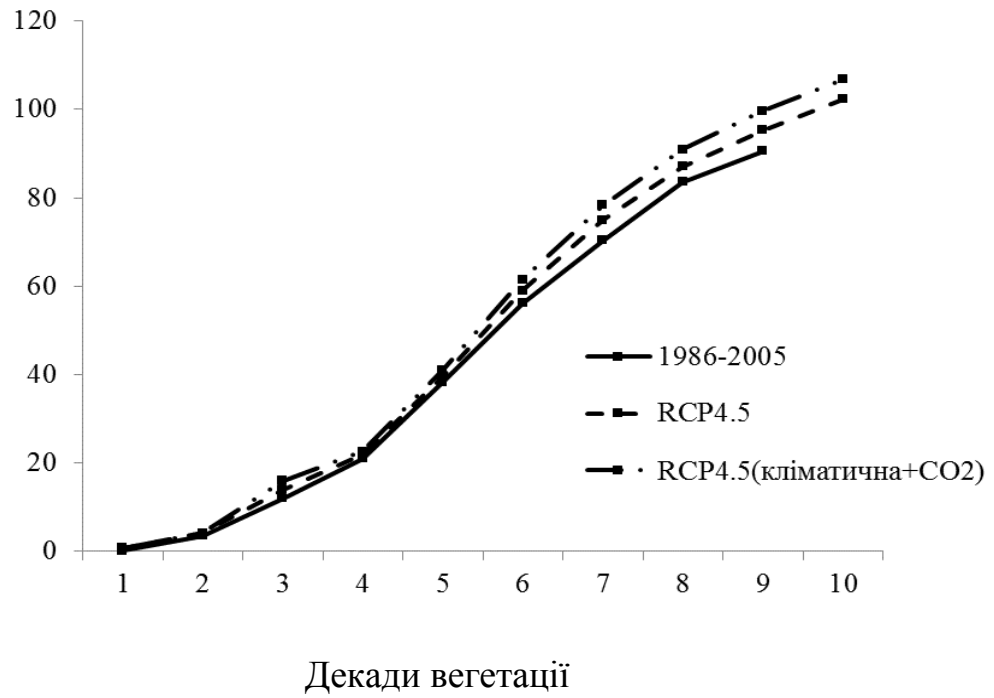


Рисунок 5.5 – Фотосинтетичний потенціал вики в Рівненській області за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5

Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу, розрахованого за сценарієм RCP 4.5 до п’ятої декади вегетації співпадає із середніми багаторічними за базовий період.

Розглянемо як зміниться фотосинтетичний потенціал до кінця вегетації вики. За сценарієм RCP 4.5 у варіантах «клімат» та «клімат + збільшення CO_2» фотосинтетичний потенціал зросте на 12 – 17 % у порівнянні із середніми багаторічними значеннями (рис. 5.5).

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності рослин є чиста продуктивність фотосинтезу. Найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу за середніми багаторічними даними складали 69 г/м^2.

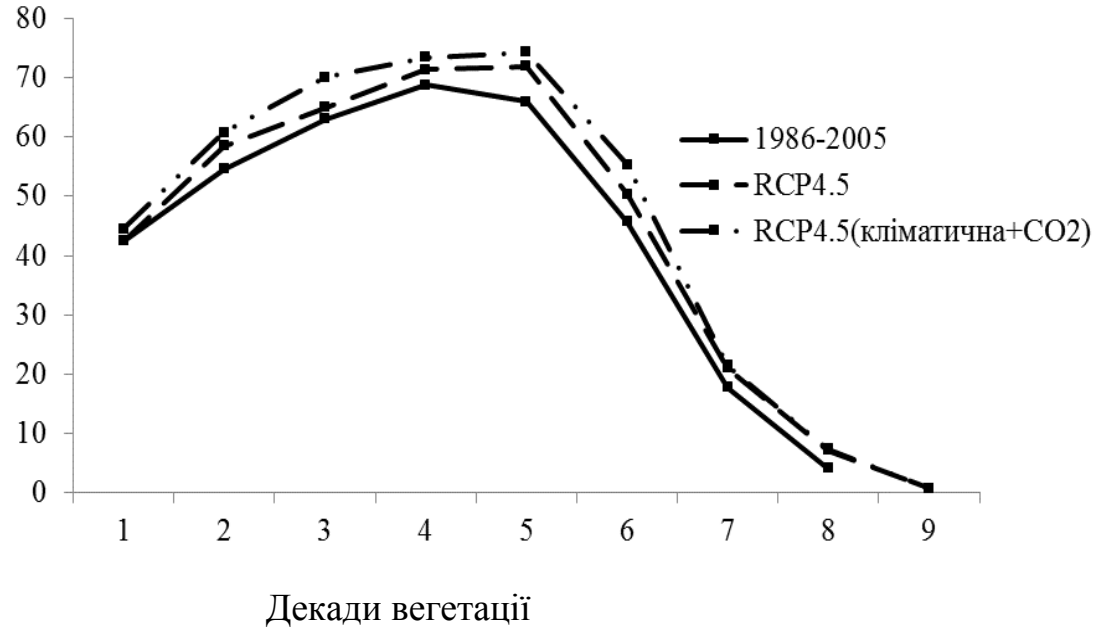


Рисунок 5.6 – Чиста продуктивність фотосинтезу вики в Рівненській області за середньобагаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5

В разі реалізації сценарію RCP 4.5 чиста продуктивність фотосинтезу у варіантах «клімат» та «клімат + збільшення CO_2» збільшиться на 3 – 5 г/м^2 (рис. 5.6).

Збільшення до 2050 р. усіх показників фотосинтетичної продуктивності посівів вики в Рівненській області спричинить підвищення її врожаїв.

Як видно із таблиці 5.5 в базовий період врожай зерна вики становив 19,0 ц/га. За сценарієм RCP 4.5 в обох варіантах очікується підвищення врожаю на 13 %-15% і становитиме він 21,5 - 23,8 ц/га.

В цілому можна сказати, що в Рівненській області за сценарієм очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності вики. Оцінка коливань її урожайності показала, що при зміні клімату за сценарієм RCP 4.5 складуться сприятливі умови для вирощування вики.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі була виконана оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності вики в Рівненській області. Для дослідження було використано сценарій можливих змін клімату RCP 4.5 на період до 2050 року. Вплив зміни клімату розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів вики в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

В результаті виконаних досліджень були отримані наступні основні результати:

1. Вивчено біологічні особливості вики і її вимоги до факторів навколишнього середовища.

2. Вивчено базову модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового.

3. Виконано розрахунки та аналіз настання дат фаз розвитку вики за середніми багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5. Так, середні багаторічні терміни сівби вики спостерігались 12 квітня, сходи 30.04., цвітіння 15.06., достигання 19.07. За сценарієм змін клімату дати настання фаз будуть змінюватися: посів 10.04 (на 2 дні раніше), сходи 4.05 (на 5 днів пізніше), цвітіння 18.06 (на 3 дні пізніше), достигання 22.07 (на 3 днів пізніше). Відповідно зміниться і тривалість вегетаційного періоду – збільшиться на 4 дні (N=102 дні).

4. Проведено аналіз агрокліматичних умов вирощування вики. В період *сходи-цвітіння* середньодекадна температура повітря за базовий період становить 13,4 ^{o}C. За сценарієм очікується, що середньодекадна температура буде трохи нижчою за базову (на 0,2 %). Кількість опадів за цей період за сценарієм RCP 4.5 збільшиться на 17 % (115 мм). Вологозабезпеченість за умов зміни клімату зменшиться на 2 %.

В період *цвітіння-достигання* середня температура повітря за

середніми багаторічними значеннями складала 18,1 °С. В період з 2015 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату становитиме 17,8°С, що буде нижче рівня середньої багаторічної на 0,3 °С. Кількість опадів за середньобагаторічними даними становлять 112 мм. За сценарієм зміни клімату сума опадів зменшиться на 9 % і складатиме 101 мм.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів вики становила 0,94 відн. од. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 вологозабезпеченість знизиться та становитиме 0,84 відн.од., що на 11 % менше від середньобагаторічного значення.

Сума опадів за *вегетаційний період* вики за базовим варіантом становить 206 мм. За умов змін клімату очікується збільшення суми опадів до 215 мм (на 4 % більше за базову). Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 протягом 2015-2050 рр. в порівнянні з базовими значеннями погіршають. За вегетаційний період вики за умов зміни клімату вологозабезпеченість знизиться на 3 %.

5. Проведено аналіз фотосинтетичної продуктивності вики та врожаю зерна на території Рівненської області. Спостерігається збільшення усіх показників фотосинтетичної продуктивності. Це призведе до підвищення врожаїв вики. В базовий період врожай зерна вики становив 19,0 ц/га, за сценарієм RCP 4.5 в обох варіантах очікується підвищення врожаю 21,5 - 23,8 ц/га.

Після проведених розрахунків можна сказати, що за сценарієм RCP 4.5 в Рівненській області очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності вики. Очікуються сприятливі умови вирощування вики – рівень врожаю зросте на 13 %-15%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по території України/за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
2. Андронакі А.Б. Оцінка впливу змін клімату на ріст, розвиток і формування врожайності вики: матеріали всеукраїнської студентської наукової конференції. Умань, 2019. С.7-8
3. Андронакі А.Б. Агрокліматичні особливості формування врожайності вики ярої в умовах змін клімату: матеріали конференціїї молодих вчених ОДЕКУ. Одеса, 2019. С.33-34
4. Аралов В.І. Вихідний матеріал, методи і результати селекції горошку (вики ярї). Вісник аграрної науки. 2013.Спеціальний випуск.С.39–41.
5. Аралов В. І., Гуменна Н. І. Вплив строків і норм висіву на насіннєву продуктивність сортів ярої вики. Збірник наукових праць Центру наукового забезпечення АПВ, Вінниця, 2004. С. 52-56.
6. Балабух В.О. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. Український гідрометеорологічний журнал. Одеса: «ТЕС», 2014. № 14. С.30-46.
7. Бондаренко М.П. Особливості вирощування сумішок однорічних кормових культур. Сад, 2011. 16 с.
8. Влох В.Г. Рослинництво: підручник. К.: Вища школа, 2005. 382 с.
9. Воронцов В.Т., Колісник І.В., Жаркова О.С. Відпрацювання методичних питань з селекції вики ярої та виведення нових сортів. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Т.3. К. 2001. С. 275 – 278.
10. Воронцов В. Т., Колісник І. В., Жаркова О. С. Методика, напрямки та результати селекції вики ярої. Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту.1999, № 4. С. 46 – 48.

11. Гетман Н.Я., Квітко Г.П. Агробіологічне обґрунтування ресурсоощадних технологій вирощування фітоценозів багаторічних та однорічних кормових культур у польовому кормовиробництві. Вісник аграрної науки, 2013. Спеціальний випуск. С. 72–77
12. Гордійчук А.А. Програма відновлення родючості ґрунтів та підвищення ефективності галузі землеробства шляхом впровадження посівів гороху польового (пелюшки) та ярої вики в сільськогосподарських підприємствах корпорації «Сварог-2006». Посібник українського хлібороба, 2008. С. 129–134.
13. Демидась Г. І., Ямкова В. В. Зміна продуктивності злаково-бобових сумішок на зелену масу залежно від густоти їх посівів. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 152–156.
14. Дем'яненко С. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. Економіка України. 2012. № 6. С. 66–72.
15. Державний реєстр сортів рослин, придатних до розповсюдження в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: http:// vet.gov.ua.
16. Державний реєстр статистичної звітності в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ukrstat.gov.ua
17. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник.К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
18. Іващенко О. О. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату. Вісн. аграр. науки. 2011. № 8. С. 10–12.
19. Казакова І. Вплив глобальних змін на ґрунтові ресурси та сільськогосподарське виробництво [Електронний ресурс]: Agricultural and Resource Economics : International Scientific E-Journal. 2016. Vol. 2. No. 1. С. 21–44. Режим доступу : www.are-journal.com.
20. Кліматична угода: ключові моменти [Електронний ресурс].Режим доступу:http://zik.ua/news/2015/12/14/klimatychna_ugoda_klyuchovi_momenty_653978.

21. Колісник І. В. Перспективи спорідненої селекції ярої вики та бульбочкових бактерій. № 47. Київ. Аграрна наука, 2001. С. 76 – 77.
22. Колісник І. В., Барилко М. Г., Колісник А. В. Агроекологічні аспекти селекційного використання зразків ярої вики колекції ПДСГДС ім. Вавилова. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. №3. С. 55 – 59.
23. Колосовська В.В., Андронакі А.Б. Оцінка показників фотосинтетичної діяльності посівів вики ярої в лісостеповій зоні України: Всеукраїнська наукова конференція молодих учених і науковопедагогічних працівників. Умань, 2019. С.15-16
24. Коротун І.М., Коротун Л.К. Географія Рівненської області. Рівне, 1996, 274 с.
25. Кукса Т.І. та ін. Природа та господарство Рівненщини. Рівне,1993.143 с.
26. Лико Д. В. Краєзнавство: Фізична географія Рівненської області. Рівне: “Волинські обереги”, 2013. 64 с
27. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2006. 730 с.
28. Мойсієнко В.В. Продуктивність та кормова оцінка зернобобових культур в агрофітоценозах Полісся України. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 181–188.
29. Ничипорович А. А. Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988. 280 с.
30. Онищук Д.М., Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Кормові боби. Львів: НВФ "Українські технології". 2002. 44 с.
31. Панасюк Б. Я. Глобальні зміни клімату та економіка. Економіка АПК. 2015. № 11. С. 14–23.
32. Пелех Л. В. Роль бобових культур у підвищенні якості зелених кормів в умовах правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво.

Вінниця: 2010. Вип. 66. С. 164–169.

33. Петриненко В.Ф. Наукові основи розвитку адаптивного кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. 2004.№1.С.5-10.
34. Петриненко. В.Ф. Обґрунтування технології вирощування кормових культур та енергозбереження в польовому кормовиробництві. Вісник аграрної науки. 2003. №10. С. 6-10.
35. Петриченко І. В. Фактори і детермінанти розвитку галузі кормовиробництва в Україні. Інноваційна економіка. Тернопіль, 2013. № 11 (49). С. 27–33.
36. Петриченко В. Ф., Гетман Н. Я. Ефективність використання агрометеорологічних ресурсів різночасно достигаючими сумішками ранніх ярих культур при конвеєрному виробництві зелених кормів в Лісостепу. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2006. Вип. 56. С. 3–7.
37. Полевой А. Н. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. М.: МО Гидрометеоиздата, 1981.36с.
38. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 318 с.
39. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 630 с.
40. Польовий В. М. Продуктивність вико-горохо-вівсяної сумішки при різних системах удобрення в сівозміні. Корми і кормовиробництво. Вінниця: 2004. Вип. 53. С. 74–78.
41. Розвадовський А.М. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. К.: Урожай, 1990. 176 с.
42.. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. Вісн. аграр. науки. 2008. № 11. С. 5–10.
43. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 232 с.

44. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України /за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польовий, В. М. Хохлов та ін. Одеса: ТЕС, 2015. 518 с.
45. Тооминг Х. Г. Расчеты продуктивности и роста растительного покрова /Солнечная радиация и продуктивность растительного покрова. Тарту: Изд. ИФА АН ЭССР, 1972. С. 5–12
46. Чернуський В.В. Норма висіву як модифікуючий елемент ведення насінництва для сортів пелюшки різних напрямів використання, ідентифікованих за генетикоселекційними принципами. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2010. Вип. 8. С. 174-184.
47. Fileccia T., Guadagni M. Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. 79 p.
48. Frank S., Schmid E. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland // Global Environmental Change. 2015. Vol. 35. p.269–278.
49. Schonhart M., Schauppenlehner T. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment:Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria // Agricultural Systems. 2016, Vol.145. p. 39–50.
50. Shi Q., Lai X. Identifying the underpin of green and low carbon technology innovation research: A literature review from 1994 to 2010 // Technological Forecasting and Social Change. 2013, Vol. 80. Issue 5. p.839–864.
51. Zessner M., Schönhart M. A novel integrated modelling framework to assess the impacts of climate and socio-economic drivers on land use and water quality // Science of The Total Environment. 2017, Vol. 579. p. 1137–1151