

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний
центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: **Агроекологічна оцінка еталонних урожаїв картоплі в**
центральному Лісостепу України

Виконав студент групи АЕ-VI
спеціальності 101 «Екологія»,
спеціалізації «Агроекологія»
Головатюк Руслан Леонідович

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

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

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти _____
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів
Рівень вищої освіти спеціаліст
Спеціальність 101 «Екологія», спеціалізація «Агроекологія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів**

Польовий А.М.

« 13 » березня 2017 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

ГОЛОВАТЮК РУСЛАНУ ЛЕОНІДОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Агроекологічна оцінка еталонних урожаїв картоплі в центральному
Лісостепу України»

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

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

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017 року

3. Вихідні дані до проекту Матеріали агрометеорологічних спостережень
гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Вінницької, Черкаської та
Полтавської областей за умовами росту, розвитку та формування урожайності
картоплі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Підготувати матеріали агрометеорологічних спостережень за умовами
росту, розвитку та формування урожайності картоплі;

2. Вивчити біологічні особливості культури картоплі;

3. Вивчити базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів;

4. Підготувати файли вхідної інформації до розрахунків за моделлю;

5. Виконати оцінку агроекологічних рівнів урожайності картоплі та провести аналіз
результатів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки динаміки сонячної радіації, температури повітря, випаровування та
випаровуваності, вологозабезпечення, приростів потенційної, метеорологічно-
можливої, дійсно-можливої урожайності та урожайності у виробництві.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вивчити літературу стосовно біології культури картоплі, складання першого розділу	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р	80	добре
2	Зібрати матеріали агрометеорологічних спостережень за культурою картоплі. Складання фізико-географічного огляду зони. Оформлення текстової частини першого та другого розділів дипломного проекту	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	80	добре
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	80	добре
3	Вивчення базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90	Відм.
4	Підготувати матеріали для виконання розрахунків за моделлю	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90	Відм.
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90	Відм.
5	Оцінка агроекологічних рівнів урожайності картоплі, отриманих за моделлю	07.05.2017 р.- 28.05.2017р.		
6	Аналіз розрахунків в розрізі окремих областей: Вінницької, Черкаської та Полтавської.	29.05.2017 р.- 01.06.2017р.	88	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		86	

Студент _____
(підпис)

Головатюк Р.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Вольвач О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	4
1 АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ.....	7
1.1 Ресурси тепла.....	7
1.2 Ресурси вологи.....	10
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРТОПЛІ.....	15
2.1 Біологічні особливості картоплі по відношенню до чинників зовнішнього середовища.....	16
2.2 Вплив агрометеорологічних умов на ріст картоплі.....	22
3 БАЗОВА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А.М. ПОЛЬОВОГО.....	26
3.1 Блок вхідної інформації.....	28
3.2 Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції поля.....	28
3.3 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин.....	36
3.4 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням.....	39
3.5 Блок агроекологічних категорій урожайності.....	42
3.6 Блок узагальнених оціночних характеристик.....	44
4 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАРТОПЛІ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	47
4.1 Динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності картоплі.....	47
4.2 Узагальнена характеристика агрокліматичних умов вирощування картоплі.....	56
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	61

ВСТУП

Високий рівень технічної оснащеності сучасного сільського господарства дозволяє пом'якшити вплив несприятливих погодних умов та зменшити збитки урожайності сільського господарства і більш ефективно використовувати сприятливі агрометеорологічні умови для збільшення виробництва продовольства, кормів і сільськогосподарської сировини для промисловості.

Спеціалізація сільськогосподарського виробництва, хімізація і меліорація земель, раціональне розміщення сільськогосподарських культур з урахуванням природних умов кожного району, оперативне маневрування агротехнічними прийомами до відповідності з поточними й очікуваними агрометеорологічними умовами в кожному конкретному році забезпечують підвищення продуктивності та стабільності землеробства. У зв'язку з цим необхідною умовою є правильне використання гідрометеорологічної інформації.

Державний комітет України по гідрометеорології і контролю природного середовища організує і здійснює через Український гідрометеорологічний центр та обласні центри по гідрометеорології гідрометеорологічне забезпечення народного господарства України.

Складовою частиною цієї роботи є агрометеорологічне забезпечення сільськогосподарського виробництва і народногосподарських організацій.

Вхідними матеріалами для складання агрометеорологічної інформації і прогнозів є дані спостережень гідрометеорологічної мережі станцій і постів, наземних і авіаційних, візуальних та інструментальних спостережень, виконуваних періодично на великих площах, і спостережень із штучних супутників Землі. Широко використовуються також встановлені агрометеорологічною наукою закономірності впливу комплексу

метеорологічних факторів на ріст, розвиток і формування урожаю сільськогосподарських культур.

Основними задачами агрометеорологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва є:

- попередження про поточні й очікувані несприятливі агрометеорологічні умови;

- надання сільськогосподарським організаціям зведень про стан посівів і їхню вологозабезпеченість, про поточні агрометеорологічні умови та їх вплив на перезимівлю, ріст, розвиток, формування урожаю сільськогосподарських культур, проведення польових робіт, про очікувану урожайність і валовий збір основних сільськогосподарських культур;

- надання гідрометеорологічної інформації, необхідної для планування поточної роботи в землеробстві і тваринництві, уточнення термінів і норм поливу, складання прогнозів появи і розвитку шкідників і хвороб сільськогосподарських культур і рекомендації про терміни своєчасної боротьби з ними;

- видача сільськогосподарським організаціям рекомендацій з обліку поточних і очікуваних агрометеорологічних умов при освоєнні науково обґрунтованих систем землеробства й тваринництва, в тому числі при програмованому вирощуванні урожаїв і впровадженні інтенсивної технології вирощування сільськогосподарських культур, встановленні оптимальних термінів і доз внесення мінеральних добрив, здійсненні заходів щодо захисту посівів і тварин від несприятливих явищ погоди;

- забезпечення сільськогосподарських організацій даними про агрокліматичні ресурси території, у тому числі про інтенсивність, тривалість і повторюваність несприятливих для сільського господарства явищ погоди, необхідних для перспективного планування сільськогосподарського виробництва;

- уточнення науково-обґрунтованих зональних систем землеробства, раціонального розміщення сільськогосподарських культур і їхніх сортів та

гібридів, підвищення ефективності використання меліоративних заходів для їх вирощування та ін.;

- вивчення використання агрометеорологічної інформації, прогнозів і довідкових матеріалів у виробничій діяльності сільськогосподарських підприємств, організацій і установ та визначення спільно з фахівцями агропромислового комплексу економічних вигод від їхнього використання.

Одним із важливих розділів цієї роботи є кількісна оцінка агрометеорологічних умов росту і розвитку картоплі, ступеню сприятливості погодних умов – в першу чергу волого-температурного режиму.

Картопля займає значне місце в продовольчому раціоні населення України.

У зв'язку з викладеним вище проблема кількісної оцінки впливу агрометеорологічних умов на формування урожаю картоплі є надзвичайно актуальна.

Перед дипломним проектом стояла задача:

- розглянути агрокліматичні ресурси України;
- вивчити біологічні особливості картоплі;
- розглянути сучасні методи оцінки впливу агрометеорологічних умов на ріст, розвиток та урожайність картоплі в центральних районах Лісостепу України;

- підготувати дані для оцінки агрометеорологічних умов формування урожаю картоплі в Україні та виконати оцінку за допомогою динамічної моделі.

Дипломний проект виконано на основі матеріалів багаторічних спостережень мережі станцій Гідрометеорологічної служби України за умовами вирощування картоплі в Вінницькій, Черкаській та Полтавській областях. В основу дипломного проекту покладено динамічну модель росту, розвитку та формування урожаю картоплі А. М. Польового.

1 АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

1.1 Ресурси тепла

Величезну роль у природі і зокрема у формуванні клімату відіграють сонячне світло і тепло. Мізерну частину сонячної енергії рослини використовують для фотосинтезу. Тепло на горизонтальну поверхню надходить у вигляді прямої і розсіяної сонячної радіації.

Максимум прямої сонячної радіації припадає на липень, мінімум – на грудень, а річні її зміни збігаються із змінами хмарності. Саме тому найменша тривалість сонячного сяйва в Україні відмічена в грудні і становить від 20 - 30 годин у північних районах до 60 - 70 годин у Криму; найбільша – у липні та місцями в червні – відповідно від 230 - 260 до 320 - 350 годин [2].

Вагому частку тепла приносить на поверхню землі і розсіяна радіація. Засвоюється поверхнею землі лише частина сонячного тепла, решта відбивається і випромінюється у міжпланетний простір. Засвоєна за рік радіація становить 70 - 86 ккал/см², а 20 - 30 ккал/см² втрачається на випромінювання. Близько 80 - 85 % сонячного тепла, що засвоюється земною поверхнею протягом року, припадає на весну і літо. Все це відповідно позначається на температурному режимі тієї чи іншої місцевості.

Середня річна температура повітря на території України коливається в досить широких межах. На північному сході країни вона становить 5,4 °С, підвищуючись поступово в південно-західному напрямку і досягаючи на крайньому півдні країни та в Закарпатті 9 - 10 °С, на південному березі Криму вона досягає 12 - 13 °С тепла.

Найхолодніший зимовий місяць на території більшості областей України є січень. Середня місячна температура повітря на північному сході та сході України в січні становить 6 - 8 °С морозу, на решті території здебільшого 4 -

6 °С морозу, на півдні правобережжя і в Криму 1 - 3 °С морозу, на південному березі Криму вона досягає 4 °С тепла.

Найнижча температура повітря настає при надходженні в наші широти континентального арктичного повітря. Абсолютний мінімум температури повітря в більшості районів України становить 33 - 39 °С, у Харківській та Чернівецькій областях – 40 °С, у Луганській та Черкаській – 41°С, у Львівській області – 42 °С морозу.

Найтепліший місяць року з високим температурним фоном в Україні є липень. Середня місячна температура повітря на півночі та заході України становить 18 - 20 °С, у степових районах – 22-24 °С, на решті території досягає 20-22 °С тепла. Рекордні значення абсолютних максимумів температури повітря досягають 40 - 41 °С у південних і південно-східних районах Степу, а в районі Карпат вони не перевищують 35 - 36 °С.

Річна амплітуда температур (різниця між температурою найтеплішого і найхолоднішого місяців) на заході України становить близько 22 °С. Далі на схід, в бік підвищення континентальності клімату, вона збільшується до 30 °С. Важливою характеристикою теплового режиму території стосовно до вирощування різних сільськогосподарських культур є тривалість теплового періоду року взагалі та періоду вегетації зокрема.

Чим триваліший теплий період і чим вища середня за цей період температура в умовах достатньої забезпеченості іншими факторами, тим різноманітніший набір вирощуваних сільськогосподарських культур, тим високоякісніша продукція отримується від них.

В метеорології прийнято перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління вважати за початок весни, а перехід її восени в бік похолодання приймається за початок зими. Таким чином, в Україні теплий період триває з 6 - 28 березня по 13 - 30 листопада. Вегетаційний період більшості сільськогосподарських культур обмежується переходами весною і восени середньої добової температури повітря через плюс 5 °С.

Період вегетації теплолюбних культур обмежується переходами середньої добової температури повітря через плюс 10 °С (як правило, в цю пору не буває і заморозків), а період найбільшої активної вегетації – переходами температури через плюс 15 °С.

На території України сума температур вище 10 °С зростає від 2400–2600 °С на північному заході та півночі до 3200 - 3500 °С на півдні Степу і в зоні Карпат та до 3700 - 3900 °С на Південному березі Криму. У тому самому напрямку в межах країни зростає і сума температур вище плюс 15 °С (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Сума позитивних температур повітря на території України

Природно-кліматична Зона	Сума температур повітря вище, °С			
	0	5	10	15
Полісся	2800-3000	2700-2900	2400-2600	1600-2100
Лісостеп	2800-3400	2700-3300	2400-2900	1600-2500
Північний Степ	3000-3700	3000-3600	2800-3300	2200-2800
Південний Степ	3600-4000	3500-3900	3100-3500	2400-3000
Карпати	2300-3800	2100-3700	1700-3300	500-2600
Південний берег Криму	4300-4500	4100-4200	3700-3900	2900-3200

На тривалість періоду вегетації сільськогосподарських культур не лише в зоні, області, районі, але й на різних полях одного господарства істотно впливають заморозки (зниження температури до 0 °С і нижче в теплу пору року).

Найпізніші заморозки весною були зареєстровані 13 червня 1950 року на території Львівської області. Найраніші осінні заморозки у повітрі в Україні відмічались 31 серпня 1900 року на території нинішньої Луганської області.

Інтенсивність та імовірність заморозків, а також тривалість безморозного періоду залежать від фізико-географічних умов місцевості. У долинах й впадинах інтенсивність заморозків від мінус 2 до мінус 5 °С може бути більшою, а тривалість безморозного періоду на 25 - 40 днів меншою, ніж на рівній відкритій місцевості.

Важливим агрокліматичним показником для характеристики умов зимівлі сільськогосподарських культур є середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря. В межах України він змінюється від мінус 28 °С у крайніх північно-східних районах до мінус 18 °С у південно-західній частині країни. В степових районах Криму він досягає мінус 23 °С, а на південному березі залежно від місцевих умов коливається від мінус 15 °С до мінус 7 °С. У рівнинній частині Закарпаття середній мінімум знаходиться в межах мінус 19 - 23 °С. На решті території південної частини України середні річні абсолютні мінімуми температури повітря знаходяться переважно в межах мінус 16 - 18 °С.

Великі морози на Україні бувають здебільшого в результаті інтенсивного притоку холодних мас повітря, що досить часто спричиняє значні снігопади та наступне радіаційне охолодження повітря. У багатьох місцях країни шкідливий вплив морозів на зимуючі культури пом'якшується сніговим покривом.

1.2 Ресурси вологи

Однією з умов одержання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур є повне забезпечення їх вологою. Рослини використовують в основному ту вологу, яка надходить через корені з ґрунту. Тому ґрунт є основним джерелом, що постачає рослинам воду і розчинені в ній поживні речовини. З сухого ґрунту поживні речовини рослинами не вбираються. Саме тому потреба рослин у волозі дуже велика.

Проте залежно від агрометеорологічних умов рослини витрачають воду по-різному. Підраховано, що на створення 20 ц урожаю зерна потрібно для пшениці і жита близько 1000 - 2000 м², для кукурудзи і проса близько 1000 м³ води.

Основним джерелом вологи в ґрунті є опади (табл. 1.2).

Отже, в Поліссі за рік випадає в середньому близько 510-610 мм опадів, в Лісостепу – 455-690 мм, в Північному Степу – 405-525 мм, в Південному Степу близько 315-500 мм.

Як між зонами, так і між окремими областями, районами і навіть в одному господарстві опади розподіляються нерівномірно. Та ж величезна кількість води, що випадає на землю у вигляді дощу, снігу, ожеледі, туману, інею, роси, засвоюється ґрунтом не вся. Багато її стікає в низинні місця, ріки, випаровується і тільки деяка частина просочується у ґрунт. Від опадів холодної пори року в більш сухих південних районах країни потрапляє в ґрунт близько 75 % вологи, на півночі – лише 20-30 %.

Таблиця 1.2 – Кількість опадів у різних кліматичних зонах України

Природно-кліматична зона	Середня багаторічна сума опадів, мм				
	за рік	холодні місяці (XI – III)	теплі місяці (IV – X)	січень	липень
Полісся	510-610	150-195	355-490	25-35	65-105
Лісостеп	455-690	130-205	320-515	25-40	60-110
Північний Степ	405-525	125-190	230-340	20-40	45-65
Південний Степ	315-500	120-175	180-320	25-45	25-60
Карпати	605-1410	130-525	405-1000	20-85	65-130
Південний берег Криму	425-635	300-400	225-240	55-95	30-40

У весняно-літній період у ґрунт надходить приблизно 20-30 % вологи опадів, а при низькому рівні агротехніки – ще менше, решта ж витрачається непродуктивно. Сумарні витрати вологи дуже великі.

Влітку виділяється зона підвищеного випаровування (280 – 300 мм/сезон) в західній та північно-західній частині України. Ця зона охоплює Закарпаття й Прикарпаття, практично все Полісся, західну частину Центрального Лісостепу. На іншій частині Лісостепу сумарне випаровування становить 220 - 260 мм/сезон. Південно-східній частині Східного Лісостепу випаровування досягає 200 - 220 мм/сезон. На більшій частині Північного та Південного Степу спостерігаються величини випаровування в межах 160 - 200 мм/сезон.

Найменші величини випаровування влітку (менше 160 мм/сезон) спостерігаються в південно-східній частині Північного та Південного Степу, на схід від лінії Херсон – Гуляйполе – Луганськ.

Максимальні місячні величини випаровування відмічаються в червні і липні, а в серпні вони зменшуються. Зменшення місячних величин випаровування за літо досягає в Закарпатті, Прикарпатті, Поліссі та Лісостепу 20 - 30 мм, в Північному та Південному Степу 10 - 20 мм.

В сумарних величинах випаровування за рік чітко простежується загальна тенденція зменшення з заходу на південний схід. Максимальні величини випаровування спостерігаються в Закарпатті та Прикарпатті (більше 600 мм/рік).

У Поліссі величини випаровування складають 500 - 525 мм/рік. У Лісостепу випаровування зменшується від 550 - 575 мм/рік на заході до 400 - 475 мм/рік на сході. В західній частині Північного та Південного Степу величини випаровування досягають 425 - 450 мм/рік. Найменші величини випаровування (350 - 375 мм/рік) спостерігаються в східній частині Північного та Південного Степу. На узбережжі Чорного та Азовського морів сумарне випаровування за рік збільшується і досягає 470 - 510 мм/рік, а на узбережжі Криму воно становить 540 - 575 мм/рік.

Для комплексної оцінки умов зволоження будь-якої території в агрометеорології користуються гідротермічним коефіцієнтом Селянинова (ГТК). ГТК – це зменшена в 10 разів частка від ділення суми опадів за період

з температурою вище 10 °С на суму температур за той самий період.

Цей коефіцієнт є показником характеристики умов зволоження, що враховує як надходження води у вигляді опадів, так і сумарну їхню витрату на випаровування.

Доведено, що найкращі умови для одержання високих урожаїв зернових культур при весняних строках сівби створюються тоді, коли ГТК за відповідний період дорівнює 1 - 1,4. При значенні показника 0,6 і менше рослини пригнічуються посухою, а при значенні 1,6 і більше спостерігається перезволоженням.

Для післяукісних і післяжнивних посівів оптимальні умови зволоження створюються тоді, коли гідротермічний коефіцієнт становить 1,4 - 1,6, а посушливі умови – при ГТК більше 0,6. Пояснюється це тим, що запаси ґрунтової вологи на той час, порівняно з весняними, вже істотно вичерпані і стан посівів залежить від випадання дощів.

Територія України за середніми багаторічними значеннями ГТК у період найбільшої потреби сільськогосподарських культур у волозі (червень—серпень) поділяється на такі зони:

1. Зона з оптимальними значеннями ГТК (1,3 - 1,6), а тому й з оптимальним зволоженням, охоплює райони, розміщені на захід від лінії Овруч – Житомир – Білопілля – Вінниця – Чернівці. У більшості років умови зволоження на цій території були сприятливими для одержання високих врожаїв різних сільськогосподарських культур. Тут, особливо в Прикарпатських районах, в окремі роки можливе перезволоження. Посуха – явище досить рідке.

2. Слабопосушлива зона України, де ГТК становить 1 - 1,3 на північному заході обмежена лінією Овруч – Житомир – Білопілля – Вінниця – Чернівці, а на півдні – лінією Куп'янськ – Харків – Полтава – Кіровоград – Бобринець – Гайворон – Затиштя (Одеської області).

3. Посушлива зона (ГТК становить 0,7 - 1,0) на півдні обмежена лінією, що проходить через пункти Мелітополь – Михайлівка (Запорізької області) –

Миколаїв – Біляївка (Одеської області). Сюди входять також деякі південні та степові райони Криму, що межують з гірськими районами. Тут кількість опадів менша, ніж може їх випаровуватись.

Щоб забезпечити оптимальне зволоження сільськогосподарських культур, необхідно систематично проводити заходи для економної витрати вологи і поповнення її шляхом зрошення.

4. Дуже посушлива зона (ГТК становить 0,4 - 0,7) розташована на південь від лінії Мелітополь – Михайлівка – Миколаїв – Біляївка. Тут зрошення найбільш ефективно.

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРТОПЛІ

Картопля – багаторічна трав'яниста рослина, але в культурі використовується як однорічна, тому що увесь її життєвий цикл, починаючи від проростання бульби і кінчаючи утворенням і розвитком нових бульб, проходить в один вегетаційний період. Розмножують картоплю зазвичай вегетативно – бульбами, але можна розмножувати і частинами бульби, паростками, живцями, а також насінням. Посів насіння застосовують, головним чином, в селекційній роботі, при виведенні нових сортів картоплі.

Численними дослідженнями встановлено, що картопля культурних сортів є рослиною помірного клімату і, хоча завдяки своїй пластичності вона за певних умов може рости як на крайньому півдні, так і далеко на півночі (за Полярним кругом), найбільш стійкі її урожаї отримують в районах середніх широт, що мають відносно невисоку температуру повітря в період вегетації.

Відмічаючи непристосованість картоплі до жару, слід вказати і на високу її чутливість до низьких температур. Бадилля звичайних сортів картоплі при швидкому охолодженні гине вже при температурі $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Бульби картоплі, як правило, не виносять температури $-1\dots-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, що пов'язано, передусім, з високим (до 75 % і більше) вмістом в них води.

Нормальне проростання бульб відзначається при збільшенні температури до 7 - 8 $^{\circ}\text{C}$. У міру подальшого підвищення температури активність проростання бульб картоплі, особливо у вологому ґрунті, різко збільшується.

Світловий режим є найважливішою умовою життєдіяльності рослин. На ріст картоплі значно впливає як інтенсивність, так і тривалість сонячного освітлення.

Основним процесом утворення органічних речовин є процес фотосинтезу картоплі, на його частку приходить більше 90 % ваги сухих речовин, які синтезуються рослинами.

При нестачі світла урожай картоплі знижується, що пов'язано, передусім, з послабленням процесу фотосинтезу.

Світло і тепло мають велике значення для розвитку і росту та створення урожаю за наявності достатнього зволоження ґрунту й повітря в період вегетації. Вода входить до складу органічних речовин і бере участь в усіх фізіологічних і біологічних процесах розвитку картоплі. Завдяки процесу транспірації забезпечується рух водного розчину мінеральних речовин з кореня в листя [6].

Картопля належить до тих культур, що в сильній мірі вражаються хворобами, які нерідко є основною причиною різкого зниження урожаю.

Однією з найшкідливіших хвороб картоплі є фітофтора, що має широке поширення. Не лише хвороби впливають на врожайність картоплі, але і шкідники, серед яких перше місце по шкідливості займає колорадський жук.

Шкідливість колорадського жука дуже велика. Недобір урожаю від ушкодження ним картоплі складає 20 - 30 % і більше [16]. Личинки і дорослі жуки об'їдають листя, стебла. Картопля є основною кормовою рослиною для колорадського жука. Протягом двох діб 25 особин жука повністю знищують бадилля на кущі картоплі.

2.1 Біологічні особливості картоплі по відношенню до чинників зовнішнього середовища

Широке поширення картоплі у світі свідчить про її високу екологічну пластичність. Картопля – культура досить широкого діапазону температур; чим більше температура середовища вирощування відрізняється від температури батьківщини картоплі, тим більше знижується її урожайність [3, 12, 13]. По агрометеорологічній класифікації вона відноситься до культур помірною, вологого клімату і рихлих ґрунтів [12, 14]. На батьківщині культурної картоплі у Чилі вона обробляється протягом багатьох тисячоліть в умовах щедрого зволоження (до 3000 мм) при середніх добових

температурах до 15 - 16 °С, тривалість дня 12 - 15 годин, слабо виражених добових амплітудах температури, вкрай рідкісних заморозків в період вегетації і відносної вологості повітря більше 75 %. Отже, картопля у філогенезі пристосувалася до знижених температур, щедрого зволоження і середньої довжини дня [3, 4, 12].

Кращі ґрунти для картоплі – легкі піщані, які добре аеруються [3, 5, 6].

В умовах достатньої вологості при проростанні бульб коренева система розвивається вже при температурі ґрунту 2 - 4 °С. Ріст пагонів починається при 6 – 7 °С. Якщо температура ґрунту на глибині закладення бульб (6-12 см) нижче за цю межу, їх проростання йде повільно, в зв'язку з чим посилюється ушкодження рослин ризоктоніозом, чорною ніжкою й іншими хворобами, що призводить іноді до загибелі рослин і зрідження посадок. Від температури ґрунту залежить не лише початок росту паростків, але і поява сходів.

Рослина картоплі дуже чутливі до дії негативних температур. Сходи ушкоджуються і частково гинуть при температурі $-1,5...-2,0$ °С. При поступовому зниженні температури в рослинах збільшується вміст сахарів, що підвищує їх стійкість до заморозків до $-2...-3$ °С. Цьому ж сприяє внесення під картоплю підвищених доз калійних добрив, а також його розвиток в умовах зниженої вологості повітря. Пошкоджені заморозками сходи мають високу регенерацію. Ефективна підживлення таких посівів азотними добривами (40 - 60 кг/га діючої речовини).

Бульби картоплі гинуть від заморозків інтенсивністю до -5 °С, але за певних умов вони здатні переохолоджуватися і переносити без шкоди температури до -7 °С.

На цей час накопичилася значна кількість даних щодо бульб, що вказують на порівняно високі вимоги, до температури в процесі росту. Встановлено, що бульби, які пройшли період спокою і висаджені у ґрунт, починають проростати при температурі не нижче 3 - 5 °С. Але при цих температурах коріння утворюється слабо, а бульби легко вражаються

грибними хворобами. При збереженні протягом тривалого часу температури на такому рівні нерідко замість паростків у материнської бульби передчасно утворюються столони з великою кількістю молодих бульб, тобто відбувається виродження бульб.

Нормальне проростання бульб відрізняється при збільшенні температури до 7 - 8 °С. В міру подальшого підвищення температури активність проростання бульб картоплі, особливо у вологому ґрунті, різко збільшується.

Краща температура для проростання бульб 18 - 20 °С. Сходи в цьому випадку з'являються на 10 - 12-й день після посадки, тоді як при стійкому падінні температури ґрунту нижче 7 °С сходи нерідко з'являються через 30 - 35 і навіть через 50 днів [6, 11].

Знижені температури також негативно впливають на ріст рослини картоплі. Так, наростання вегетативної маси майже повністю припиняється при температурі нижче 7 °С, а фотосинтез, хоча і триває аж до заморозків, відбувається дуже повільно.

Менш небезпечні знижені температури на початку вегетації, оскільки у молодому віці рослини картоплі мають хорошу регенераційну здатність.

Бадилля картоплі (листя і стебла) при вирощуванні його на помірно вологих ґрунтах краще розвиваються при температурі повітря 18 - 25 °С. В таких умовах асиміляція двоокису вуглецю й утворення вуглеводів також відбувається найінтенсивніше.

Вирощування картоплі при температурі вище 25 °С веде до подовження стебел і бокових пагонів, звуження листових пластинок, зменшення вмісту хлорофілу в листках і скорочення вегетаційного періоду. При температурі повітря 40 - 41 °С ріст і фотосинтез повністю припиняється [1, 11].

Експериментальними дослідженнями встановлена висока залежність процесу бульбоутворення від температури. Нормальне бульбоутворення відбувається при температурі 18 - 19 °С [8, 10, 12], за іншими даними

оптимум для бульбоутворення знаходиться в межах 16 - 18 °С [1].

Для ранніх сортів картоплі найбільш сприятливою температурою бульбоутворення є 17 °С, для середньостиглих сортів – 19 °С.

Рівень оптимальних температур бульбоутворення міняється і ці зміни в певних межах залежать не лише від скоростиглості сорту, але й від комплексу зовнішніх умов.

Високі температури пригноблююче діють на бульбоутворення картоплі. Особливо несприятливо такі температури впливають на ранні сорти. За даними [15] при вирощуванні картоплі протягом двох місяців при різних температурах та однакових інших умовах відмічено повне припинення бульбоутворення у варіантах з температурою ґрунту 29 °С. В цих дослідах різке гальмування процесу бульбоутворення спостерігалось вже при температурі ґрунту вище 20 °С.

Як встановлено експериментально [1], рівень температури, окрім безпосереднього впливу, має велике значення для ферментативних перетворень вуглеводів, які забезпечують відтік асимілятів і накопичення крохмалю в бульбах.

Недостатня температура повітря і ґрунту також негативно позначається на фотосинтетичній діяльності рослин і засвоєнні ними найважливіших елементів живлення. При зниженні температури ґрунту в орному шарі з 15 - 20 до 10 - 14 °С істотно зменшується поглинання нітратів (на 20 - 60 %) і фосфорної кислоти (на 19 - 33 %), внаслідок чого бадилля розвивається слабо [13].

Високі температури у поєднанні з довгим днем викликають «кліматичне виродження» картоплі [11, 12]. Особливо несприятливо діють підвищені температури в нічний час доби. «Кліматичне виродження» картоплі починається при середній температурі повітря в період бульбоутворення, яка перевищує 18 °С. При середній добовій температурі від 19 до 21 °С кількість дуже тонких і ниткоподібних паростків на бульбах картоплі збільшується і

доходить майже до 20 %. При температурі 24 °С виродження бульб досягає 50 % і більше. При температурі вище 25 °С спостерігається виродження 70 % рослин і більше.

Рослина картоплі пред'являє високі вимоги до умов освітленості, вона дуже світлолюбна. Навіть при невеликому послабленні освітлення спостерігається пожовтіння бадилля, послаблення або відсутність цвітіння, зниження урожайності [1]. Експериментами зі штучним затемненням посівів встановлено, що освітленість вважається недостатньою, якщо вона знижується в порівнянні з природною на 33 %. При освітленості, відповідній приблизно 30 % природної, відмічено зменшення сухої маси рослин на 38 %. При цьому внаслідок етіювання суха маса стебел збільшувалася на 57 %, а суха маса бульб знизилася на 80 %, в наслідок чого співвідношення бульби – бадилля різко зменшилося [15].

По характеру фотоперіодичної реакції картопля віднесена до нейтральних рослин, тобто до таких, які здатні проходити цикл індивідуального розвитку при будь-якій довжині дня [15]. В зв'язку з тим, що у культурних сортів картоплі на короткому дні бульбоутворення прискорюється, а цвітіння при цьому затримується, деякі дослідники відносять її до рослин короткого дня.

Нині вважається, що всі сорти культурної картоплі здатні зав'язувати бульби і утворювати зачатки квіток при будь-якій тривалості світлового дня, але при короткому дні в температурних умовах середніх широт прискорюється процес бульбоутворення і скорочується тривалість вегетаційного періоду і періоду бульбоутворення [12, 15]. У таких умовах раніше закінчується ріст стебла, раніше утворюються бульби, але рослини також раніше і відмирають [1].

На ранніх етапах бульбоутворення, за цими ж даними, маса бульб в умовах короткого дня вища, ніж в умовах довгого. В зв'язку з тим, що на довгому дні формується потужніше бадилля, яке визначає кількість

продуктів фотосинтезу, використовуваних при рості бульб, загальний урожай бульб при довгому дні найчастіше виявляється вище, ніж при короткому.

Основним процесом утворення органічних речовин рослинами картоплі є фотосинтез. На долю органічних речовин, які утворюються в процесі фотосинтезу рослин, приходиться більше 90 % ваги сухих речовин, що синтезуються рослинами. При нестачі світла урожай картоплі знижується.

Підвищена вимогливість картоплі до умов освітленості викликає необхідність строгого дотримання оптимальної густини посадки. В умовах середніх широт потужність світлового потоку у вегетаційний період картоплі складає: 55 - 60 тис. лк в період масових сходів і 41 - 58 тис. лк в період інтенсивного бульбоутворення [8], тобто вона майже в два рази підвищує рівень, при якому в польових умовах спостерігається світлове насичення фотосинтезу, і тому не є лімітуючим чинником. Встановлено, що оптимальна освітленість в посівах, яка забезпечує максимальну продуктивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і вологозабезпеченості, створюється при площі листової поверхні 30 - 40 тис. м²/га [5, 15]. У таких випадках достатня освітленість рослин забезпечує якнайповніше поглинання сонячної радіації.

Світло і тепло мають значення для розвитку, росту і створення урожаю за наявності достатнього зволоження ґрунту й повітря в період вегетації. Вода входить до складу органічних речовин і бере участь в усіх фізіологічних і біологічних процесах. Завдяки транспірації забезпечується рух водного розчину поживних речовин з кореня в листя [3].

На різних етапах життєвого циклу рослина картоплі пред'являє різні вимоги до ґрунтової вологи і опадів. Потреба картоплі у волозі визначається біологічними особливостями культури, хімічним складом і значним об'ємом надземної маси, а також урожайністю бульб.

Культура картоплі характеризується і як дуже вимоглива до вологості ґрунту і одночасно як стійка до посухи [7, 11]. Високе споживання

картоплею вологи на певних етапах онтогенезу значною мірою визначається тим, що коренева система охоплює значно менший об'єм ґрунту, чим коренева система інших рослин. Розвивається коренева система картоплі переважно до глибини 60-70 см

Експериментально доведено, що на початку і у кінці онтогенезу – періоди посадка – сходи і відмирання бадилля – потреба рослин картоплі у волозі незначна. У період від сходів до бутонізації вона дещо збільшується, але продовжує залишатися на порівняно невисокому рівні. Критичним періодом відносно споживання вологи є період від бутонізації до початку в'янення бадилля, тобто період початку та інтенсивного бульбоутворення.

Оптимальні умови для накопичення урожаю бульб створюються при безперебійному постачанні рослин вологою, що можливо у тому випадку, якщо вологість ґрунту в зоні поширення основної маси коріння в цей період підтримується на рівні 70 - 80 % повної вологомісткості [8, 10].

Як відмічає А.Г. Лорх [5], урожай бульб картоплі ранніх сортів визначається опадами червня, середньостиглих – опадами липня і серпня, а пізніх – опадами липня, серпня і вересня.

2.2 Вплив агрометеорологічних умов на ріст картоплі

Формування сходів картоплі великою мірою залежить від безлічі чинників: температури повітря, умов зволоження, сорту, ґрунтових особливостей, рівня агротехніки.

Якщо дотримані усі агротехнічні умови обробітку, то швидкість розвитку картоплі в період посадка – сходи в основному визначається температурними умовами.

Швидкість появи сходів картоплі в основному залежить від температури. При оптимальної температури повітря 18 - 22 °С тривалість періоду садіння – сходи складає 22 - 23 дні, при пониженні температури

тривалість цього періоду збільшується і може досягати 34 - 35 днів при температурі 10 - 12 °С [10].

Від умов зволоження швидкість появи сходів картоплі залежить у меншій мірі, оскільки бульба картоплі має великий запас вологи.

Більшою мірою швидкість появи сходів картоплі залежить від агротехніки, в першу чергу від передпосівної обробки насінного матеріалу, глибини закладення насіння, якості насінного матеріалу і так далі. Аналіз цих спостережень Інституту картопляного господарства (ІКГ) показав, що за умови високої агротехніки за однакових погодних умов сходи картоплі з'являються приблизно на 7 днів раніше, ніж при звичайному рівні агротехніки.

Проте, в період сходи – цвітіння картоплі разом з тепловим режимом велике значення має також зволоження ґрунту. У багатьох сортів картоплі при поганому зволоженні ґрунту цвітіння не спостерігається, оскільки бутони швидко опадають.

Після появи сходів у картоплі починається формування вегетативної сфери – утворення бокових пагонів і листя. Інтенсивний розвиток цих елементів зумовлює формування високої урожайності. У цей період розвитку картоплі температура повітря залишається важливим чинником, чинячи вплив на процеси фотосинтезу і дихання.

Результати досліджень [2] показали, що спостерігається зв'язок між температурою повітря і ефективністю фотосинтезу і дихання рослин картоплі в період формування бадилля. При температурі 20 °С ефективність фотосинтезу досягає найбільшого значення, а при подальшому її підвищенні різко знижується.

Зіставлення тривалості періоду сходи-цвітіння у рослин картоплі з даними про середню температуру повітря показали, що між цими величинами спостерігається зворотна залежність. Так, при температурі 16 - 22 °С тривалість періоду сходи – цвітіння складає приблизно 24 - 32 дні [10].

Тривалість періоду від цвітіння до в'янення бадилля великою мірою залежить від умов агротехніки. Час в'янення бадилля багато в чому визначається умовами живлення. Підживлення азотом протягом вегетації можна значно відтягнути час в'янення бадилля. На полях ІКГ в'янення бадилля настає на 15 - 20 днів пізніше, ніж на спостережуваних ділянках масових полів [5, 6].

Таким чином, при визначенні тривалості періодів посів – сходи і цвітіння – в'янення бадилля обов'язково потрібно враховувати рівень агротехніки.

При визначенні кількісних показників оцінки умов формування урожаю картоплі О.М. Поповська [10] основним завданням ставила знаходження залежності величини приростів в різні періоди вегетації картоплі від комплексу двох найголовніших чинників, які чинять вплив на цей процес, – температура та зволоження ґрунту.

В результаті обробки цих спостережень ІКГ за 14 років були отримані середні багаторічні величини приростів по декадах. Початок бульбоутворення близько співпадає з моментом бутонізації. За даними ІКГ, урожай бульб на фазу бутонізації не перевищує 0,2 т/га або 5 г на кущ.

Поповська О.М. [10], аналізуючи динаміку приростів, виділяє в періоді бульбоутворення три основні підперіоди.

Перший підперіод – від початку бульбоутворення до початку інтенсивного росту бульб – у більшості сортів співпадає з часом від початку бутонізації до початку цвітіння.

Другий підперіод характеризується тим, що величини приростів досягають найбільших розмірів і протягом тривалого часу залишаються на одному рівні. Це співпадає з часом від цвітіння до початку в'янення бадилля.

Третій підперіод починається з часу швидкого спаду приростів в результаті в'янення бадилля. Поповська відмічає, що цей підперіод в деякі роки при пізніх термінах посадки, сприятливих умовах і високому рівні агротехніки може не спостерігатися. Великі прирости можуть тривати до

заморозків або до збирання/ Іноді збирання картоплі проводять при зеленому бадиллі, щоб не мати великих втрат урожаю.

Отже, найбільше значення для формування урожаю картоплі має другий підперіод бульбоутворення, співпадаючий з часом від цвітіння до в'янення бадилля.

Поповською [10] була встановлена залежність величин приростів бульб картоплі в період від цвітіння до в'янення бадилля від температури і запасів вологи у ґрунті. Найменші прирости незалежно від температури спостерігаються при недостатніх запасах вологи, менше 20 мм в шарі ґрунту 0-50 см. Найбільші прирости спостерігаються при запасах вологи в півметровому шарі ґрунту 60 - 70 мм і при середній температурі 16 - 18 °С.

Таким чином, основними чинниками, від яких залежить процес бульбоутворення і величини приростів бульб, є температура і зволоження ґрунту.

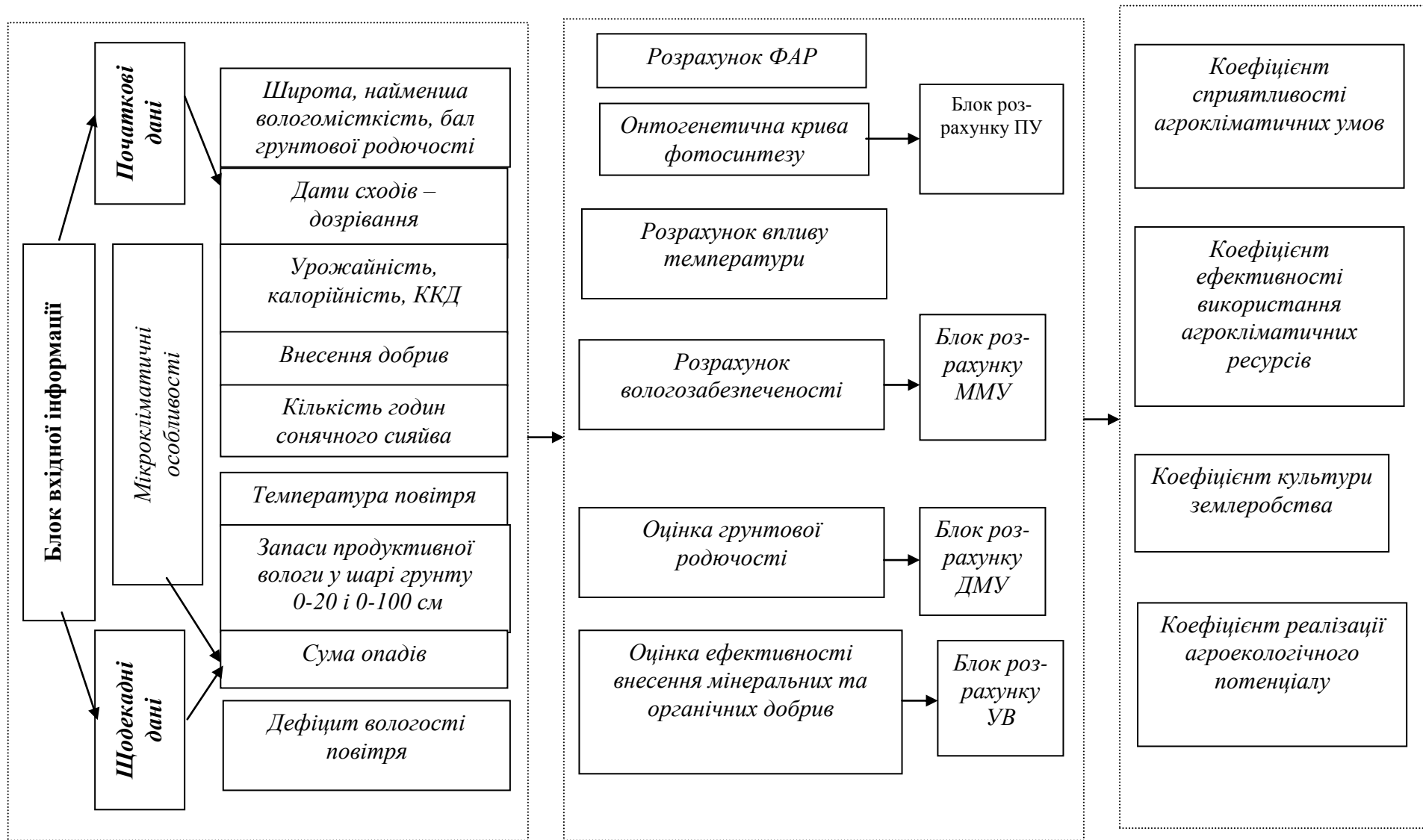
3 БАЗОВА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А. М. ПОЛЬОВОГО

Однією з основних умов високої культури землеробства є найбільш повне використання кліматичних ресурсів. У цьому аспекті вивчення кліматичної забезпеченості формування урожаю сільськогосподарських культур з врахуванням особливостей мікроклімату конкретних територій має важливе наукове і практичне значення. При врахуванні впливу клімату на ефективність сільськогосподарського виробництва головним є визначення агрокліматичних ресурсів території, реалізоване шляхом їх агрокліматичного районування.

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур [9] заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга, результатах моделювання формування урожаю рослин А.М. Польового і методах оцінки мікрокліматичної мінливості елементів клімату у горбистому рельєфі Е.Н. Романової.

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів має блокову структуру і містить шість блоків (рис. 3.1):

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції схилів;
- блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;
- блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням;



3.1 – Блок-схема агрокліматичної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур

- блок агроекологічних категорій урожайності;
- блок узагальнюючих оцінюючих характеристик.

Розглянемо більш докладно ці блоки.

3.1 Блок вхідної інформації

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

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

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

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

3.2 Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції поля

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

$$Q_0^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (3.1)$$

де Q_0 – сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню, кал/см²·д;

SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

j – номер розрахункової декади;

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

Інтенсивність сумарної сонячної радіації з урахуванням експозиції і крутості схилу визначається за виразом

$$Q_{eks}^j = k_{eks}^{Q(j)} \cdot Q_0^j, \quad (3.2)$$

де Q_{eks} – сумарна сонячна радіація в залежності від експозиції і крутості схилу, кал/см²·д;

k_{eks}^Q – коефіцієнт для перерахунку середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної крутості, відн. од.

Величина k_{eks}^Q визначається в залежності від широти місцевості, календарного місяця, експозиції і крутості схилу (табл. 3.1).

Для розрахунку температури повітря на схилі використовується вираз

$$T_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{T(j)} \cdot T_S^j, \quad (3.3)$$

де $T_{S_{eks}}$ – середньодекадна температура повітря на схилі, °С;

k_{eks}^T – коефіцієнт для перерахунку температури повітря на схилі, відн. од.;

T_S – середньодекадна температура повітря на горизонтальній поверхні, °С.

Таблиця 3.1 – Поправки для розрахунку середньої за декаду сумарної сонячної радіації

Широта, град.		Місяць					
		IV	V	VI	VII	VIII	IX
Північний схил 200	44	0,86	0,91	0,92	0,91	0,87	0,75
	46	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75
	48	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75
	50	0,84	0,90	0,91	0,90	0,85	0,75
	52	0,83	0,89	0,91	0,90	0,85	0,75
Північний схил 100	44	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
	46	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
	48	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89
	50	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88
	52	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88
Південний схил 200	44	1,07	1,02	0,99	1,01	1,05	1,15
	46	1,07	1,02	0,99	1,01	1,06	1,15
	48	1,08	1,03	1,0	1,01	1,06	1,16
	50	1,08	1,03	1,0	1,01	1,06	1,16
	52	1,09	1,04	1,0	1,02	1,07	1,16
Південний схил 100	44	1,05	1,01	1,0	1,01	1,04	1,08
	46	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
	48	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
	48	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
	50	1,05	1,02	1,0	1,01	1,04	1,08
52	1,06	1,02	1,0	1,02	1,04	1,08	

Величина k_{eks}^T визначається в залежності від широти місцевості і крутості схилу:

а) північний схил

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,003 \cdot (1 + 0,02\varphi) \cdot \beta_{кр}, \quad (3.4)$$

б) південний схил

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 + 0,001 \cdot (1 + 0,007\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (3.5)$$

в) східний і західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,001 \cdot (1 - 0,005\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (3.6)$$

г) північно-східний і північно-західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,0025 \cdot (1 + 0,02\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (3.7)$$

д) південно-східний і південно-західний схили

$$k_{eks}^{T(j)} = 1 - 0,00085 \cdot (1 + 0,07\varphi) \cdot \beta_{kp}, \quad (3.8)$$

де φ – широта пункту, град;

β_{kp} – крутість схилу, град.

Режим зволоження ґрунту з урахуванням експозиції схилу визначається двома способами:

Перший спосіб – при наявності даних про вологість ґрунту режим зволоження визначається за формулою

$$W_{eks}^j = k_{eks}^{W(j)} W_o^j, \quad (3.9)$$

де W_o – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на горизонтальній поверхні, мм;

W_{eks} -запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см на схилі, мм;

k_{eks}^W – коефіцієнт для перерахунку запасів вологи на схилі, відн. од.

Величина k_{eks}^W визначається в залежності від зволоження місцевості, пори року, експозиції схилу і форми рельєфу (табл. 3.2);

Таблиця 3.2 – Поправки для розрахунку запасів продуктивної вологи

Форма рельєфу	Пора року			Середня величина
	весна	літо	осінь	
а) Схили прямого та ввігнутого профілю				
Вершина	0,54	0,46	0,42	0,47
Північний схил:				
– верхня частина	1,0	0,86	0,98	0,95
– середня частина	1,0	1,0	1,0	1,03
– нижня частина	1,5	1,49	1,08	1,36
– підніжжя	2,0	1,50	1,60	1,70
Південний схил:				
– верхня частина	0,45	0,41	0,37	0,41
– середня частина	0,62	0,50	0,48	0,53
– нижня частина	0,93	0,93	0,96	0,95
– підніжжя	1,22	1,20	1,14	1,19
Рівна місцевість	1,0	1,0	1,0	1,0
б) Схили випуклого профілю				
Водороздільне плато	1,0	1,0	1,0	1,0
Північний схил:				
– верхня частина	0,95	0,97	0,98	0,97
– середня частина	1,03	1,0	1,0	1,01
– нижня частина	1,03	0,92	0,82	0,92
– підніжжя	2,18	1,88	1,99	2,02
Південний схил:				
– верхня частина	0,85	0,82	0,76	0,81
– середня частина	0,73	0,77	0,71	0,74
– нижня частина	0,78	0,72	0,66	0,72
– підніжжя	1,22	1,18	1,14	1,18

Другий спосіб – при відсутності даних про вологість ґрунту визначається сума опадів з урахуванням факторів зволоження території, експозиції схилу та форми рельєфу

$$O_{S_{eks}}^j = k_{eks}^{O_s} \cdot O_s^j, \quad (3.10)$$

де $O_{S_{eks}}$ – сума опадів за декаду з урахуванням схилу, мм;

$k_{eks}^{O_s}$ – коефіцієнт для перерахунку опадів на схилі, відн. од;

O_s – сума опадів за декаду на горизонтальну поверхню, мм.

Величина $k_{eks}^{O_s}$ визначається в залежності від зволоження території, експозиції схилу і форми рельєфу (табл. 3.3).

Для розрахунку випаровуваності E_0 використовується метод А.М. Алпатьєва:

$$E_0^j = 0,65 \cdot DWW^j \cdot dv^j \cdot 0,75, \quad (3.11)$$

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

dv – кількість днів у розрахунковій декаді.

Розрахунок випаровуваності з врахуванням експозиції схилу виконується за співвідношенням

$$E_{0eks}^j = k_{eks}^{E(j)} \cdot E_0^j, \quad (3.12)$$

де E_{0eks} – випаровуваність на схилі, мм;

k_{eks}^E – коефіцієнт для перерахування випаровуваності на схилі.

Таблиця 3.3 – Поправки для розрахунку суми опадів в залежності від зволоження території, експозиції схилу та форми рельєфу

Зона зволоження	Північний схил				Південний схил			
	верхня частина	середня частина	нижня частина	підніжжя	верхня частина	середня частина	нижня частина	підніжжя
Ґрунт типу «а»								
Надмірно зволожена	0,82	0,87	0,92	1,50	0,88	0,90	0,92	1,38
Достатньо зволожена	0,83	0,85	0,88	1,56	0,88	0,94	0,96	1,32
Слабко посушлива	0,84	0,88	0,90	1,48	0,90	0,94	0,96	1,26
Посушлива	0,88	0,92	0,95	1,25	0,93	0,96	0,98	1,19
Дуже посушлива	0,93	0,95	0,98	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0
Суха	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ґрунт типу «б»								
Надмірно зволожена	0,86	0,89	0,90	1,37	0,92	0,96	0,98	28
Достатньо зволожена	0,88	0,90	0,92	1,33	0,94	0,97	0,99	1,14
Слабко посушлива	0,89	0,92	0,95	1,20	0,96	0,98	1,0	1,06
Посушлива	0,95	0,97	0,89	1,15	0,98	1,0	1,0	1,02
Дуже посушлива	0,98	0,98	1,0	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0
Суха	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Примітка:

1. Ґрунти типу «а»: підзолисті супіски, потужний чорнозем, типові і південні чорноземи, світло-каштанові.

2. Ґрунти типу «б»: підзолисті суглинки, лучні та деградовані чорноземи, терасовий чорнозем.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко

$$E_{eks}^j = \frac{2W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{нор}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_{O_{eks}}^j}}, \quad (3.13)$$

де E_{eks} – сумарне випаровування на схилі, мм;

$P_{нор}$ – норма вегетаційних поливів, мм;

W_{HB} – найменша вологомісткість у шарі ґрунту 0-100 см;

$O_{S_{eks}}$ – сума опадів за декаду з урахуванням схилу, мм;

W_{eks} – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на схилі, мм.

Величина коефіцієнта для перерахунку випаровуваності на схилі k_{eks}^E визначається в залежності від зволоження території, пори року, експозиції та крутості схилу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Поправки для розрахунку випаровуваності

Зона зволоження	Експозиція та крутизна схилу							
	Північний схил				Південний схил			
	50	100	150	200	50	100	150	200
А) весна								
Достатньо зволожена	0,94	0,84	0,77	0,72	1,08	1,12	1,19	1,25
Слабо посушлива	0,92	0,87	0,76	0,69	1,05	1,11	1,17	1,20
Посушлива	0,91	0,82	0,75	0,66	1,05	1,10	1,17	1,19
Дуже посушлива	0,91	0,83	0,73	0,64	1,03	1,08	1,14	1,18

Примітка:

Зони зволоження визначаються на основі середньорічних даних про зволоження ґрунту:

- 1) надмірно зволожена 70–90 % ПВ;
- 2) достатньо зволожена 50–60 % ПВ;
- 3) слабо посушлива 40–50 % ПВ;
- 4) посушлива 30–40 % ПВ;
- 5) дуже посушлива 20–30 % ПВ;
- 6) суха < 20 % ПВ;

ПВ - повна вологомісткість ґрунту, мм

За допомогою наступного співвідношення розраховується інфільтрація у нижні шари ґрунту

$$F_{ilt_{eks}}^j = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - W_{HB}, \quad (3.14)$$

де $F_{ilt_{eks}}^j$ – інфільтрація в нижні шари ґрунту на схилі за декаду, мм.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи на схилі використовується рівняння водного балансу

$$W_{eks}^{j+1} = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - F_{ilt_{eks}}^j. \quad (3.15)$$

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

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

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \left[-a_{\Phi} \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (3.16)$$

де величина α_{Φ} означається за виразом

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^o}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (3.17)$$

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

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

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

TS_2 – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1} \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases}, \quad (3.18)$$

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

T – середньодекадна температура повітря, °С;

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

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

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

У рівнянні (15.18) проміжні величини визначаються за формулами:

$$x_1^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}), \quad (3.19)$$

$$x_2^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (3.20)$$

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

T_s – температура повітря на горизонтальній поверхні, °C;

k_{eks}^T – коефіцієнт для перерахування температури повітря на схилі.

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

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез γ_Φ визначається як

$$\gamma_\Phi = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3 & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (3.21)$$

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

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

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

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (3.22)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (3.23)$$

де k_{eks}^W – коефіцієнт для перерахування запасів вологи на схилі, відн. од..

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

$$FW = \left(\gamma_{\Phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0\,eks}^j} \right)^{0,5}, \quad (3.24)$$

де FW – відносна вологозабезпеченість посівів, відн. од..

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

$$FTW_1 = (\psi_{\Phi} FW)^{0,5}. \quad (3.25)$$

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

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1 [1 + (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{іде } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{іде } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1 [1 - (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{іде } t_n > t_{opt2} \end{cases}. \quad (3.26)$$

3.4 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

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

$$G_{umeks} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (3.27)$$

$$F_{Gum} = \frac{G_{umeks}}{G_{umopt}}, \quad (3.28)$$

де G_{um} – вміст гумусу у ґрунті, %;

G_{umeks} – вміст гумусу у ґрунті на схилах з врахуванням ерозії, %;

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

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

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

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (3.29)$$

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

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

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (3.30)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.31)$$

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

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

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

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

Аналогічно визначаються функції впливу забезпеченості фосфором FW_P і калієм FW_K .

Вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив розраховується за таким виразом:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{і} \partial \text{è} & \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} \geq 0,85, \\ 0,8 & \text{і} \partial \text{è} & 0,70 < \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} < 0,85, \\ 0,6 & \text{і} \partial \text{è} & \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} \leq 0,70. \end{cases} \quad (3.32)$$

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

$$F_{Org} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\,opt}}, \quad (3.33)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (3.34)$$

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

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

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

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

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

$$FWM_{ef}^j = \min \{FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j\}, \quad (3.35)$$

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

3.5 Блок агроекологічних категорій урожайності

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

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

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_\Phi^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot k_{\text{eks}}^{Q^j} \cdot d\nu^j}{q}, \quad (3.36)$$

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

г/м²;

α_Φ – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

η – КПД посівів, відн. од.;

$Q_{\text{фар}}$ – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см² д;

$k_{\text{eks}}^{Q^j}$ – коефіцієнт для перерахування середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної експозиції і крутості;

q – калорійність, кал/г.

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

$$\frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (3.37)$$

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

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

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MMU^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (3.38)$$

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

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

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

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (3.39)$$

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

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

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

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

$$\dot{I}O_{\text{с\`ад\`а}} = \dot{I}O \cdot \hat{E}_{\text{\`а\`н\`н\`}} \cdot 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.40)$$

де $ПУ_{\text{зерна}}$ – потенційний урожай зерна, ц/га;

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

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

3.6 Блок узагальнених оціночних характеристик

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

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої врожайності і потенційної врожайності

$$K_m = ММУ_{\text{зерна}} / ПУ_{\text{зерна}} \quad (3.41)$$

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

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

$$K_2 = ДМУ_{зерна} / ММУ_{зерна}, \quad (3.42)$$

де K_2 – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

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

$$K_{акл} = УВ_{зерна} / ММУ_{зерна}, \quad (3.43)$$

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

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

$$K_{земл} = УВ_{зерна} / ДМУ_{зерна}, \quad (3.44)$$

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

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

$$K_{аек.пот} = UB_{зерна}/ПУ_{зерна}, \quad (3.45)$$

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

Підвищення рівня $UB_{зерна}$ і доведення його до $ДМУ_{зерна}$ вимагає ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговою задачею програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різноманітних господарських факторів, які знаходяться у мінімумі.

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

Формули (3.1) – (3.45) дозволяють визначити основні агроекологічні категорії урожайності сільськогосподарських культур для різних елементів рельєфу, що формуються під впливом ґрунтово-кліматичних умов і мікрокліматичних особливостей досліджуваних територій та виконати для цих територій оцінку агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур.

4 АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАРТОПЛІ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

4.1 Динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності картоплі

Міра відповідності кліматичних умов до біологічних особливостей сільськогосподарських культур та агротехніки їхнього вирощування визначає продуктивність цих культур. Найбільш висока урожайність досягається за умов максимально повного використання рослиною природно-кліматичних ресурсів. Максимум продуктивності може бути досягнутий за рахунок зміни структури посівних площ культури, яка вивчається, з метою отримання кращої відповідності кліматичних умов до її біологічних особливостей.

Нами ставилося завдання оцінити агрокліматичні умови формування урожаю картоплі в центральних районах Лісостепу.

Як ключові розглядалися три області: Вінницька, Черкаська та Полтавська.

Зупинимося детальніше на оцінці агрокліматичних умов вирощування картоплі в цих районах.

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси посівів картоплі визначається приходом сумарної сонячної радіації, відповідно приходом ФАР за період і коефіцієнтом її використання.

Динаміка добових значень сумарної радіації та інтенсивності ФАР наведена на рис. 4.1. Протягом перших двох декад величини сумарної радіації коливаються від 436 до 466 кал/см²·д. З третьої до п'ятої декад вегетації величини сумарної радіації становили 460 - 485 кал/см²·д. Максимальні величини сумарної радіації спостерігались у всіх областях

протягом сьомої декади вегетації й коливались від 478 до 513 кал/см²·д. У другу половину вегетації відбувається поступове зниження величини сумарної радіації з 436 до 445 кал/см²·д. Весь період вегетації кількість сонячної радіації збільшувалась з заходу на схід. Найнижчий рівень її був у Вінницькій області, а найвищий – у Полтавській. Інтенсивність ФАР в період початку клубне утворення сягала 0,277 кал/см²·хв.

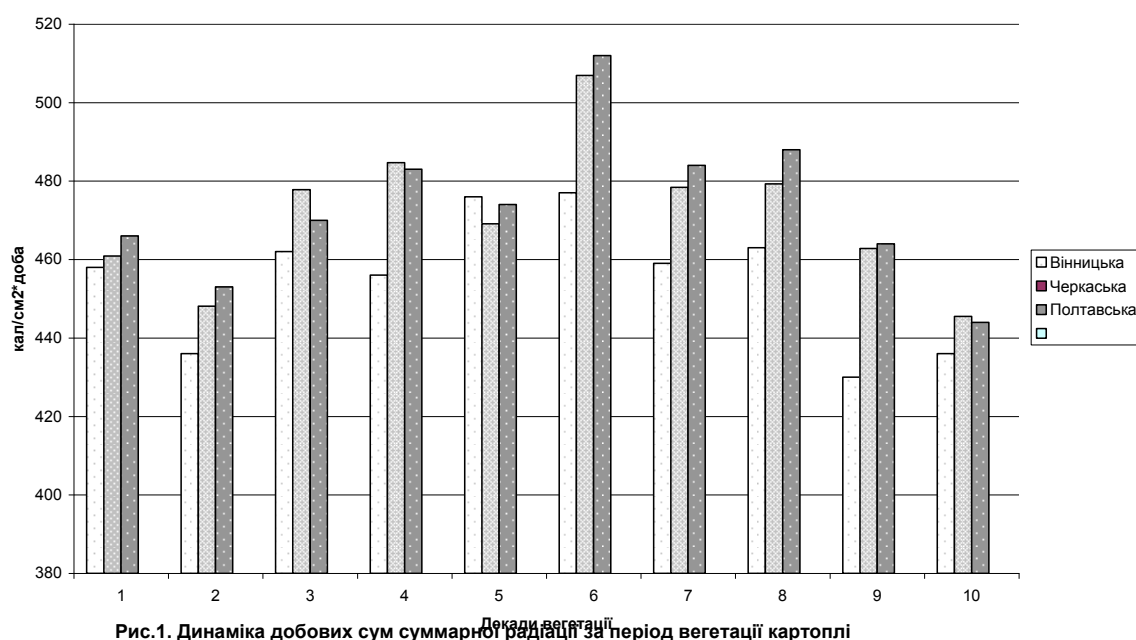


Рис.1. Динаміка добових сум сумарної радіації за період вегетації картоплі

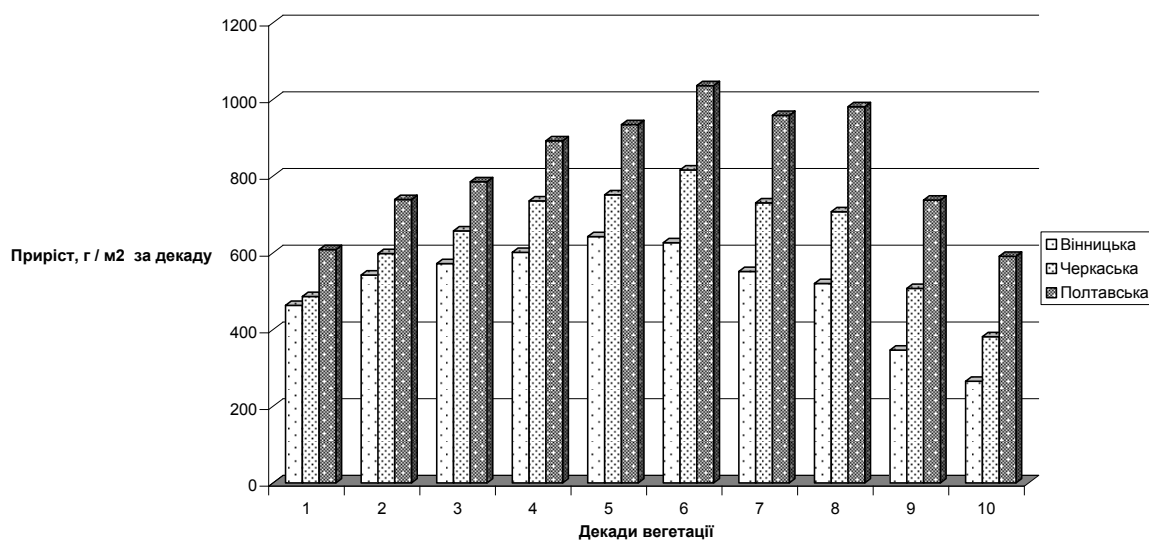


Рис. 4.2. Динаміка приростів потенційної урожайності картоплі

Динаміка приростів потенційної урожайності (ПУ) картоплі за період сходи – припинення вегетації наведена на рис. 4.2. Загальною закономірністю є відповідно динаміці величини сумарної радіації динаміка величин приростів ПУ, для Вінницької області дещо нижчий рівень, для Черкаської області – вищий рівень, а для Полтавської області – найвищий.

Приріст ПУ в першій декаді вегетації, як це видно з рис. 4.2, складає для різних областей від 460 до 909 г/м²·дек. У наступні декади йде формування листкового апарату приріст зростає до рівня 600 – 893 г/м²·дек. Період інтенсивного формування асимілюючої поверхні відмічений плавним ходом кривої динаміки приростів ПУ. Від декади до декади спостерігається збільшення величини приростів ПУ, в середині вегетації на початку інтенсивного бульбонакопичення їхній рівень сягає від 642 до 1037 г/м²·дек. У другій половині вегетації відбувається зменшення приростів ПУ. У Вінницькій області вони становлять 266-347 г/м²·дек, у Черкаській – 381-507 г/м²·дек, а в Полтавській – 591-738 г/м²·дек.

Як вже раніше відзначалося, рівень ПУ лімітується чинниками тепла і вологи. Ці два чинники визначають рівень наступної агроекологічної категорії урожайності – метеорологічно-можливої урожайності (ММУ).

Розглянемо динаміку показників волого-температурного режиму протягом вегетації. Якщо температура повітря буде близька до оптимальної для процесу фотосинтезу, то при цьому досягатиметься максимальна продуктивність посівів.

Цілком природно, що значення T_{opt} змінюється протягом вегетації. Розглядатимемо щодакдану динаміку нижньої (T_{opt1}) і верхньої (T_{opt2}) межі оптимальних значень температури повітря для картоплі і хід середньодакданної температури повітря протягом вегетації порівняно з ходом оптимальних значень температури.

Як видно з даних рис. 4.3, нижня межа температурного оптимуму T_{opt1} починається з температури 14,0 °С, плавно піднімаючись досягає максимуму

(17,3 °C) в період початку бульбонакопичення, в кінці вегетаційного періоду вона знову знижується до 16,0 °C.

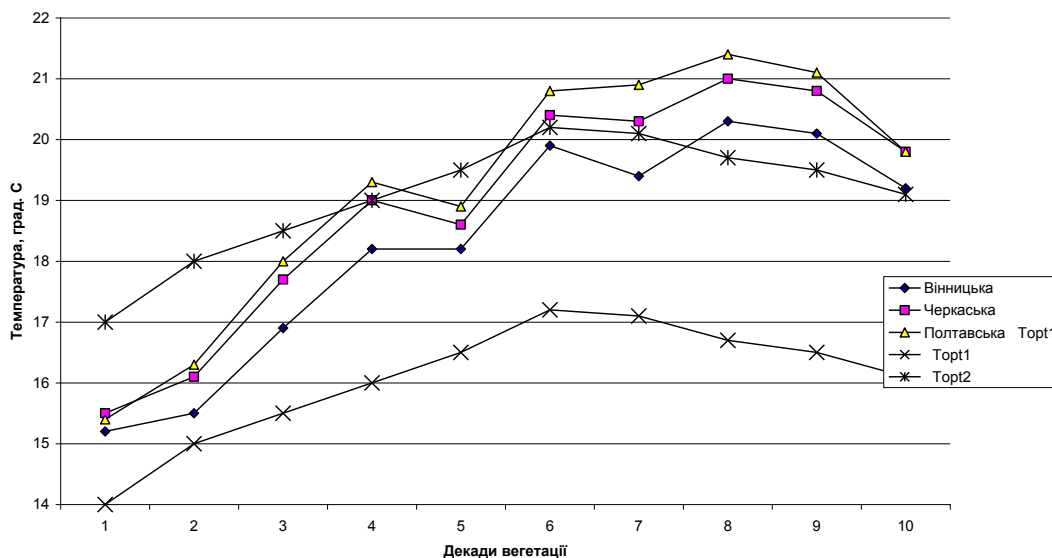


Рис. 4.3. Динаміка середньої за декаду температури повітря та оптимальних для фотосинтезу картоплі значень температури повітря

Верхня межа оптимальних температур T_{opt2} починається з 17,0 °C і досягає максимуму в той же період, що і для T_{opt1} і складає 20,2 °C, потім дещо знижується (до 19,0 °C).

Для середньодекадної температури повітря буде характерним дещо нижчий рівень температури за період вегетації у Вінницькій області, дещо вищий рівень у Черкаській області та підвищений рівень температури у Полтавській області.

В Вінницькій області середньодекадна температура повітря з початку вегетації починається з відмітки 15,2 °C, плавно піднімаючись, проходить майже паралельно T_{opt1} весь час знаходиться в інтервалі температурного оптимуму, і лише у восьмій та дев'ятій декадах виходить за межі T_{opt2} . Тобто практично вона знаходиться в інтервалі, обмеженому нижньою і верхньою межами температурного оптимуму.

В Черкаській області середньодекадна температура повітря з початку вегетації починається з відмітки 15,5 °C, плавно піднімаючись, проходить досить близько до верхньої межі оптимуму температури, а починаючи з шостої декади вегетації виходить за межі T_{opt2} та перевищує її на 0,5 - 1,5 °C.

Динаміка середньодекадної температури повітря в Полтавській області йде майже паралельно температурі повітря в Черкаській області, перевищуючи її на 0,2 - 0,5 °С.

Потреба картоплі у волозі змінюється в онтогенезі. Від появи сходів до початку бутонізації і цвітіння, коли у картоплі йде наростання вегетативної маси та накопичення бульб, споживання води сильно зростає.

Сумарне випаровування в Вінницькій області з першої по п'яту декаду зменшується від 27 до 21 мм за декаду, потім, починаючи з шостої декади вегетації коливається в межах 22-24 мм за декаду. В Черкаській області перші чотири декади рівень сумарного випаровування був трохи вищим и складав 23-29 мм за декаду, потім значно зменшився і знаходився в межах 19-22 мм за декаду. Для Полтавської області характерним буде більш високий рівень сумарного випаровування на початку вегетації (24-32 мм за декаду), потім він суттєво зменшився до 20-20 мм за декаду.

Випаровуваність протягом всієї вегетації картоплі знаходиться на досить високому і становить для Вінницької області 34 - 42 мм, для Черкаської – 38-48 мм, а для Полтавської – 39-53 мм.

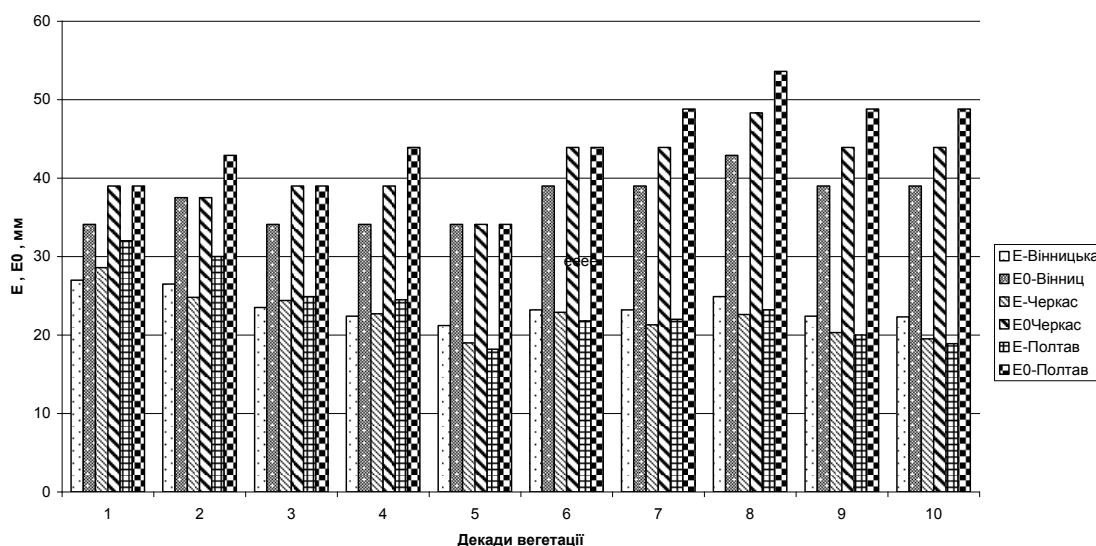


Рис. 4.4а. Динаміка випаровування (E) та випаровуваності (E0) посівів картоплі

Відношення сумарного випаровування до випаровуваності (E/E0) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Аналіз динаміки відношення E/E_0 (рис. 4.4б) показує, що спочатку вегетації картоплі воно знаходиться на відмітці 0,73 - 0,82 відн. од. Поступово знижуючись до середини вегетації до рівня 0,53 - 0,60. З п'ятої – шостої декади у Вінницькій області це відношення майже не змінюється до кінця вегетації, в той час як для Черкаської та Полтавської областей ця величина зменшується до 0,39 - 0,45.

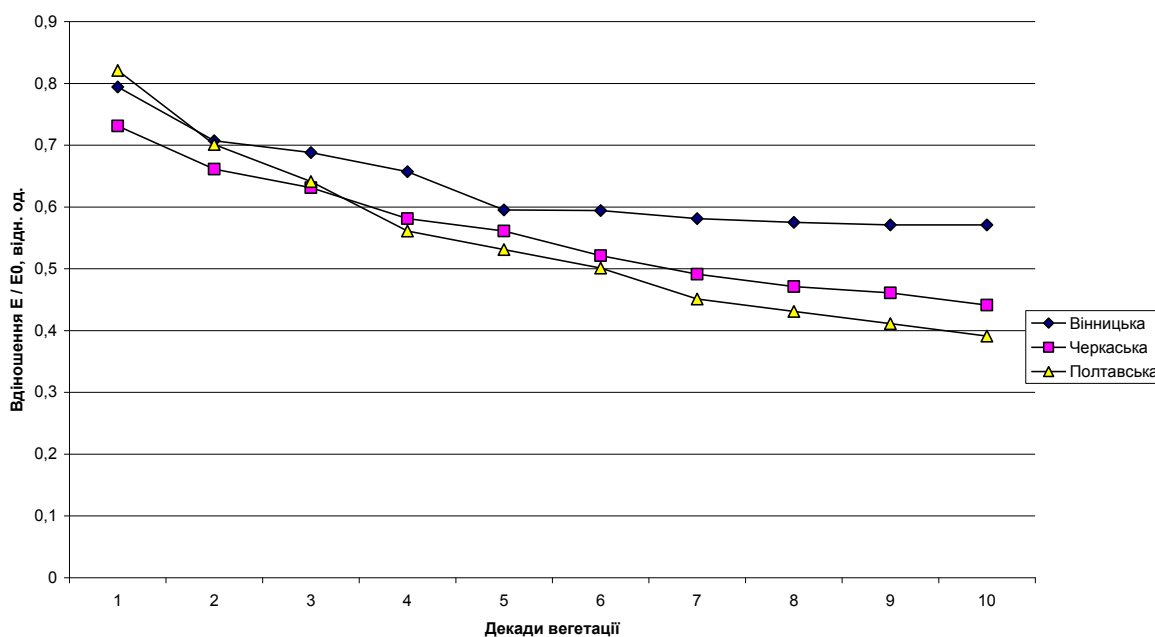


Рис. 4.4б. Динаміка відношення випаровування (E) до випаровуванності (E0)

Запаси продуктивної вологи у ґрунті (рис. 4.5) на початку вегетації були досить високими і протягом перших трьох декад вегетації досягали 140 – 150 мм. Після настання 5 - 6 декад вони поступово зменшувались. При цьому більш високий рівень запасів продуктивної вологи у ґрунті був у Вінницькій області (156-158 мм). З четвертої декади вегетації запаси продуктивної вологи починають зменшуватися: У Вінницькій області до 151-153 мм, в Черкаській – до 126-128 мм, а в Полтавській до 116-127 мм. В наступні декади вегетації це зменшення продовжилось. Весь час запаси продуктивної вологи у Вінницькій області були досить високими (113-139 мм) і тільки в останню декаду вони зменшились до 94 мм. У Черкаській області запаси продуктивної вологи були на 15-25 мм нижчими, їх динаміка повторювала

хід запасів продуктивної вологи у Вінницькій області. У Полтавській області запаси продуктивної вологи зменшувались від 116 мм у п'ятій декаді до 64 мм – у останній декаді вегетації.

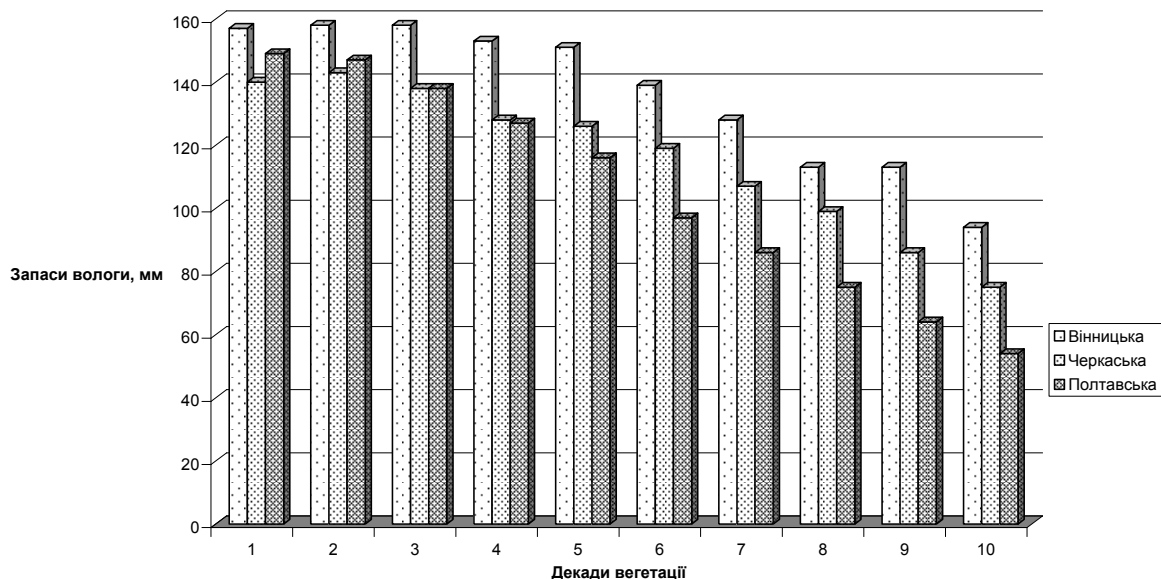


Рис. 4.5. Динаміка запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на посівах картоплі

Комплексний вплив основних метеорологічних чинників відбиває метеорологічно-можлива урожайність (ММУ), яка є інтегральною характеристикою агрометеорологічних ресурсів.

У початковий період вегетації приріст ММУ у Вінницькій області складає 395 – 473 г/м²·дек. В цей же час у Черкаській області прирости ММУ склали 403-505 г/м²·дек, а в Полтавській області – 518-627 г/м²·дек. Відмічається загальна тенденція в динаміці приростів ММУ. Їх рівень найвищий у Полтавській області, нижчий у Черкаській, та самий низький у Вінницькій області.

Максимальні прирости ММУ досягаються у п'ятій-шостій декадах і вони становлять відповідно з заходу на схід: у Вінницькій області 527-572 г/м²·дек, у Черкаській області – 646-648 г/м²·дек, а у Полтавській області 783-785 г/м²·дек. Потім прирости ММУ плавно знижуються і в кінці вегетації відбувається зниження приростів ММУ до 234 г/м²·дек у Вінницькій області, до 305 г/м²·дек у Черкаській області та до 446 г/м²·дек у Полтавській області..

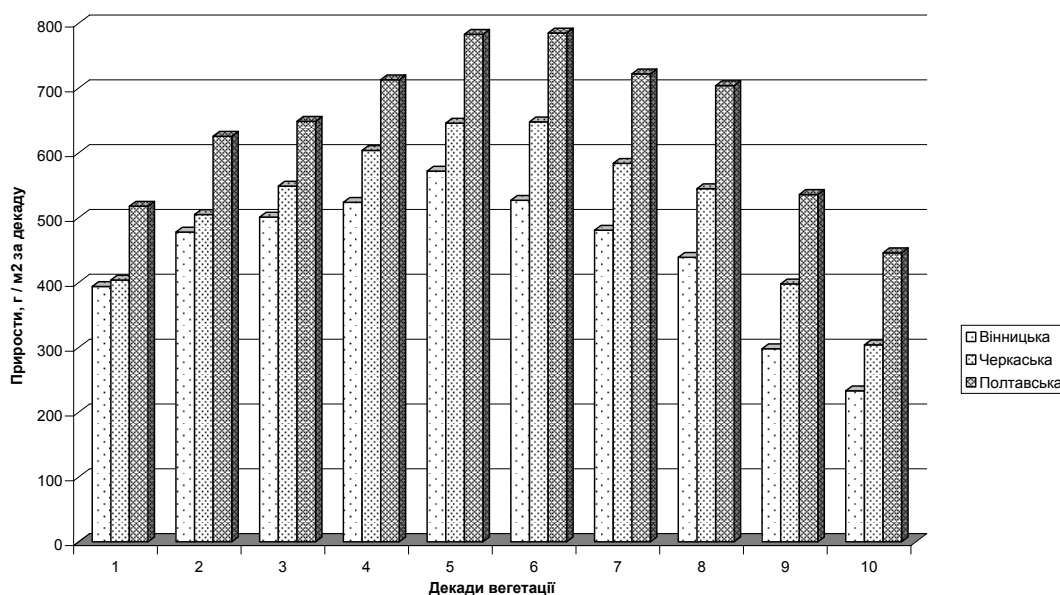


Рис. 4.6. Динаміка проростів метеорологічно-можливої урожайності картоплі

Хід динаміки проростів дійсно-можливої урожайності (ДМУ) наведено на рис. 4.7. Величини проростів ДМУ у Вінницькій області починаються з відмітки 356 г/м²·дек, різко зростаючи до п'ятої декади до 516 г/м²·дек. Максимальні значення проростів ДМУ досягається в п'яту-шосту декади. У наступні декади величина проростів ДМУ поступово зменшується.

У Черкаській області прорости ДМУ на першу декаду вегетації становили 268 г/м²·дек, а максимальні значення також спостерігались в п'яту-шосту декади (429-430 г/м²·дек). У п'яту-шосту декади прорости ДМУ у Полтавській області були максимальними і становили 484-486 г/м²·дек. Потім вони також поступово зменшувались, але були на більш високу рівні, чим в інших областях.

Прорости урожайності на рівні урожайності у виробництві (УВ) починаються (рис. 4.8) з відмітки 142-143 г/м²·дек у Вінницькій та Полтавській областях і з відмітки 108 у Черкаській області., зростаючи в наступні декади до 60 - 80 г/м²·д.

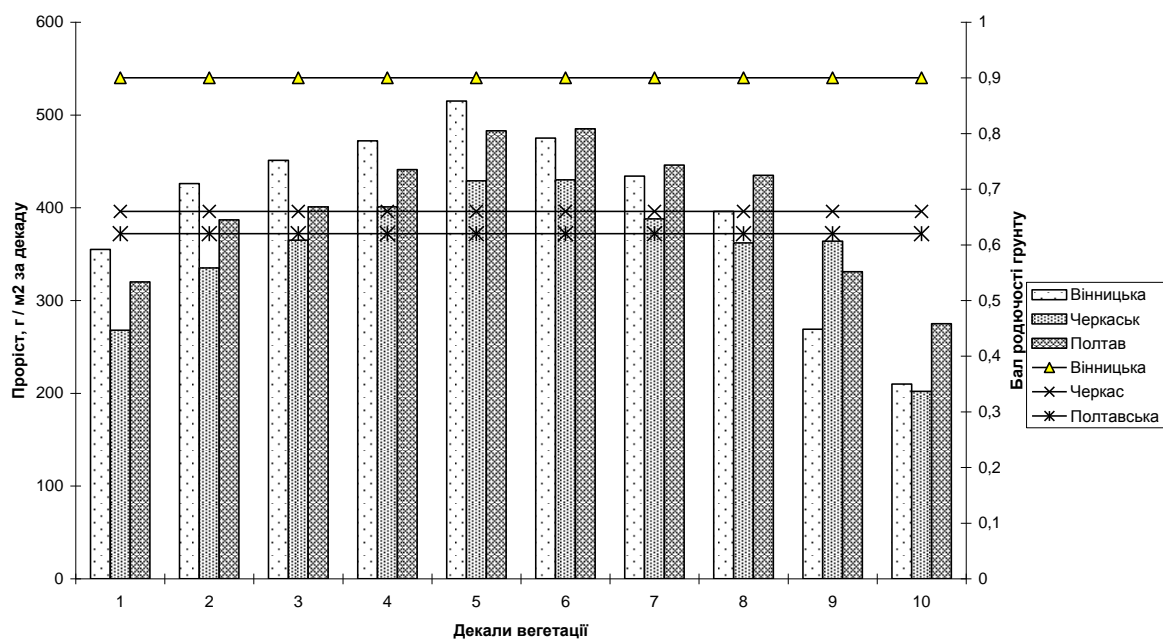


Рис. 4.7. Динаміка приростів дійсно-можливої урожайності картоплі та бал ґрунтової родючості

Потім плавно піднімаючись, досягають максимуму від утворення бокових пагонів до цвітіння і складають $62 - 90 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$.

Потім йде плавне зниження, а до кінця вегетаційного періоду рівень приростів УВ знижується до $30 - 40 \text{ г/м}^2 \cdot \text{д}$. Вони зростають до п'ятої-шостої декади, а потім поступово зменшуються. Для Полтавської області їх рівень був найбільш високим.

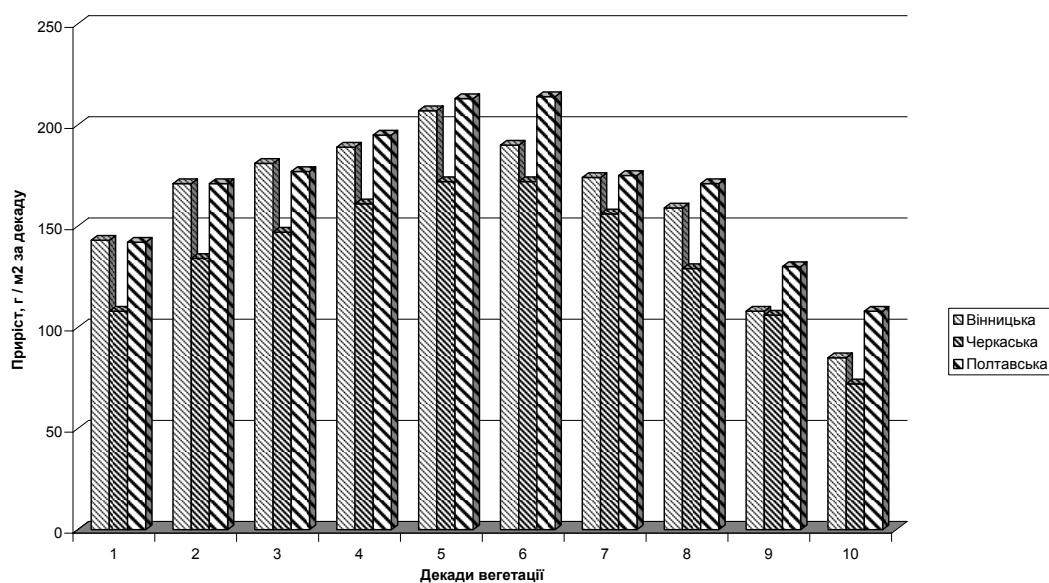


Рис. 4.8. Динаміка приростів урожайності у виробництві посівів картоплі

4.2 Узагальнена характеристика агрокліматичних умов вирощування картоплі

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

На підставі виконаних розрахунків була зроблена оцінка узагальнених характеристик ґрунтово-кліматичних умов вирощування картоплі та її продуктивності.

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

Рівень природної родючості ґрунтів Лісостепу досить диференційований.

Вінницька область характеризується досить високим рівнем ґрунтової родючості. Бал ґрунтової родючості становить 0,90 відн. од., в Черкаській та Полтавській областях бал ґрунтової родючості складає 0,62 – 0,64 відн. од. (табл. 4.1). При вирощуванні картоплі азотні добрива вносяться в дозах 90 кг(д.р.), а доза фосфорних і калійних добрив складає 40 кг(д.р.). Норма органічних добрив, що вносяться, становить 30 т/га гною.

У табл. 4.1 наведені узагальнені показники агрокліматичних ресурсів вирощування картоплі: тривалість вегетаційного періоду, сума ефективних температур за вегетацію, сума ФАР, сума опадів, потреба рослин у волозі, сумарне випаровування, дефіцит вологи і ГТК.

Як видно з даних табл. 4.1, тривалість вегетаційного періоду картоплі становить 102 дні.

Таблиця 4.1 – Узагальнені характеристики ґрунтових та кліматичних ресурсів вирощування картоплі у центральній частині Лісостепу

№ п/п	Узагальнені показники за період вегетації	Область		
		Вінницька	Черкаська	Полтавська
1.	Бал ґрунтової родючості, відн. од.	0,90	0,66	0,62
2.	Внесення азотних добрив (N), кг(д.р.)/га	90	90	90
3.	Внесення фосфорних добрив (P), кг(д.р.)/га	40	40	40
4.	Внесення калійних добрив (K), кг(д.р.)/га	40	40	40
5.	Внесення органічних добрив (гній), т/га	30	30	30
6.	Сума ефективних температур вище 8 °С	1048	1113	1140
7.	Сума ФАР, ккал/см ² за період	24,17	24,99	25,16
8.	Тривалість вегетаційного періоду, діб	102	102	102
9.	Сума опадів, мм	262	222	198
10.	Потреба рослин у волозі, мм	427	445	449
11.	Сумарне випаровування, мм	277	250	242
12.	Дефіцит вологи, мм	102	158	156
13.	ГТК, відн.од.	1,40	1,15	1,01

Суми температур за вегетаційний період картоплі коливаються в межах 1048 - 1140 °С. З даних табл. 4.1 видно, що суми ефективних температур, що накопичуються за період вегетації, відповідають необхідній кількості тепла.

Окрім тепла, важливим чинником в житті рослин є волога. Режим зволоження визначається кількістю опадів.

Кількість опадів за вегетаційний період змінюється від 198 до 262 мм.

Зволоження території залежить не лише від кількості опадів, але і від того, скільки їх витрачається на випаровування і стік. Тому як величину, що характеризує міру зволоження території, використовують умовний показник зволоження – гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). По областях ГТК змінюється від 1,40 відн. од. у Вінницькій області до 1,15 відн. од. у Черкаській області та до 1,01 у Полтавській області.

Оптимальна потреба картоплі у воді в період вегетації коливається від 427 до 449 мм. Сумарне випаровування за період вегетації коливається від 242 до 277 мм.

Аналіз максимальних приростів біомаси на рівні ПУ (табл. 4.2) показує, що вони досить сильно відрізняються. Самі високі вони в Полтавській області (1036 г/м²·дек), дещо менші у Черкаській області (816 г/м²·дек), а самий нижчий рівень спостерігається у Вінницькій області (642 г/м²·дек).

Таблиця 4.2 – Узагальнені характеристики фотосинтетичної продуктивності картоплі у центральній частині Лісостепу

№ п/п	Узагальнені показники за період вегетації	Область		
		Вінницька	Черкаська	Полтавськ а
1.	Максимальні прирости урожаю на рівні ПУ, г/м ² дек	642	816	1036
2.	Максимальні прирости урожаю на рівні ММУ, г/м ² дек	572	648	785
3.	Максимальні прирости урожаю на рівні ДМУ, г/м ² дек	516	430	486
4.	Максимальні прирости урожаю на рівні УВ, г/м ² дек	207	172	215
5.	ПУ бульб, ц / га	462	577	750
6.	ММУ бульб, ц / га	440	517	647
7.	ДМУ бульб, ц / га	433	375	436
8.	УВ бульб, ц / га	188	160	200

Лімітуючий вплив вологозабезпеченості і термічного режиму призводить до зниження приростів на рівні ММУ відповідно послідовності вказаних вище областей до 785; 648; та 572 г/м²·дек.

Рівень ґрунтової родючості призводить до пониження максимальних приростів на рівні ДМУ. Максимальний приріст спостерігається у Вінницькій області (516 г/м²·дек), дещо менший у Полтавській області (486 г/м²·дек) і найнижчий у Черкаській області (430 г/м²·дек). Аналогічна динаміка спостерігається і для приростів урожаю у виробництві..

Величини ПУ бульб (табл. 4.2) характеризуються на рівні 462 - 750 ц/га. Переходячи до опису ММУ бульб, можна відмітити, що найбільше значення відмічене у Полтавській області і складає 647 ц/га, в Черкаській області – 517 ц/га, у Вінницькій – 440 ц/га.

Урожай бульб (табл. 4.2) на рівні ДМУ складає для Вінницької та Полтавської областей 433 - 436 ц/га, а для Черкаської області – 357 ц/га.

Урожай бульб у виробництві найбільш високий у Вінницькій та Полтавській областях (188 - 200 ц/га) і знаходиться на рівні 160 ц/га у Черкаській області.

ВИСНОВКИ

1. Надана оцінка агрокліматичних ресурсів України.
2. Вивчені біологічні особливості культури картоплі, її потреби в світлі, теплі та волозі.
3. Вивчена базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур.
3. Підготовлена база даних для виконання розрахунків з метою оцінки агроекологічних умов вирощування картоплі в умовах центральних районів Лісостепу.
4. Для агрокліматичного районування картоплі в умовах центрального Лісостепу модифікована модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування урожаїв картоплі: визначені параметри моделі та функції впливу агрокліматичних показників території на продуктивність картоплі.
5. Оцінена щодакна динаміка показників приростів агроекологічних категорій урожайності під впливом радіаційного, теплового та водного режимів для території Вінницької, Черкаської та Полтавської областей.
6. За допомогою математичної моделі виконана агрокліматична оцінка агрокліматичних ресурсів продуктивності території Вінницької, Черкаської та Полтавської областей, яка включає оцінку рівнів ПУ, ММУ, ДМУ та УВ картоплі. Також виконана комплексна оцінка ступеню сприятливих кліматичних умов вирощуванню картоплі.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Бондлендер Б.А. Влияние температуры, солнечной радиации и фотопериода на развитие растений и урожай // Рост и развитие картофеля. – М. 1966. - С. 247-262.
2. Будаговский П.И., Росс Ю.К. Основы количественной теории фотосинтетической деятельности посевов // Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. – М.: Наука, 1966. - С. 51-58.
3. Картофель / Под ред. Н.С.Бацанова. – М.: Колос, 1970. - 376 с.
4. Куперман Ф.М., Ржанова Е.И. Биология развития растений. – М.: Высшая школа, 1963. - 423 с.
5. Лорх А.Г. Динамика накопления урожая картофеля. – М.: Сельхозгиз, 1948. - 191 с.
6. Лорх А.Г. О картофеле. – М.: Сельхозгиз, 1960. - 151 с.
7. Леман В.М. Культура растений на электрическом свете. – М.: Колос, 1971.
8. Пенман Х.Л. Значение погодных условий и воды для роста и развития картофеля // Рост и развитие картофеля. – М.: 1966. - С. 236-246.
9. Полевой А.Н. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Нечерноземье. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 116 с.
10. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 286 с.
11. Поповская О.М. Методика оценки агрометеорологических условий произрастания картофеля в Центральных областях Европейской территории СССР // Сборник методических указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. - С. 28-45.
12. Руденко А.И. Влияние засухи на урожай картофеля // Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. - С. 71-94.

13. Руденко А.И. Некоторые итоги и пути изучения климата культурных растений (картофель) // Труды Всесоюзного научно-метеорологического совещания. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.- Т. 8. - С. 82-88.
14. Справочник картофелевода / Под ред. С.Н. Карманова. – М.: Россельхозиздат, 1978. - 204 с.
15. Уланова Е.С. Методы агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. - С. 245-257.
16. Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: Изд-во МГУ, 1971. - Т. 12. - 371 с.
17. Яковлев Б.В. Колорадский жук. – Рига: 1960. - 152 с.