

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив агрометеорологічних умов на розвиток
популяції колорадського жука і формування врожайності
картоплі в Чернігівській області**

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-61а
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
(шифр і назва)

Освітня програма Агрометеорологія
(назва)

Вікнянська Софія Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Свидерська Світлана Михайлівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Бояринцев Євген Львович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорологія та агрометеорологічних прогнозів
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Агрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри агрометеорології
та агрометеорологічних прогнозів**

Польовий А.М.

“ 26 ” березня 2018 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Вікнянській Софії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області

керівник роботи Свидерська Світлана Михайлівна, к.геогр.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 2 » листопада 2017 року № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи Вплив середньобогаторічних, вологих та сухих агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука та формування врожайності картоплі в Чернігівській області

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Описати динамічну модель продукційного процесу картоплі, провести чисельні експерименти з розробленою моделлю впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука та на формування врожаю картоплі в Чернігівській області. Провести аналіз, як здійснюється вплив сухих, вологих та середньобогаторічних умов на популяцію колорадського жука та як відбувається формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

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

Графіки впливу сухих та вологих умов на формування окремих органів рослини та на формування врожайності картоплі в цілому. Графіки впливу середньобогаторічних умов на формування врожайності картоплі та на формування окремих органів рослини в Чернігівській області. Графіки

залежності виходу з ґрунту колорадського жука від температури.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 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, збір даних для виконання проекту	26.03.2018 р. – 5.04.2018 р.	94	5(відмінно)
2	Ознайомлення з об'єктом дослідження, методиками проведення розрахунків, написання вступу, глави 1	6.04.2018 р.- 12.04.2018 р.	89	4(добре)
3	Вивчення динаміко-математичної моделі продукційного процесу картоплі	13.04.2018 р. - 20.04.2018 р.	95	5(відмінно)
4	Вивчення впливу а/м умов на розвиток популяції колорадського жука та формування врожайності картоплі в Чернігівській області, написання 2 глави проекту	21.04.2018 р. – 29.04.2018 р.	90	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	30.04.2018 р.- -06.05.2018 р.	92	5(відмінно)
5	Проведення чисельних розрахунків за моделлю	07.05.2018 р.- 15.05.2018 р.	94	5(відмінно)
6	Аналіз розрахунків, підготовка 3 глави проекту	16.05.2018 р.- 20.05.2018 р.	92	5(відмінно)
7	Аналіз розрахунків, підготовка 4 глави проекту	21.05.2018 р.- 25.05.2018 р.	95	5(відмінно)
8	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	26.05.2018 р.- 28.05.2018 р.	90	5(відмінно)
9	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту	29.05.2018р.- 01.06.2018 р.	90	5(відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		92	

Студент

(підпис) Вікнянська С.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис) Свидерська С.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студентки Вікнянської С.С. на тему: «Вплив агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області», присвячена дослідженню впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

Культура картоплі є для України однією з провідних сільськогосподарських культур. Численними дослідженнями встановлено, що картопля культурних сортів є рослиною помірного клімату, має велику пластичність, найстійкіші його врожаї отримують у районах середніх широт.

Актуальність цієї теми визначається практичною необхідністю оцінки математичної моделі, яка описує вплив агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і на формування врожайності картоплі.

Метою даної роботи, є моделювання впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з п'яти частин. В першій було розглянуто агрокліматична характеристика Чернігівській області, в другій частині біологічні особливості картоплі, в третій частині – сучасний стан моделювання і прогнозування врожаю картоплі, в четвертій частині – моделювання розвитку колорадського жука, а в п'ятій частині – вплив агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

В роботі міститься 9 рисунків та 5 таблиць. При виконанні роботи використано 28 літературних джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: картопля, колорадський жук, популяція колорадського жука, урожайність, бульби, температура, площа листя, біомаса.

SUMMARY

Master's qualification work student Viknyanskaya S.S. on "Impact of agrometeorological conditions on Colorado beetle population growth and the formation of potato yields in Chernihiv region", devoted to research the impact of agrometeorological conditions on the Colorado beetle population growth and the formation of potato yields in Chernihiv region.

Culture potatoes for Ukraine is one of the leading crops. Numerous studies have found that potato cultivars are plants of temperate climate, has great flexibility, its most stable yields obtained in mid-latitude regions with relatively low temperature during the growing season.

The relevance of this topic is determined by the need to assess the practical mathematical model that describes the impact of agrometeorological conditions on Colorado beetle population growth and the formation of potato yield.

The aim of this work is the modeling of agrometeorological conditions on the Colorado beetle population growth and the formation of potato yields in Chernihiv region.

Master's qualification consists of five parts. The first was considered agro-climatic characteristics Chernihiv region, the second part of the biological characteristics of the potato, the third part - the current state of modeling and forecasting crop of potatoes in the fourth part - modeling of the Colorado potato beetle, and the fifth - the impact of agrometeorological conditions on the development of population Colorado potato beetle and the formation of potato yields in Chernihiv region.

The paper contains 9 figures and 5 tables. In the performance of applied 28 references.

KEY WORDS: potatoes, potato beetle, Colorado potato beetle population, productivity, tubers potatoes, temperature, leaf area, biomass.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ О ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Агрокліматична характеристика умов зростання картоплі в Чернігівській області.....	13
1.2 Розподіл сільськогосподарських угідь і культур в Чернігівській області.....	14
1.3 Кліматичні ресурси території Чернігівської області.....	16
2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРТОПЛІ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	19
2.1 Ботанічна характеристика картоплі.....	20
2.2 Відношення картоплі до температури.....	21
2.3 Відношення картоплі до світла і вологи.....	23
2.4 Вимоги картоплі до ґрунту та елементів мінерального живлення.....	26
2.5 Сорти картоплі.....	34
2.6 Шкідники та хвороби картоплі.....	36
3 СУЧАСНИЙ СТАН МОДЕЛЮВАННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЮ КАРТОПЛІ.....	43
3.1 Моделювання процесів формування врожаю картоплі.....	44
3.2 Продукційний процес рослин (ППР).....	55
3.3 Моделювання основних складових продукційного процесу рослин.....	58
4 МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА.....	66
4.1 Моделювання розвитку популяції колорадського жука та його вплив на продуктивність рослин.....	70
4.2 Параметри блоку розвитку шкідника.....	75
5 ВПЛИВ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА РОЗВИТОК ПОПУЛЯЦІЇ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КАРТОПЛІ В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	78

5.1 Порівняльна характеристика формування врожайності картоплі та розвитку популяції колорадського жука при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області.....	79
5.2 Порівняльна характеристика формування врожайності картоплі та розвитку популяції колорадського жука при середньобагаторічних та вологих умовах в Чернігівській області.....	89
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	100

ВСТУП

Картопля в Україні це незамінний продукт харчування. Недаремно в народі її називають «другим хлібом». Вуглеводи картоплі є істинним джерелом енергії для людського організму. Картопля, як і хліб ніколи не приїдається. Українська кухня налічує більше тисячі рецептів смачних страв з картоплі та з картоплею.

При великих затратах праці і матеріальних ресурсів її врожайність залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Картоплю вирощують в різних зонах України: на піщаних і суглинкових ґрунтах, чорноземах, - від Полісся до Степу. Рослина картоплі характеризується високою пластичністю, проте нормальний ріст і розвиток проходить при забезпеченні у відповідних кількостях світлом, теплом, повітрям, водою і елементами живлення. Всі сорти мають генетичний потенціал якості. Як цей показник буде використовуватись у кожному конкретному випадку у виробничих умовах, залежить не лише від технології вирощування картоплі, але й від погодних умов вегетаційного періоду. Водночас вплив метеорологічних чинників не можна розглядати окремо від ґрунтових умов, внесення добрив, біологічних особливостей сорту. Тому при вирощуванні сортів важливо знати їх реакцію на умови вирощування. Сучасна технологія вирощування спрямована на створення у різних зонах оптимальних умов для росту й розвитку рослин, формування врожаю, а також на забезпечення високої продуктивної роботи сільськогосподарської техніки при садінні, догляді за посівами та збиранні бульб. Все це вимагає диференційованого застосування агротехнічних прийомів вирощування картоплі, які визначаються зміною умов у часі та просторі.

Раціональне використання оздоровленого матеріалу є важливим етапом підтримання продуктивних якостей сорту в системі елітного насінництва картоплі. Елітне насінництво ведуть спеціалізовані насінневі господарства, що мають ліцензію на їх виробництво, під контролем

оригінатора сорту, і головним завданням яких є забезпечення прискореного розмноження насінного матеріалу картоплі при одночасному збереженні і підтримці його сортової чистоти, продуктивних ознак та посівних якостей.

Однією з основних причин зниження врожайності картоплі є пошкодження колорадським жуком [4]. Відомо, що на картоплі паразитує понад 40 шкідливих організмів, а це пов'язано з біологічними особливостями культури, яку розмножують вегетативно. Бульби та бадилля картоплі містять надмірну кількість вуглеводів, вітамінів та інших органічних сполук, що є також добрим поживним субстратом для шкідливих організмів. Колорадський жук відноситься до небезпечних шкідників картоплі, томату, баклажану й інших пасльонових рослин. Цим шкідником заселена вся територія України.

Актуальність цієї теми визначається практичною необхідністю розробки математичної моделі, яка описує вплив агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і на формування врожайності картоплі.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються як теоретичні, так і практичні аспекти моделювання формування врожайності картоплі та розвитку популяції колорадського жука при посушливих, вологих і середньо багаторічних умовах в Чернігівській області.

Виходячи з цього, основною метою даної роботи, є моделювання впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

Магістр Вікнянська С.С. приймала участь у написанні колективної монографії Полтавської державної аграрної академії «Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій», розділ 3.6 стаття «Моделювання впливу ранньовесняних заморозків на формування врожайності картоплі в Поліссі» [21].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ О ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Територія області загальною площею 31,6 тис. км² розташована на крайній півночі Лівобережної України [1].

На північному заході вона межує з Поліссям, і на південному сході переходить в Лісостеп. Центральна частина області займає басейн Десни - лівої притоки Дніпра.

За рельєфом область представляє рівнину, злегка підняту на північному сході із загальним нахилом на південний захід до Дніпра [1].

На загальному рівному рельєфі часто зустрічаються невеликі поглиблення, що одержали назви «западини», «блюдця», зі зниженою водопроникністю в силу особливостей льодовикових відкладень.

В результаті цього створюються умови, сприятливі для процесів заболочування і засолення. Тому на півночі області піщані ґрунти чергуються з торф'яними і болотними, а на південному сході легкосуглиністі опідзолені і малогумусні чорноземи чергуються з солонцюватими ґрунтами.

Річки області: Дніпро на західному кордоні і лівий його приплив Десна, яка перетинає всю область з півночі на південний захід, зі своїми притоками. Снов, Сейм, Остер і ін. Використовуються для побутового, залізничного, промислового водопостачання, зрошення і гідроенергетики.

Річки області рівнинного типу, з невеликим ухилом, тому течія їх повільна.

Клімат області помірно-теплий, м'який, з достатнім зволоженням. Переважаючі західні і північно-західні вітри приносять до 550-600 мм опадів за рік. Найменше опадів випадає взимку (січень - лютий), найбільша кількість опадів припадає на червень - серпень.

Середньорічна температура повітря близько 6-7⁰С. Середня багаторічна температура найбільш теплого місяця (липня) 20⁰С, а найбільш холодного місяця (січня) -7⁰С. Однак в окремі роки температура повітря помітно відхиляється від зазначених величин.

Абсолютний максимум становить 38°C , а мінімум досягає -34°C . Безморозний період триває 155 - 170 днів. Окремі роки відрізняються дуже сильними морозами, а тому в малосніжні зими мають місце значні пошкодження озимих і садів. До таких негативних явищ слід віднести зимові відлиги, від яких сходить сніг і поновлюється вегетація озимих. Тривалість періоду з стійким сніговим покривом становить 95-105 днів. Зміна відлиг сильними морозами з утворенням льодової кірки на посівах теж призводить до загибелі озимини.

Пізні заморозки навесні і ранні заморозки восени, після яких настає стійка, тепла погода, частково пошкоджують сади, розсаду восени.

Ґрунтовий покрив області являє собою дві досить відмінні за родючістю і походженням зони. Північну половину займають безструктурні, піщані, дерново-слабопідзолисті і малородючі ґрунти. Основною підстильною породою є моренні відкладення.

У південній половині області переважають малоґумусні і опідзолені легкосуглинкові чорноземи на підстильній породі.

Територія області поділена на три зони:

I. Полісська зона.

В неї входять такі адміністративні райони: Семенівський, Гремячський, Добрянський, Городнянський, Щорський, Корюківський, Холминський, Новгород-Сіверський, Любецький, Ріпкинський, Тупичівський, Понорницький, Михайло-Коцюбинський, Чернігівський, Березнянський, Менський, Сосницький, Коропський, Остерський, Олішевський, Куликівський, Козелецький та частина Носівського.

В цій зоні, що займає майже всю північну половину області, переважаючою ґрунтової різницею є дерново-слабо-середнепідзолисті піщані і глинисто-піщані ґрунти.

У Корюківському, південно-східній частині Добрянського і на заході Щорського районів переважають дерново-слабопідзолисті глейові ґрунти в комплексі з дерново-глейовими і болотними ґрунтами.

У долинах рр. Десни, Снову, Сейму і Дніпра часто зустрічаються дерново-глейові, потужні лугові і торфові ґрунти.

У вигляді окремих і невеликих плям в Понорницькому, Чернігівському, Ріпкинському, Гремячському, Олішевському, Березнянському і Тупичівському районах зустрічаються світло-сірі або сірі опідзолені (лісові) ґрунту.

II. Перехідна зона.

До складу її входять райони: Батуринський, Борознянський, Ічнянський, Комаровський та Ніжинський. Велика частина цих районів має чорноземи опідзолені легкосуглинкові і темно-сірі опідзолені ґрунти. Поряд з ними майже в кожному районі є кілька інших ґрунтових різниць. Наприклад, в Ічнянському та Батуринському районах переважають дерново-слабо- і середньопідзолисті ґрунти, але є і чорноземи потужні, малогумусні, вилужені. В Комарівському районі поряд з супіщаними дерново-середньопідзолистими ґрунтами значну площу займають дерново-глейові, потужні лугові і торфові ґрунти. Ніжинський район має особливо строкатий ґрунтовий покрив. Крім згаданих ґрунтів, тут велике місце займають торф'яні, чорноземно-лугові і карбонатні ґрунти. Легкосуглинкі опідзолені чорноземи тут перемежуються з світло-сірими лісовими і чорноземно-лучними солонцюватими ґрунтами.

III. Лісостепова зона.

До складу лісостепової зони входять райони: Бахмацький, Бобровицький, Варвинський, Дмитрієвський, Іваницький, Лосинівський, Мало-Девицький, Ново-Басанський, Носівський (частина), Прилуцький, Срібнянський і Яблунівський.

Ґрунтовий покрив цієї зони більш одноманітний в порівнянні з центральною і північною частиною області.

Тут основним типом ґрунтів є чорноземи потужні, малогумусні та чорноземи опідзолені, за механічним складом - крупнопилуваті, легкосуглинкові. Інші ґрунтові різниці зустрічаються на невеликих площах.

Наприклад, в Носівському, Бобровицькому та Ново-Басанському районах є торф'яні і дерново-слабопідзолисті супіщані ґрунти. У Лосинівському, Мало-Девицькому, Яблунівському, Середнянському, Прилуцькому та Варвинському районах на загальному тлі потужних, малогумусних чорноземів зрідка зустрічаються торфові ґрунти і лугові солончаки в комплексі з чорноземно-лучними ґрунтами і плямами коркових солонців.

В Бахмацькому, Дмитрівському, Іваницькому районах більшу частину території займають чорноземи опідзолені, чорноземи потужні, малогумусні легкосуглинкові.

З наведеного опису ґрунтів слід, що їх агровиробнича оцінка дуже різна.

Малородючі дерново-підзолисті ґрунти мають потребу в систематичному введенні органічних речовин (гній, люпин, торф), наявних в достатку на місцях.

Малогумусні і опідзолені чорноземи в південній частині області вимагають меншої кількості гною, але вельми чуйні на мінеральні добрива.

Торф'яні, чорноземно-лугові ґрунти потребують для свого покращення в меліоративних заходах.

Рослинний покрив області можна розділити на дві геоботанічні зони: Полісся і Лісостеп.

В Поліссі, яке займає північну частину області, переважають соснові ліси переважно на малородючих піщаних ґрунтах і підвищених ділянках рельєфу. У вигляді домішки зустрічається на більш родючих ґрунтах береза, дуб, липа, клен. На зволжених місцях з близькими ґрунтовими водами зростає вільха.

Трав'яний покрив досить одноманітний: в соснових борах - верес, брусниця, вейник, а в змішаних лісах - папороть, чорниця, суниця.

Південно-східна лісостепова частина області являє собою лісове, безлісне чорноземне плато з типовою степовою рослинністю - ковила,

типчак, горицвіт. Листяні ліси зустрічаються рідко (в балках і по долинах річок) і складаються з граба, липи, ясеня і різновидів дуба.

1.1 Агрокліматична характеристика умов зростання картоплі в Чернігівській області

Агрокліматичні та ґрунтові умови області сприяють зростанню картоплі. Тому посіви картоплі займають близько 12 % посівної площі [1].

Картопля - рослина помірною клімату. Розвиток паростків в ґрунті починається при температурі не нижче 7°C . Для бульбоутворення найбільш сприятливі умови створюються при температурі ґрунту $17-20^{\circ}\text{C}$. При подальшому її підвищенні до 25°C бульбоутворення майже повністю припиняється.

Листя картоплі пошкоджуються короткочасними заморозками близько $-0,5^{\circ}\text{C}$. Зниження температури до $-2, -3^{\circ}\text{C}$ пошкоджує сходи.

До умов зволоження культура картоплі вимоглива.

Недолік вологи в період бульбоутворення різко знижує врожай. Оптимум зволоження для картоплі становить 65-80 % граничної польової вологості.

Посадка всіх сортів виробляється по області за середніми багаторічними з 6 по 13 V, але агрокліматичні умови дозволяють починати посадку в третій декаді квітня.

Зазвичай сходи картоплі з'являються на 24-25-й день, а в окремі роки бувають значні відхилення від 19 до 39 днів. Надалі проходження фаз розвитку, крім бульбоутворення сортів різної стиглості, йде майже одночасно.

У період сівба - сходи в шарі 0-20 см вони дорівнюють 30-33 мм, а в шарі 0-50 см - 72-77 мм, що цілком забезпечує гарне вкорінення сходів.

До серпня - вересня запаси вологи зменшуються.

Найнесприятливішим по зволоженню був 1955 рік. Період бульбоутворення, коли рослина найбільше потребує вологи, запаси продуктивної вологи в шарі 0-50 см були дуже низькі (6-15 мм) і не змогли забезпечити гарного бульбоутворення.

Найбільш сприятливим по зволоженню був 1953 рік. Запаси вологи в шарі 0-50 см не знижувалися нижче 37 мм [1].

Імовірність пошкодження сходів картоплі заморозками виключена навіть при посадці в третій декаді квітня.

Для ранніх сортів важливими є сприятливі умови травня-липня. Температури не вище 20⁰С і достатня кількість опадів (на Чернігівський і Ніжинський сортодільниці).

Так як несприятливі погодні умови можуть бути як в першу, так і в другу половину вегетації, то бажано мати в господарстві кілька сортів різної скоростиглості. У разі неврожаю раннього сорту можна компенсувати його урожаєм пізнього сорту. Так, в Ніжині по раннім сортам був отриманий урожай 98 ц/га, а по пізнім - 164 ц/га. Крім того, наявність різних сортів дозволяє проводити прибирання в різні терміни, не створюючи напруги з робочою силою і транспортом, як це має місце при наявності одного пізньостиглого сорту.

1.2 Розподіл сільськогосподарських угідь і культур в Чернігівській області

Близько 75 % загальної земельної площі області припадає на різні сільськогосподарські угіддя. З них орні землі становлять 50,8 %. На ріллю з зайнятим паром припадає 90 %, на городні землі - 9,5 %, і на перелоги - 0,5 % [1].

У порівнянні з іншими областями тут велика площа зайнята заливними і болотними сіножатями - близько 13 %. Пасовищні угіддя становлять 6,0 %, а сади та ягідники - 0,8 %.

Під тутовими насадженнями зайнято 0,07 %. Полезахисні лісові смуги, а також лісонасадження по ярах займають 1,1 % площі.

Незручні землі становлять 4,57 %, з них: болота 3,4 %, піски 0,7 %, яри і балки 0,47 %.

Решта земельна площа зайнята лісами, чагарниками, вирубками і водоймами.

З великої різноманітності сільськогосподарських культур перше місце по площі займають зернові культури, з них озимі становлять 31,7 % та ярі 28,3 % від усієї посівної площі. Серед озимих культур велику питому вагу має озиме жито.

Ярі зернові та зернобобові культури розподіляються в таких співвідношеннях: овес займає 8,3 %, гречка 6,4 %, кукурудза 4,0 %, ячмінь 3,0 %, просо 2,7 %, горох 1,6 % і вика 1,1 % посівної площі [1].

Чернігівська область є постачальником картоплі для південних областей і Донбасу, тому питома вага цієї культури велика, під нею зайнято 12,6 % посівної площі.

Овочівництво і продовольчі баштанні культури отримали широкий розвиток, особливо в південних районах, і займають 1,2 % площі.

Для забезпечення тваринництва кормами, крім природних сіножатей, великі площі (9,3 %) засіваються кормовими культурами (однорічні трави, кукурудза на силос і зелений корм, кореневі коренеплоди).

Крім того, багаторічні трави, головним чином конюшина, займають 5,5 % площі.

На більш родючих ґрунтах в області висівають технічні культури: цукрові буряки-1,8 %, коноплю (середньоросійську і південну) - 1,4 %, льон-довгунець - 2,3 %, тютюн і особливо махорку-1,0 % посівної площі .

Деякі колгоспи здавна спеціалізувалися на розведенні ефіроолійних і лікарських культур, під якими зайнято близько 2500 га (Прилуцький і Варвинський райони).

Переважання в області малородючих, дерново-підзолистих, супіщаних ґрунтів невідкладно потребує докорінного їх поліпшення. З цією метою широкого розвитку набула культура люпину на зелене добриво. Під цією культурою зайнято 4 % площі, в тому числі 2/3 її під посіви кормового люпину.

Ця культура є досить перспективною в області, зважаючи на її використання в якості кормів і добрива.

Садівництво розвинене по всій області: під садами і ягідниками зайнято близько 1200 га, що не менше ніж в тих областях, де садівництво є провідною галуззю сільського господарства, наприклад, в Кримській.

Велике значення в економіці колгоспів мають такі галузі сільського господарства як бджільництво, шовківництво на базі тутових і дубових насаджень розведення риби і водоплавної птиці в штучних водоймах.

1.3 Кліматичні ресурси території Чернігівської області

Оцінюючи ресурси тепла сумами середньодобових температур повітря за період з температурою вище 10°C , а зволоження - опадами і гідротермічним коефіцієнтом, всю територію області можна розділити на два агрокліматичних райони [1].

Район I - помірно теплий, добре зволожений, характеризується такими показниками: сумами температур $2400-2500^{\circ}\text{C}$ за період з температурами вище 10°C , кількістю опадів, які випадають за цей час 300-340 мм, а протягом всього року 550-620 мм. Гідротермічний коефіцієнт за теплу частину року дорівнює 1,3. Тривалість періоду з стійким сніговим покривом становить 100-105 днів, тривалість періодів з середньодобовою

температурою повітря вище 0°C - 235 - 240 днів, з температурою вище 5°C - 190 - 195 днів, з температурою вище 10°C - 145 - 155 днів, з температурою вище 15°C - 95 - 110 днів. Середня тривалість безморозного періоду дорівнює 150 - 165 днів. Весняні заморозки припиняються в кінці третьої декади квітня, а осінні настають в середині першої декади жовтня.

У цей агрокліматичний район входять такі адміністративні райони: Батуринський, Березнянський, Борзнянський, Городнянський, Гремячський, Добрянський, Комаровський, Коропський, Крюківський, Любецький, Менський, Новгород-Сіверський, Понорницький, Ріпкинський, Семенівський, Сосницький, Холминський, Щорський.

Агрокліматичний район II-помірно теплий, середньо-вологий, характеризується наступними показниками: сумами температур $2500 - 2650^{\circ}\text{C}$ за період з температурами вище 10°C , кількістю опадів, які випадають за цей час 290-320 мм, а протягом всього року 500-590 мм. Гідротермічний коефіцієнт за теплу частину року дорівнює 1,2. Тривалість періоду з стійким сніговим покривом становить 95-100 днів, тривалість періодів з температурою вище 0 ; 5 ; 10 ; 15°C відповідно становить 240, 195 - 200, 155 - 160, 105 - 115 днів. Середня тривалість безморозного періоду 160-175 днів. Весняні заморозки припиняються в першій половині третьої, декади квітня, а осінні настають на початку першої декади жовтня.

Середня багаторічна тривалість безморозного періоду в 160 днів повторюється в 50 % випадків або 5 разів на 10 років, безморозний період в 140 днів відповідно повторюється в 90 % випадків, або 9 разів в 10 років, а період тривалістю в 180 днів - у 10 % випадків (1 раз в 10 років). Таким чином, чим менше тривалість безморозного періоду (в порівнянні з середньою багаторічною), тим більше її повторюваність.

Середня місячна температура є основним показником термічного режиму. При оцінці термічного режиму окремих періодів стосовно сільськогосподарським цілям іноді користуються середніми декадними

температурами. Найхолоднішою порою року є третя декада січня і перша декада лютого. Найбільш теплим періодом року є третя декада липня.

Дата переходу температури через 5°C навесні відповідає відновленню вегетації озимих і багаторічних трав, а восени - припинення вегетації. Період з температурою вище 10°C відповідає вегетаційному періоду пізніх сільськогосподарських культур. Період з температурою вище 15°C найбільш сприятливий для теплолюбних рослин (баштанних, кукурудзи).

Сума позитивних середніх добових температур за період з температурою вище 0°C по області коливається в межах $2785-3050^{\circ}\text{C}$, вище 5°C - $2680-2945^{\circ}\text{C}$, вище 10°C - $2360-2635^{\circ}\text{C}$ і вище 15°C - $1715-2115^{\circ}\text{C}$.

Максимальна температура по області може досягати $37-39^{\circ}\text{C}$. Число днів в році з середньою добовою температурою в межах $20-25^{\circ}\text{C}$ - 34, з середньою температурою $25-30^{\circ}\text{C}$ - 3. Випадків, коли середня добова температура повітря перевищувала б 30°C , за цей період не спостерігалось.

Мінімальна температура повітря нижче 0°C в першій декаді квітня може спостерігатися майже щорічно (9 з 10 років), у другій декаді квітня ймовірність заморозків ще висока і становить 80-90 %. У третій декаді квітня спостерігається різке зниження ймовірності заморозків на півдні (30-40 %), а на півночі зустрічатися 2-3 рази на 10 років (20-30 %).

Засухи найчастіше зустрічаються в липні і серпні, тривалістю 2-3 дні. За вегетаційний період число днів з засухами всіх типів досягає 6-8, а в окремі роки - 16-21. Імовірність років з посухами всіх типів дуже велика - 85-90 % (8-9 раз в 10 років) інтенсивні посухи зустрічаються значно рідше - один-два рази в 10 років.

2 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИСТІ КАРТОПЛІ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Картопля має значення і як технічна культура. Вона використовується на виробництво крохмалю, декстрину, патоки, глюкози, спирту.

Батьківщиною картоплі є Південна і Центральна Америка, на території якої ще 14 тис. років тому почали її культивувати. Найбільшого ж поширення на Земній кулі набули два види - андійський (*Solanum andigenum*) і європейський, або чилійський, (*Solanum tuberosum*). До останнього виду картоплі належать всі вітчизняні сорти.

Світові площі цієї культури складають близько 23 млн. га. В Україні основні посіви сконцентровані в Лісостеповій та Поліській зонах. Середня врожайність бульб становить 150-200 ц/га. На Тернопіллі щорічно висаджується 50-70 тис. га картоплі.

Широке поширення картоплі в світі свідчить про його високу екологічну пластичність. Картопля - культура досить широких температур; чим більше температура середовища росту картоплі відрізняється від температури батьківщини картоплі, тим більше знижується його врожайність. За агрометеорологічною класифікацією він відноситься до культур помірною, вологого клімату і пухких ґрунтів.

На батьківщині культурної картоплі Чилі, вона обробляється в перебігу багатьох тисячоліть в умовах рясного зволоження (до 3000 мм), при середніх добових температурах до 15-16⁰ С, тривалості дня 12-15 годин, вкрай рідкісних заморозків в період вегетації і відносній вологості повітря більше 75%. Отже, картопля в філогенезі пристосувалася до знижених температур, рясного зволоження і середній довжині дня.

2.1 Ботанічна характеристика картоплі

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) багаторічна рослина родини пасльонових (*Solanaceae*). В умовах помірного клімату вирощується як однорічна культура.

Коренева система може бути мичкуватою або стрижневою. Під час розмноження картоплі бульбами формується мичкувата коренева система, а насінням - стрижнева. Корені проникають у ґрунт на глибину 1,5 м.

Стебло прямостояче висотою від 0,5 до 1,5 м, галузиться, ребристе. Картопля утворює кущ з 4-8 стебел. З видозмінених підземних пагонів (столонів) утворюються бульби [22].

Поверхня бульби вкрита вторинною покривною тканиною - корком, на поверхні якого багато невеликих отворів, так званих сочевичок, і вічок. Кожне вічко має три-чотири і більше бруньок.

У бульбі розрізняють верхівку, яка є кінцем, що росте, протилежну частину - пуповинний, або столонний кінець. Розрізняють також верхній більш опуклий і нижній плоскіший боки бульби.

Форма бульб буває різною - видовженою, овальною, округлою та ін. Забарвлення - біле, жовте, рожеве, червоне, синє. М'якуш - білий, жовтий, червоний, синій. Форма бульби та її забарвлення, поряд з іншими характеристиками, є сортовими ознаками культури.

На використанні бульб та їх частин, як садивного матеріалу, ґрунтується вегетативне розмноження картоплі.

Листки картоплі черешкові переривчасто-пірчасто-розсічені. В їх будові виділяють долі, дольки і долечки. Особливості будови листка є характерною ознакою кожного сорту картоплі.

Квітки картоплі п'ятірного типу самоzapильні, зібрані в суцвіття завиток. Забарвлення пелюсток різне - від білого до фіолетового та рожевого.

Плід - м'ясиста багатонасінна ягода. Насіння дрібне, плескате. Маса 1000 насінин близько 0,5 г.

Основними фазами росту картоплі є: садіння, сходи, утворення бокових пагонів, поява суцвіть, цвітіння, кінець цвітіння, в'янення бадилля.

2.2 Відношення картоплі до температури

В умовах достатньої вологості при проростанні бульб коренева система розвивається вже при температурі ґрунту 2 - 4⁰С. Ріст пагонів починається при 6 - 7⁰С. Якщо температура ґрунту на глибині загортання бульб (6-12 см) нижче цієї межі, їх проростання йде повільно, у зв'язку з чим посилюється ураження рослин ризоктоніозом, чорною ніжкою та іншими хворобами, що призводить іноді до загибелі рослин. Від температури ґрунту залежить не тільки початок зростання паростків, а й поява сходів.

Рослина картоплі досить чутлива до дії негативних температур. Сходи пошкоджуються і частково гинуть при температурі -1,5;-2,0⁰С. При поступовому зниженні температури в рослинах збільшується вміст цукру, що підвищує їх стійкість до заморозків до -2,0;-3,0⁰С. Цьому ж сприяє внесення під картоплю підвищених доз калійних добрив, а також і її розвиток в умовах зниженої вологості повітря. Пошкоджені заморозками сходи мають високу регенерацію. Ефективна підгодівля таких посівів азотними добривами (40-60 кг/га діючої речовини).

Бульби картоплі гинуть від заморозків інтенсивністю до -6,0⁰С, але в певних умовах вони здатні переохолоджуватися і переносити без шкоди температури до -7,0⁰С.

Під час впливу екстремальних температур газообмін повністю припиняється. Якщо потім знову настають сприятливі умови, то рослини відновлюють свої функції відразу тільки в найрідших випадках [21].

Пригнічення поглинання CO₂ буває тим більш сильним і тривалим, чим сильніше був мороз і чим довше він впливав. Багаторазове замерзання діє так само, як великі холоди. Для денного нетто-фотосинтезу після морозних

ночей характерно те, що поглинання CO_2 зростає тим повільніше і максимальне поглинання тим нижче, чим холодніше була ніч. Серія нічних морозів усе більше скорочує використовуваний для поглинання CO_2 в денний час і значно знижує продуктивність рослин [21].

До теперішнього часу накопичилася значна кількість даних, що вказують на порівняно високі вимоги бульб до температури в процесі зростання. Встановлено, що бульби, пройшли період спокою і висаджені у ґрунт, починають проростати при температурі не нижче $3,0-5,0^{\circ}\text{C}$. Але при цих температурах корені утворюються слабо, а бульби легко уражуються грибними хворобами. При збереженні на протязі тривалого часу температури на такому рівні нерідко замість проростків у материнській бульбі передчасно утворюються столони, з великою кількістю молодих бульб, тобто відбувається виростання бульб.

Нормальне виростання бульб відзначається при збільшенні температури до $7,0-8,0^{\circ}\text{C}$. У міру подальшого підвищення температури активність виростання бульб картоплі, особливо у вологому ґрунті, різко збільшується.

Краща температура для проростання бульб $18-20^{\circ}\text{C}$. Сходи в цьому випадку з'являються на 10-12 день після посадки, в той час як при стійкому падінні температури нижче $7,0^{\circ}\text{C}$ сходи нерідко з'являються через 30-35 днів і навіть через 50 днів [12].

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

Менш небезпечні знижені температури на початку вегетації, так як у молодому віці рослини картоплі мають гарну регенераційну здатність.

Бадилля картоплі (листя і стебла) при вирощуванні його на помірно вологих ґрунтах краще розвиваються при температурі повітря $18-25^{\circ}\text{C}$. У таких умовах асиміляція двоокису вуглецю і утворення вуглеводів також

відбувається найбільш інтенсивно. При температурі повітря 40 – 41⁰С фотосинтез повністю припиняється [3]. Для ранніх сортів картоплі найбільш сприятливою температурою для утворення бульб є 17⁰С, для середньостиглих сортів 19⁰С.

Рівень оптимальних температур для утворення бульб змінюється і ці зміни в певних межах залежать не тільки від скоростиглості сорту, а й від комплексу зовнішніх умов.

Високі температури гнітюче діють на утворення бульб картоплі. Не вельми сприятливо такі температури впливають на ранні сорти. При вирощуванні картоплі на протязі 2-х місяців при різних температурах і однакових інших умовах відзначено повне припинення утворення бульб у варіантах з температурою ґрунту 29⁰С. У цих дослідах різке гальмування процесу утворення бульб відзначено вже при температурі ґрунту вище 20⁰С.

Як встановлено експериментально [3], рівень температури, крім безпосереднього впливу, має велике значення для ферментативних перетворень вуглеводів, що забезпечують 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 горизонті з 15-20 до 10 – 14⁰С істотно зменшується поглинання нітратів (на 20-60%) і фосфорної кислоти (на 19-33%), внаслідок чого бадилля розвивається слабо [10].

Високі температури в поєднанні з довгим днем викликають «кліматичне виродження» картоплі. Особливо несприятливо діють підвищені температури в нічний час доби. «Кліматичне виродження» картоплі починається при середній температурі повітря в період утворення бульб, що перевищує 18⁰С. При середній добовій температурі від 19 до 21⁰С число дуже тонких і ниткоподібних паростків на бульбах картоплі збільшується і доходить до 20 %. При температурі 24⁰С виродження бульб досягає 50 % і

більше. При температурі вище 25⁰С спостерігається виродження 70 % рослин і більше [27].

2.3 Відношення картоплі до світла і вологи

Рослина картоплі пред'являє високі вимоги до умов освітленості, вона дуже світлолюбна. Навіть при невеликому ослабленні освітлення спостерігається пожовтіння бадилля, ослаблення або відсутність цвітіння, зниження врожайності [3]. Експериментами з штучним затемненням посадок встановлено, що освітленість вважається недостатньою, якщо вона знижується у порівнянні з природною на 33 %. При освітленості, відповідної приблизно 30% природної, відзначено зменшення сухої маси рослин на 38 %. При цьому суха маса стебел збільшувалася на 57 %, а суха маса бульб знизилася на 80 % у результаті чого співвідношення бульби - бадилля різко зменшилося.

За характером фотоперіодичної реакції, картопля віднесена до нейтральних рослин, тобто до таких, які здатні проходити цикл індивідуального розвитку при будь-якій довжині дня. У зв'язку з тим, що у культурних сортів картоплі при короткому дні утворювання бульб прискорюється, а цвітіння при цьому затримується, деякі дослідники відносять її до рослин короткого дня.

В даний час вважається, що всі сорти культурної картоплі здатні зав'язувати бульби і утворювати зачатки квіток при будь-якої тривалості світлового дня, але при короткому дні в температурних умовах середніх широт прискорюється процес утворювання бульб і скорочується тривалість вегетаційного періоду. У таких умовах раніше закінчується ріст стебла, раніше утворюються бульби, але рослини також раніше і відмирають [3].

На ранніх етапах утворювання бульб, за цими ж даними, маса бульб в умовах короткого дня вище, ніж в умовах довгого. Але у зв'язку з тим, що

при довгому дні формується більш потужне бадилля, визначальна кількість продуктів фотосинтезу, що використовуються при зростанні бульб, загальний урожай бульб при довгому дні найчастіше виявляється вище, ніж при короткому.

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

Підвищена вимогливість картоплі до умов освітленості викликає необхідність суворого дотримання оптимальної густоти посадки. В умовах середніх широт потужність світлового потоку у вегетаційний період становить: 55-60 тис. лк в період масових сходів і 41-58 тис. лк в період інтенсивного утворення бульб [22], тобто вона майже в 2 рази підвищує рівень, при якому в польових умовах спостерігається світлове насичення фотосинтезу і тому не є лімітуючим фактором. Встановлено, що оптимальна освітленість у посівах, що забезпечує максимальну продуктивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості, створюється при площі листової поверхні 30-40 тис. м²/га. У таких випадках достатня освітленість рослин забезпечує найбільш повне поглинання сонячної радіації.

Світло і тепло мають значення для розвитку і зростання, і створення врожаю при наявності достатнього зволоження ґрунту і повітря в період вегетації. Вода входить до складу органічних речовин і бере участь у всіх фізіологічних і біологічних процесах. Завдяки транспірації забезпечується рух водного розчину поживних речовин з кореня в листя.

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 обсягом надземної маси, а також врожайністю бульб.

Культура картоплі характеризується і як вельми вимоглива до вологості ґрунту і одночасно як стійка до посухи [22]. Високе споживання картоплею вологи на певних етапах онтогенезу значною мірою визначається тим, що коренева система інших рослин. Розвивається коренева система переважно до глибини 60-70 см.

Експериментально доведено, що на початку і в кінці онтогенезу - періоди сівба - 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 щодо споживання вологи є період від бутонізації до початку в'янення бадилля, тобто період початку та інтенсивного утворення бульб.

Оптимальні умови для накопичення врожаю бульб створюються при безперебійному постачанні рослин вологою, що можливо в тому випадку, якщо вологість ґрунту в зоні поширення основної маси коренів в цей період підтримується на рівні 70-80% повної вологості [22].

Як зазначає А.Г. Лорх [16,17], урожай бульб картоплі ранніх сортів визначається опадами червня, середньостиглих - опадами липня і серпня, а пізніх - опадами липня, серпня і вересня.

2.4 Вимоги картоплі до ґрунту та елементів мінерального живлення

Картопля - культура інтенсивна й найкраще для картопляних плантацій створювати агроземи, тобто ґрунти з потужним технологічним обрієм, властивості якого наведені до оптимальних параметрів засобами меліорації й агротехніки. Дуже добре озивається на поглиблення технологічного обрію ґрунту до 60-90 см - це істотно спрощує завдання забезпечення особливо високого врожаю належною кількістю елементів мінерального харчування, тому що при недостатньо потужному технологічному обрії концентрація ґрунтового розчину виступає

обмежником. Потрібна кількість мінеральних добрив неможливо внести в тонкий технологічний обрій через те, що концентрація іонів навколо усмоктувальних корінь перевищить припустимий рівень. Крім того при підвищених концентраціях добрив у ґрунті збільшує непродуктивні втрати - вимивання, ерозію.

Картопля висуває підвищені вимоги до ґрунту. Ні в однієї іншої культури величина врожаю й особливо збирання не залежать так сильно від водно-фізичних властивостей ґрунту й рівня її родючості.

Найкраще картопля росте на пухких, добре розпушених ґрунтах. Коренева система картоплі інтенсивно дихає, поглинаючи кисню у 5-10 разів більше, порівняно з іншими рослинами.

Картопля - культура пухких, повітряно - і водопроникних, вологоємних, родючих ґрунтів (піщаних, супіщаних, легко - і середньо - суглинних). Чим менше щільність ґрунту в зоні бульбоутворення й краще постачання кореневої системи киснем, тим вище врожай. Для насичення ґрунту достатньою кількістю кисню, його потрібно утримувати в досить розпушеному стані з об'ємною масою не більше 1,0-1,2 г/см³. У перезволожених, ущільнених ґрунтах вміст кисню зменшується до 2%, а вміст вуглекислого газу різко збільшується. За таких умов бульби задихаються і загнивають. На ущільнених ґрунтах погано розвиваються столони, картопля формує дрібні, деформовані бульби [22].

Менш придатні для картоплі - легкі, що швидко втрачають вологу піщані ґрунти, важкі суглинки й перезволожені торфовища.

Краще інших рослин переносить підвищену кислотність ґрунту, але найбільш придатні для нього слабокислі ґрунти.

На більше щільних ґрунтах сходи затримуються й у ряді випадків посадкові бульби загнивають. Тому важливо підтримувати ґрунт у пухкому стані протягом усього вегетаційного періоду. У пухких ґрунтах краще проходить газообмін між ґрунтовим й атмосферним повітрям.

Потреба бульб, що проростають, у кисні в багато разів більше, ніж у насінні інших рослин. Нестача кисню в ґрунті може привести до загибелі бульб, що проростають, а в більше пізній період і дорослі рослини.

Картоплю вирощують на удобрених супіщаних і суглинистих чорноземах, дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах. Для вирощування насіння добре підходять окультурені торфовища. При внесенні високих норм органіки картопля добре родить на легких піщаних ґрунтах. Добрива не можна вносити в піщані ґрунти великими дозами - вони вимиваються. Внесення дрібними дробовими дозами не завжди є повноцінною заміною, тому що без своєчасного дощу такі дози не спрацюють і таке дроблення ускладнює технологію. Оптимальний компроміс для оброблення картоплі на легких ґрунтах - в орієнтації на порівняно менший урожай, але одержуваний з мінімальними витратами праці й засобів. Такий принцип реалізований у суспільному виробництві. Самі великі плантації картоплі розміщуються на легких ґрунтах.

Малопридатні для вирощування картоплі важкі глинисті ґрунти, особливо з близьким заляганням ґрунтових вод. Не підходять також засолені ґрунти, оскільки картопля має дуже низьку солестійкість. Найкраще росте на слабокислих і нейтральних ґрунтах. При рН нижче 5,0 і вище 8,0 вона росте погано. Додаткова потреба в кисні корінь становить близько 1 мг/г сухої речовини. Ще більш високу потребу в кисні потребують столони й ростучі бульби.

Вміст повітря в ґрунті залежить від її шпаруватості й пористості. На добре оброблених структурних ґрунтах шпаруватість становить до 65% обсягу ґрунту.

Шпаруватість значною мірою залежить від щільності ґрунту. Чим ґрунт пухкіше, тим більше її шпаруватість і воздухоємність. Для нормального подиху корінь концентрація кисню повинна бути не менш 5%, для формування й росту бульб - не менш 20% обсягу ґрунтового повітря.

Для росту й розвитку картоплі необхідно підвищена кількість поживних речовин. У складі сухої речовини картоплі налічується 26 різних хімічних елементів. Найбільше потрібні картоплі азот, фосфор, калій, кальцій й магній. Потреба в елементах харчування зростає в міру росту бадилля й досягає максимуму у фазу цвітіння. Картопля відноситься до калієлюбивої культури, на 1 тону бульб він виносить із ґрунту 5 кг азоту, 2 кг P_2O_5 й 9 кг K_2O . З початком відмирання бадилля потреба в елементах харчування поступово зменшується й після її засихання припиняється.

У середньому для формування 1 т бульб рослини із ґрунту виносять 5-6 кг азоту, 8-10 кг калію, 1,5 - 2 кг фосфори, близько 4 кг кальцію й 2 кг магнію.

При низькій агротехніці й невеликому врожаю картопля споживає живильних речовин на одиницю врожаю відносно більше. З поліпшенням умов росту й розвитку, а отже зі збільшенням урожаїв бульб картоплі живильні речовини використовуються ощадливіше. Найбільш інтенсивне споживання мінеральних речовин картоплею припадає на період інтенсивного наростання надземної маси й бульбоутворення.

За зовнішніми ознаками рослини можна судити про нестачу того або іншого елемента харчування.

Головними умовами оптимізації кореневого харчування картоплі є достатня насиченість ґрунту фосфатами, максимальна калієм і мінімальна азотом.

Азот для картоплі особливо важливий навесні, у літній період звичайно вистачає азоту, продукційного ґрунтом, тому мінеральні азотні добрива потрібно вносити ранньою весною, до посадки.

При нестачі в ґрунті азоту підземні органи картоплі розвиваються слабко, листя здобувають блідо - зелене забарвлення й стирчить нагору, знижується врожай і крохмальність бульб. При надлишку азоту спостерігається надмірний ріст бадилля, затримується утворення бульб і подовжується період вегетації. Рослині шкідливі як нестача, так і надлишок

азоту. При нормальному азотному харчуванні рослина краще засвоює калій і фосфор.

Достатнє харчування фосфором сприяє кращому розвитку кореневої системи, раніше наступає період бульбоутворення, збільшується врожай і крохмальність бульб, поліпшуються їхня легкість і насінні якості. При нестачі фосфору затримується розвиток рослин, особливо цвітіння й дозрівання, сповільнюється ріст пагонів і корінь, листи дрібні й вузькі.

Найбільшої уваги вимагає забезпечення картоплі достатнім запасом легкозасвоюваного калію, тому що він не виносить підвищеного вмісту хлору в ґрунті, але з високим урожаєм вимагає так багато калію, що це не можна внести за один раз, обов'язково потрібні підгодівлі. З обліком викладеного під картоплю з осені необхідно вносити 2/3 загальної необхідної дози калію у вигляді хлористого калію, щоб надлишок хлору вийшов з осінньо-весняними водами, що залишилася калій дають у міжряддя після появи сходів, у безхлорній формі, у вигляді сульфату калію. Калій відіграє важливу роль у процесах фотосинтезу, білковому й вуглеводному обміні, істотно впливає на врожайність й якість картоплі, підвищує стійкість до заморозків і хвороб. При нестачі калію листи здобувають бронзове забарвлення, стають зморшкуватими й передчасно відмирають, коренева система розвивається слабкіше, бульби набувають трохи подовжену форму, бувають дрібними.

Для нормального росту й розвитку картоплі й одержання високих урожаїв бульб, необхідні кальцій, магній, залізо, марганець, сірка, мідь, цинк.

Тільки при наявності всіх цих елементів у ґрунті для розвитку картоплі забезпечується його найвища продуктивність [22].

Оптимальна реакція середовища для картоплі - рН 5,5- 6,0, хоча вона здатна краще інших польових культур переносити слабнокислу реакцію. Картопля добре озивається на вапнування сильно- і середньокислих ґрунтів помірними нормами вапна. При вапнуванні ґрунту повною нормою - за гідролітичною кислотністю - картопля може сильно заражатися паршой, що

знижує його товарні й продовольчі якості. Однак у сівозмінах нечорноземної зони поряд з картоплею вирощують культури, строго вимогливі до нейтральної реакції середовища. Без вапнування кислих ґрунтів неможливо забезпечити одержання стійких високих урожаїв таких культур, як пшениця, ячмінь, конюшина, кукурудза, коренеплоди й т.д. Тому при наявності навіть двох-трьох полів картоплі краща сумарна продуктивність сівозміни досягається при вапнуванні кислих ґрунтів по 2/3-3/4 повної норми за гідролітичної кислотності.

Картопля споживає значно більше живильних речовин, чим зернові культури, але менше, ніж цукровий буряк і кормові коренеплоди.

При високій агротехніці в основній зоні оброблення із урожаєм картоплі на кожні 100 ц бульб і відповідна кількість бадилля виноситься 40-60 кг N, 15-20 кг P₂O₅ й 70-90 кг K₂O.

Картопля володіє слаборозвиненою кореневою системою й у перший період росту погано засвоює важкорозчинні живильні речовини із ґрунту. Це обумовлює підвищену чутливість картоплі на внесення добрив. Поглинання елементів харчування картоплею відбувається протягом усього вегетаційного періоду, більше швидкими темпами споживання живильних речовин мають ранні сорти. Найбільша кількість живильних речовин поглинається скоростиглими сортами картоплі під час бутонізації й цвітіння, а середньо- і пізньостиглими - у період інтенсивного зростання бадилля й початку бульбоутворення. Достатнє постачання рослин всіма основними елементами харчування в цей період має виняткове значення для формування врожаю. надлишкове, особливо однобічне, харчування азотом викликає стовбуріння в бадиллі й затримує бульбоутворення. Для утворення бульб використовуються живильні речовини, які надходять у цей період із ґрунту й добрива, так і раніше накопичені в бадиллі. Внаслідок реутилізації живильних речовин до моменту збирання картоплі в бульбах утримується близько 80 % азоту, 90 % фосфору й практично весь калій.

Ефективність добрив залежить від ґрунтового-кліматичних умов, рівня агротехніки й сорту картоплі.

Перше місце по ефективності на дерено-підзолистих ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах займають азотні добрива. Фосфор на цих ґрунтах нерідко діє сильніше, ніж калій.

На звичайних і потужних чорноземах часто на першому місці по ефективності стоїть фосфор, па другому - азот. Незважаючи на велике споживання картоплею калію, ефективність калійних добрив на більшості ґрунтів слабкіше, ніж азотних, а часто й фосфорних добрив. Потреба в калії збільшується при внесенні високих норм азоту й фосфору. У той же час на заплавлених і торф'яних ґрунтах калійні добрива по ефективності займають перше, на піщаних й супіщаних дерено-підзолистих ґрунтах - друге місце після азотних. На цих ґрунтах необхідно вносити більш високі норми калійних добрив навіть при застосуванні гною.

Картопля добре відзивається на внесення гною на всіх ґрунтах, але найбільш високого збільшення врожаю від гною одержують на дерено-підзолистих ґрунтах, особливо піщаних і супіщаних. На потужних чорноземах південних і південно-східних.

Середня норма гною під картоплю на дерено-підзолистих ґрунтах - 30-40 т на 1 га, на чорноземах - 15-20 т на 1 га. Поряд із гноем під картоплю можна вносити торф'янонавозні, торфожіжевіє, торфофекальні й інші компости.

Найбільш високі збільшення врожаю картоплі одержують при спільному внесенні гною або компостів з мінералами, насамперед з азотними й азотно-фосфорними добривами.

На тлі високих норм гною (30-40 т і більше на 1 га) на добре окультурених ґрунтах можна обмежитися внесенням тільки азотних або азотно-фосфорних добрив. Якщо гній під картоплю не вносять, то необхідно застосовувати повне мінеральне добриво в підвищених кількостях.

Ранні сорти картоплі характеризуються більше інтенсивним споживанням живильних речовин і сильніше реагують на добриво. Тому норми мінеральних добрив на тлі гною повинні бути вище під ранні, чим під пізні, сорти картоплі. При цьому особливо важливо вибрати правильне співвідношення між окремими видами добрив. Для одержання ранньої товарної продукції необхідний більше високий рівень фосфорного харчування рослин.

Гній й інші органічні добрива, фосфорні й калійні мінеральні добрива найкраще вносити з осені під зяблеву оранку. Тільки на легких ґрунтах у районах достатнього зволоження весняне внесення добрив дає кращі результати, чим осіннє, що порозумівається вимиванням калію із ґрунту.

Азотні добрива доцільно вносити навесні під переорювання зябу або передпосівну культивуацію. Амонійні й аміачні форми добрив можна застосовувати також з осені.

Велике значення для забезпечення більш сприятливих умов харчування в початковий період росту має локальне внесення добрив у лунки при посадці картоплі. При посадці в гнізда вносять гранульований суперфосфат й аміачну селітру, а також складного й комплексного добрива з розрахунку 20-30 кг буд. в. NPK на 1 га.

На піщаних і супіщаних ґрунтах частина азоту й калію (1/4- 1/3 загальної норми) доцільно перенести в підгодівлю. На інших ґрунтах перенесення частини добрив з основного в підгодівлю, як показують досвіди, викликає зниження ефективності. Тому вносити добрива в підгодівлю картоплі треба тільки, якщо вони не застосовувалися в достатній кількості до посіву. Для підгодівлі картоплі можна використати місцеві добрива - гнойову рідоту (5-10 т на 1 га), пташиний послід (5-8 ц на 1 га), які вносять із негайним закладенням у ґрунт при розпушуванні міжрядь.

Під картоплю рівною мірою застосовують всі форми промислових азотних добрив. На кислих ґрунтах поряд із суперфосфатом як основне добриво можна застосовувати фосфоритне борошно (у полуторних або

подвоєних дозах у порівнянні із суперфосфатом), а також інші фосфорні добрива. По своїй дії на врожай картоплі сульфатні й хлористі форми калійних добрив, як при разовому, так і тривалому застосуванні в сівозміні практично рівноцінні. Однак хлористі форми калійних добрив можуть знижувати відносний зміст крохмалю в бульбах картоплі. Внесення хлорвмісних калійних добрив з осені значною мірою усуває шкідливу дію хлору на картоплю (у результаті вимивання хлору із ґрунту з опадами).

Під впливом фосфорних добрив відносний вміст крохмалю в бульбах може підвищуватися, а під впливом азотних - трохи знижуватися. Однак внаслідок збільшення врожаю картоплі при застосуванні добрив валовий збір крохмалю з одиниці площі завжди зростає [22].

2.5 Сорти картоплі

Сорти картоплі підрозділяються по напрямку використання:

- 1) їдальні, або продовольчі;
- 2) промислові, або заводські;
- 3) кормові, або фуражні;
- 4) універсальні й по строках дозрівання (ранні, або ранньоспілі; середньоранні; середні; середньопізні й пізні).

Сорти столового напрямку (продовольчі) найрізноманітніші по строках дозрівання, від дуже ранніх до пізніх. Така різноманітність обумовлена повсюдною потребою в продовольчій картоплі, бажанням мати свіжа картопля якомога раніше влітку й необхідністю закладати на зимове зберігання, для чого краще годиться пізня картопля. На вибір сорту по скоростиглості впливає клімат, - у районах з коротким без морозним періодом вимушено обробляються тільки ранні, скоростиглі сорти. Головні вимоги до столових сортів стосуються їхньої форми, стану поверхні (потрібні

рівні гладкі бульби із дрібними вічками, зручні для чищення), смакових якостей, відповідності технології готування різних блюд. Селекціонери активно працюють над підвищенням змісту білка в картоплі, але про успіхи поки не повідомляється. Проблема в тім, що при підвищенні змісту білка генетичними засобами в картоплі різко погіршуються смакові якості, по консистенції м'якоть стає схожої на мило.

Промислові (заводські) сорти виводяться для одержання найбільшого виходу крохмалю. Крохмаль широко застосовується сам і служить сировиною для спирту і синтетичного каучуку. Смакові якості й скоростиглість для столових сортів уважаються другорядними [22].

Кормові сорти повинні давати найбільшу кількість кормових одиниць, містити більше білка, давати високий урожай у будь-яких погодних умовах. Це істотна відмінність від заводських сортів - кормова картопля не можна сконцентрувати в районах з підходящим для нього кліматом, де й побудувати завод або фабрику. Худоби треба годувати скрізь, де живуть люди й у будь-яку погоду. Смакові якості й скоростиглість також уважаються другорядними, тому що картопля коштвна у вигляді свіжого корму взимку (улітку свіжих кормів вистачає), а смаки тварин не збігаються з людськими. Одержувати ранню картоплю на корм не вигідно економічно, - трава виросте раніше [28].

Універсальні сорти поєднують якості різних напрямків. Звичайно це досить смачні столові сорти з гарною врожайністю. Застосовуються там, де потреба в кормах невелика. Нераціонально вирощувати спеціалізовані кормові сорти.

2.6 Шкідники та хвороби картоплі

Хвороби та шкідники вражають і ушкоджують досить значну частину врожаю картоплі - близько 50 %. Особливу небезпеку для рослин картоплі представляють фітофтороз, колорадський жук, картопляна нематода, рак картоплі, картопляна міль, вірусні та інші хвороби та шкідники [26].

Чималу шкоду картоплі завдає колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [15]. Відомо, що при знищенні личинками та жуками 50 % листя картоплі (до цвітіння рослин) урожай бульб зменшується в 2-3 рази, а при 100 %-м об'їданні листя - в 6-8 раз. Жук колорадський - небезпечний шкідник картоплі, томатів, баклажанів та інших пасльонових рослин. Шкідником в різного ступеня заселена майже вся територія Європи, в тому числі Україна [5].

Жуки (основна їх маса) зимують в ґрунті на глибині 20-30 см. Навесні, коли ґрунт прогріється до +12 ... +20 ° С, а температура повітря - до +22 ... +25 ° С, починається масовий вихід жуків. Дружному виходу сприяє гарне зволоження ґрунту, особливо теплі дощі. У південних районах жуки з'являються у квітні-першій половині травня, у середній смузі - у другій половині травня - початку червня. Вихід їх розтягнутий і може тривати більше місяця. Це викликає необхідність багаторазових ручних зборів шкідника [15].

Для успішної боротьби важливо вчасно виявити шкідника: не дати йому розмножуватися, завдати шкоди рослинам і сховатися в ґрунті. Як тільки почнуть з'являтися сходи картоплі та інших пасльонових рослин, регулярно і ретельно оглядають не тільки рослини, але й поверхню ґрунту, виявлених жуків, личинок, яйцекладки збирають в посуд з насиченим розчином солі або гасом.

Основний захисний захід у господарствах – обробка картоплі інсектицидами. Доведена доцільність застосування пестицидів на основі фактичної заселеності ділянок картоплі колорадським жуком та граничної

чисельності, при якій є небезпека втрати частини врожаю, що перевищує по витратах заходи на її попередження. В більшості випадків рекомендується проводити хімічну обробку при заселенні більше 5 % кущів 20 і більше особами.

Дія інсектицидів найбільш ефективна з личинками другого і третього віку, коли вони найбільш ненажерливі, вони мають м'який покрив, який легко пропускає потрапляння на них препаратів. Проводять обприскування в ранкові або вечірні години, коли менша сонячна інсоляція, і при відсутності або невеликому вітрі.

Міль картопляна (*Phthorimala operculella* Zeller) - небезпечний карантинний шкідник пасльонових рослин. Невеликий метелик з розмахом крил 12-16 мм, сірого кольору, в стані спокою, крила складені на спині. Самка молі відкладає 100-300 яєць на зелені рослини пасльонових рослин або на бульби та плоди картоплі. Гусениці, які виводяться з них, виростають до розмірів 10-13 мм. Вони білого кольору з жовто-рожевим або сіро-зеленим малюнком, голова - чорна. Лялькування гусениці під ушкодженою рослиною у ґрунті у сірувато-сріблястому кокони довжиною 10 мм. Сама лялечка коричнева. За вегетаційний період шкідник дає 4-5 поколінь.

Шкоду рослинам приносять гусені. Вони поїдають листя, пагони, бульби і навіть плоди, які утворюються з квіток картоплі. При цьому пошкоджені місця куща покриваються павутиною. Часто ненажерливі гусениці молі вгризаються всередину стебел, після чого вони вище цього місця відмирають і виглядають як обпалені. Це дрібна комаха може розмножуватися взимку - в льохах і підвалах і сильно пошкоджувати бульби при зберіганні [23].

При виявленні молі картопляної у вегетаційний період застосовують один з інсектицидів: амбуш, 25 %-й к. е. (норма витрати 2 мл на 10 м²), деціс, 25 %-й к. е. (3 мл), цімбуш, 25 %-й к. е. (1,5 мл на 10 м²) та інші чергування інсектицидів, що належать до різних класів хімічних сполук, що запобігає появі стійких популяцій шкідливих комах.

Багато шкоди завдають личинки жуків - щелкунів, так звані проволочники. Вони продірявлюють бульби, гризуть стебла, столони. В результаті урожай знижується, а бульби погано зберігаються. Сприяють поширенню сухої і мокрої гнилі в картоплі, яка зберігається в насипу. Для проволочників розкладають до висадки приманки у вигляді шматочків бульб, прикопують їх на глибину 5-15 см так, щоб можна було потім вийняти. Приманки перевіряють через 4-5 доби. Бульби з личинками знищують. Глибока обробка ґрунту та збір залишених бульб, знищення бур'янів, особливо пирію, помітно знижують заселені ділянки проволочниками.

Дуже заселені проволочником ділянки обробляють інсектицидами. Личинки щелкунів знищують розчином перманганату калію (2-5 г на 10 л води), поливаючи рослини під корінь (0,5 л). Проволочник не любить затінення і розпушування ґрунту. Тому на ділянках з сильним його заселенням картоплю садять з широкими міжряддями, більше метра. Кущі високо підгортають.

Хрущ (майський жук). Великий жук довжиною 19-31 мм з овальним тілом чорного або червоно-бурого кольору. Личинки хрущів пошкоджують багато овочеві рослини. Їхнє тіло вигнуте у вигляді літери «С», м'ясиста, руда і блискуча голова, на грудях три пари ніг. Живе в ґрунті на глибині 10-12 см, потребує вологи, багаті органічними речовинами землі. Личинки підгризають коріння овочевих рослин і в тому числі картоплі. Розвиваються вони протягом 3-4 років, після чого лялькуються в ґрунті на глибині 30-50 см. В кінці літа з'являються молоді жуки, які залишаються зимувати, а навесні з початком розпускання листя берези вилітають у сутінках. Яйця відкладають в ґрунт купками на глибині 10-15 см через два тижні після вильоту. Через 1 - 1,5 місяці з яєць відроджуються личинки [2].

Хімічні засоби захисту від хрущів відсутні. Застосовують механічний вилов їх, струшування з рослин і знищення. Личинки не переносять зниження температури ґрунту нижче -3°C . У сильні морози очищають сніг у місцях передбачуваного скупчення хрущів.

З метою захисту від капустянки перед весняним боронуванням до висадження картоплі розкидають по поверхні зернові отруєні приманки. На відро вареної пшениці витрачають по 200 г олії соняшникової, цукор і інсектицид (наприклад, фастак з розрахунку 5 г на 10 м²). Боронами злегка закопують приманки в ґрунт, і вже на наступний день капустянка вилазить на поверхню і гине. Таку роботу здійснюють до початку яйцекладки шкідника, пізніше вивести його буде значно важче.

Надземну частину картоплі пошкоджують гусениці совки. У стеблах розвиваються два види совок: картопляна, вона ж болотна, або лілова ярова, і звичайна серцевидна. Ці комахи суттєвої шкоди завдають в окремі роки, в основному на знижених, зволжених ділянках. Шкідливість совок висока, пошкоджені стебла можуть становити 20-30 % загальної кількості. Стебла в'януть і засихають або переламуються у місцях пошкоджених гусеницями. Для захисту картоплі від стеблових совок застосовують комплекс профілактичних і винищувальних заходів.

На бульбах, стеблах і листках картоплі часто зустрічається нематода стеблова (*Ditylenchus destructor* Thome). Вона викликає кущистість і потовщення стебел, укорочення міжвузля. Листя набуває бліднуватого забарвлення, дрібнішає, край листя стає хвилястим. Рослини, пошкоджені нематодами стебловими, відстають у рості. Бульби заражаються від стolonів. У місці виникнення нематод утворюються свинцево-сірі плями, які збільшуються в розмірах, бульби розтріскуються, в них потрапляє грибна або бактеріальна інфекція. Такі бульби загнивають. М'якоть бульби представляє собою трухляву світло-коричневу або буру масу (суха гниль) з характерним металевим блиском. Нематода зберігається в бульбах, тому, щоб не занести інфекцію в ґрунт, їх прогрівають перед висадженням при температурі +18 ... +20 ° C протягом 20-25 діб.

Важливе значення у захисті від нематод має дотримання сівоzmіни, в якому передбачається повернення картоплі на колишнє місце не раніше ніж

через 3-4 роки. З посадкового матеріалу видаляють бульби, пошкоджені стебловою нематодою та іншими хворобами.

До числа особливо небезпечних шкідників, які пошкоджують картоплю, відноситься глободеріз, що викликається картопляно-цистоутворюючою золотавою нематодою - *Clobodera rostochiensis* (WoU). Цей шкідник - об'єкт зовнішнього та внутрішнього карантину. Нематода картопляна - мікроскопічний організм з класу круглих черв'яків. Паразитує на коренях картоплі (рідше на бульбах), на всіх рослинах сімейства пасльонових. Рослини, які пошкоджені нею, відстають у рості та розвитку, листя жовтіє з нижнього ярусу і зморщується, бульби стають дрібними або не утворюються зовсім. Коренева система пошкоджених рослин слабо розвинена, розташована у верхньому шарі ґрунту. В вогнищах сильного зараження до кінця вегетаційного періоду зрідженість посадок досягає до 25 % [5].

Технологічні прийоми захисту включають використання в сівозміні непошкоджених немолодою рослин (жито, пшениця, овес, кукурудза, бобові, капуста, буряк, редис, огірок), заміну сприйнятливих сортів картоплі стійкішими, внесення добрив, а також знищення бур'янів.

Фітофтороз, чи піздня гниль (*Phytophthora infestans* D. B.), одна з самих шкідливих грибних хвороб, яка швидко розповсюджується та різко знижує врожайність картоплі і вражає бульби під час збереження. З'являється частіше всього в кінці липня – серпня, особливо швидко поширюється при різкій зміні денної і нічної температури, що супроводжується значними росами і туманами.

Для захисту від фітофтороза необхідні попереджувальні заходи, починаючи з осені під урожай майбутнього року. Основним джерелом зараження є заражені хворобою бульби. Щоб підняти стійкість картоплі до фітофторозу, бульби в період прогрівання обприскують 1 – 2 рази сумішшю мідного купоросу (2 г) і борної кислоти (до 10 г на 10 л води).

Серед підступних грибних карантинних хвороб найбільше небезпечний рак картоплі *Synchytrium endobioticum* Pers.). Втрати врожаю бульб можуть дуже відчутними, якщо вчасно не прийняти захисні заходи. Хвороба проявляється в вигляді м'ясистих пухлин (наростів) на бульбах, кореневої шийки і столонах. Рідше уражаються стебла, листя і квіти. Спочатку з'являються невеликі, з булавовидною головкою нарости, котрі потім збільшуються в розмірах, іноді досягають 15 – 20 см в діаметрі.

На надземних частинах рослини нарости бувають спочатку зеленого кольору, а на підземних білого. Потім буріють, а згодом чорніють, перетворюються при вологих умовах в слизову гниучу масу. Ріст підземних наростів не помітний за вегетаційною масою, і виявити захворювання можна лише викопавши рослину.

Ракові нарости легко загнивають і, коли розпадаються, залишають в ґрунті велику кількість фітопатогенного гриба, який здатний переносити захворювання на другі ділянки і зберігати життєздатність протягом багатьох (30 – 37) років. Розвиток хвороби сприяє підвищенню вологості ґрунту (більше 80 % НВ) і температури +17...+19 °С.

Комплекс прийомів запобігання раку картоплі включає карантині, технологічні і хімічні міри захисту от інфекції в вогнищах. Заражені бульби, стебла, столони збирають під час уборки врожаю і знижують на території зараженої поверхні.

Знезаражують ґрунт від інфекції за допомогою сівозміни, коли включають в сівозміну пропашні види рослин, що дозволяє за 5 – 6 років очистити ділянку від інфекції. Швидке очищення ґрунту від інфекції при включенні в сівозміну кукурудзи, кореневі відселення якої провокують проростання зооспорангій грибів. Потім їх знищують.

Хороші результати проти захворювання дає внесення сульфату амонію (2 – 3 кг на 10 м²) чи карбаміду (1 – 2 кг на 10 м²), які стимулюють проростання зооспорангій.

В роки прохолодної і тривалої весни ризоктоніоз (парша чорна) (*Rhizoctonia solani* Kuhn) наносить не меншої шкоди, чим фітофтороз. Хвороба переноситься з посадковим матеріалом (бульбами). Спори можуть зберігатися в ґрунті 2 – 3 роки. На бульбах ризоктоніоз з'являється у вигляді випуклих чорних горбків (гриби в стадії спокою). При проростанні бульби в ґрунті розвиваються і вражають проростки, після чого ті часто відмирають і не дають сходів. Прорідженість посадок досягає 20 %.

Бульбову гниль ділять на дві основні групи: бактеріальні (мокра, кільцева, водяниста, тверда чорна) і грибні (фузріозна, фомозна). Збудники першої групи захворювань; бактерії розвиваються на рослинах картоплі в вегетаційний період, збудники другої групи гриби розвиваються як на бульбах, так і на рослинах картоплі.

Основними факторами, які визначають розвиток бактеріозу є температура і вологість, а також кількість опадів за вегетаційний період. Ріст і життєдіяльність збудників бактеріозу можливі при температурі +2...+32 °С, оптимальна температура +21...26 °С. Висока відносна вологість повітря (90 – 100 %) сприяє розвитку бактеріозів, особливо на важких суглинкових ґрунтах. На легких супіщаних ґрунтах хвороба проявляється менше в роки з нестачею вологи в фазі бульбоутворення. Але в вологі роки чорні і мокрі гнилі сильно розвиваються і на супіщаних ґрунтах.

В розвитку всіх бульбових гнилей багато спільних рис. Інфекції в більшості випадків (за виключенням фузаріозної) зимують в бульбах, потрапляють на поле, з хворої посадкової бульби, переміщуються по рослині, потім в столони і бульби нового врожаю. Захист від гнилей картоплі повинен бути комплексним, який охоплює всі етапи вирощування картоплі: підготовка сім'яного матеріалу, догляд за рослиною, збирання і обробка після збирання, зберігання. Він включає в себе і заходи проти хвороб і шкідників, які розвиваються на картоплі в вегетаційний період, так як заражені бульби будуть джерелом гнилі в період зберігання.

3 СУЧАСНИЙ СТАН МОДЕЛЮВАННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЮ КАРТОПЛІ

Фактори зовнішнього середовища діють на інтенсивність фізіологічних процесів, що протікають у рослині. Моделюється ефект цього впливу, взаємозв'язок між окремими процесами на стан рослинного покриву. Моделювання формування врожаю картоплі містить кількісний опис процесів фотосинтезу, перетікання запасних живильних речовин з материнської бульби, дихання, росту й розвитку. Розглядається, що рослина складається з п'яти узагальнених органів - листа, стебла, кореня, бульби, що росте й материнської бульби [27].

Інтенсивність фотосинтезу кожного з фотосинтезуючих органів (листіків і стебел) описується з урахуванням впливу на фотосинтез фази розвитку рослини, інтенсивності ФАР, концентрації CO_2 , температурного режиму у світлий час доби й вологозабезпеченості посадок, а також забезпеченості рослин елементами мінерального харчування [30]. Перетікання запасних речовин з материнської бульби в молоду рослину розглядається пропорційним запасам речовини в материнській бульбі. Поряд з перетоком вуглеводів з материнської бульби, особливістю рослини картоплі є також темнова фіксація CO_2 , що грає досить істотну роль у вуглеводному балансі. Інтенсивність темнової фіксації змінюється в онтогенезі. На ранніх фазах розвитку нічна фіксація CO_2 може становити 15-20 % фотосинтезу о півдні.

Динаміка біомаси описується ростовими рівняннями. Дихання ураховується через витрати на дихання росту й дихання підтримки.

При формуванні врожаю картоплі його зниження найбільше часто відбувається під впливом погодних умов, а також через вплив хвороб і шкідників.

3.1 Моделювання процесів формування врожаю картоплі

Розробка динамічних моделей продуктивності сільськогосподарських культур дозволяє досліджувати вплив агрометеорологічних умов на найважливіші процеси життєдіяльності рослин, пояснити цілий ряд особливостей впливу цих умов на продуктивність рослин, вивчити адаптивні реакції на зміну умов зовнішньої. Ці моделі можуть розглядатися як основу для розробки методів агрометеорологічних розрахунків і прогнозів [27].

Відомо багато динамічних моделей продуктивності різних сільськогосподарських культур, які дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результуючу основних фізіологічних процесів. Розроблено динамічні моделі продукційного процесу картоплі. Важливі роботи з динаміки формування врожаю картоплі залежно від агрометеорологічних умов, що не втратили свого значення дотепер, виконані А.Г. Лорхом [16,17].

У роботі А.М. Польового [20] запропонована динамічна модель продукційного процесу картоплі для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю картоплі. Модель дозволяє розрахувати динаміку формування врожаю, впливу на цей процес основних факторів зовнішнього середовища. Для розрахунку біомаси картоплі запропонована система рівнянь, що описує динаміку біомаси всіх органів рослини, площі листової поверхні. Видимий фотосинтез розраховується залежно від ФАР. У цій моделі враховується також роль материнської бульби. Органічна речовина бульби є не тільки будівельним матеріалом для створення молодих органів рослини - коріння, стебла і листків, але й джерелом енергії, необхідної для перетворення речовин і процесів росту. Особливістю цієї моделі є облік середньодобових значень основних екофакторів, з яких враховуються водний режим ґрунту, радіаційний і тепловий режими, а також ушкодження рослин

інфекцією. Рівень мінерального харчування в розрахунках приймається оптимальним.

Більшу динамічну модель продукційного процесу картоплі (РОТАТО) імітаційного типу розробили Нджи й Луміс. У модель включені всі основні відомості по фізіології картоплі, у результаті чого вона вийшла досить громіздкої. Власне розробка моделі РОТАТО велася з наступними цілями: 1) вивчення закономірностей фізіології рослин; 2) аналіз впливу клімату на врожай; 3) оцінка впливу генотипу на продукційний процес; 4) розробка стратегії керування врожаєм. Автори справедливо вважають важким і навіть неможливим досягти цих цілей тільки шляхом експериментальних досліджень, і моделювання із цього погляду є пізнавальним інструментом.

Модель РОТАТО має ієрархічну структуру. Процеси і їхні параметри включаються в модель на рівні ценозу, рослини й окремого органа. Ураховуються зворотні зв'язки між окремими організаційними рівнями. Зроблено ряд допущень, які зменшують можливості моделі. Вологість ґрунту й мінеральне харчування вважаються не лімітуючими. Досить приблизно враховується сонячна радіація при розрахунку фотосинтезу. При розрахунку фотосинтезу враховується концентрація фонду асимілятів, причому вважається, що інтенсивність фотосинтезу підвищується після початку формування бульб. На цьому рівні використовується світлова крива фотосинтезу з більше високим плато.

Розрахунок росту моделлю РОТАТО починається з появи паростків із ґрунту. У цей час рослини використовують резерви з материнської бульби. Надалі залежно від віку використовуються експериментальні криві росту головного стебла й стеблових вузлів, листків і бульб.

Модель ураховує вплив температури на ріст. Для стеблових вузлів і листків використовуються однакові криві, згідно з якими ріст цих органів починається з температури 4 °С, має максимум при температурі між 20-28 °С і починаючи з температури 28 °С різко сповільнюється.

У модель включена також залежність росту окремих органів від фонду асимілятів. Літературні дані показують, що пріоритет використання асимілятів відбиває близькість того або іншого органа до джерела асимілятів - листкам. Ріст органів виражається у формі лінійних залежностей від стану фонду асимілятів. Ефект впливу фонду асимілятів починає проявлятися тоді, коли на запас залишається 3 % загальної сухої біомаси рослин і досягає максимуму при фонді 6 %. Вплив на ріст бульб починається й набуває максимум при фонді у два рази більшому. Вплив вмісту води в рослинах на ріст ураховується лінійною емпіричною залежністю.

Вміст вуглеводів у фонді асимілятів розраховується як різниця між фотосинтезом і диханням шляхом включення притоку речовин із старіючих органів. За аналогією із загальноприйнятою схемою дихання визначається як сума дихання росту й підтримки. При цьому коефіцієнт витрат на дихання росту для листків дорівнює 0,4 г/г, для стебел, коріння, бульб -0,3 г/г. Для дорослих листків коефіцієнт витрат на дихання підтримки при 25 °С становить 0,0017 г/(г-ч).

Проведено аналіз чутливості моделі, що дозволяє виявити її недоліки й знайти шляхи вдосконалювання. У ході досліджень мінялися вхідні параметри 6 груп: 1) потенційних швидкостей появи органів; 2) метеорологічних факторів; 3) коефіцієнт витрат на дихання росту; 4) коефіцієнт витрат на дихання підтримки; 5) питомої площі листків; 6) густоти посіву й пов'язаних з нею показників. Результати виконаних чисельних експериментів показують, що модель найбільш чутлива до параметрів першої, шостий, а також п'ятої груп факторів. Проміжною чутливістю володіє модель щодо групи метеорологічних факторів, невеликою чутливістю - щодо коефіцієнтів дихання. Звертає на себе увагу порівняно висока чутливість моделі щодо питомої площі листків.

Основним призначенням розглянутої моделі вважається розвиток фізіології рослин.

Використання моделі РОТАТО в агрометеорології й агрономії, особливо в наших умовах, пов'язане з труднощами й вимагає адаптації, у першу чергу тому, що параметри моделі ставляться до південних сортів, а сама модель орієнтована на використання при зрошенні, коли запаси вологи в ґрунті не лімітують фізіологічні процеси.

За основу моделі Рийтема-Ендроті прийнята модель де Віта яка адаптована для розрахунку приросту бульб картоплі в умовах, коли запаси води в ґрунті лімітовані. У цій моделі приріст біомаси визначається по наступній формулі:

$$\Delta m = \frac{0.5 + 4.4}{r_a + r_s + 4.4} S_c \Delta M_{\text{ПОТ}}, \quad (3.1)$$

де $\Delta M_{\text{ПОТ}}$ - потенційний приріст сухої біомаси, г/см²;

0,5 й 4,4 с/см – значення дифузійного опору прикордонного шару r_a й опір мезофіла листків r_m в оптимальних умовах;

r_a й r_s – фактичні значення опору дифузії CO₂ прикордонних шарів й поверхні посіву в умовах водного дефіциту, с/см;

S_c – ступінь покриття поверхні ґрунту рослинами;

C – коефіцієнт, що редукує біомасу, що враховує дихання, вважається рівним 0,68.

Розрахунок урожаю картоплі добре узгоджується з фактичним приростами й кінцевим урожаєм.

Модель А. М. Польового [20], як й інші, є динамічною. Інтенсивність фотосинтезу розглядається по формулі:

$$\Phi = \frac{a\Pi}{1 + B\Pi}, \quad (3.2)$$

де a , b - параметри, що характеризують вид світлової кривої фотосинтезу;

П - поглинена листками ФАР.

Інтенсивність дихання розраховується по формулі:

$$K = c_1 M + c_2 \Phi, \quad (3.3)$$

де c_1 – коефіцієнт витрат на дихання підтримки;

c_2 – коефіцієнт витрат на дихання росту.

У моделі враховується онтогенетична крива зміни фотосинтезу й дихання. При розрахунках інтенсивність фотосинтезу й дихання множиться на коефіцієнти, що відображають вплив температури повітря й вологості ґрунту, що змінюються в межах від 0 до 1.

При розрахунку перетоку запасних речовин з материнського в органи молоді рослини визначається по формулі:

$$P = \chi \cdot M_c, \quad (3.4)$$

де P – швидкість перетоку вуглеводів з материнської бульби, г/(м²сут);

χ - коефіцієнт, що характеризує швидкість перетока, сут⁻¹;

M_c – запаси живильних речовин материнської бульби, г/м².

У моделі також враховується темнова фіксація CO₂, що може становити 15-20 % фотосинтезу о півдні. Інтенсивність гетеротрофної фіксації приймається пропорційної фотосинтезу з урахуванням впливу температури повітря в темний час доби, тобто:

$$D = \varepsilon \omega \Phi \tau \psi_0, \quad (3.5)$$

де D – інтенсивність гетеротрофної фіксації CO₂, г/(дм²ч);

ω - безрозмірний коефіцієнт, співвідношення фотосинтетичної й темної фіксації в онтогенезі;

ψ_0 - безрозмірна температурна крива нічної фіксації CO_2 .

Модель розроблена з метою прогнозу врожайності картоплі й забезпечена програмою для ЕОМ.

Модель Фішмана одна з моделей продукційного процесу картоплі, запропонована для аридних зон. Модель створена на рівні окремої рослини, складається із системи диференціальних рівнянь росту й заснована на концепції фонду асимілятів. Уважається, що фонд пропорційний сухій біомасі, створеної в результаті фотосинтезу. Ураховується також будова рослин.

Параметри моделі автори визначають загальноприйнятим шляхом калібрування або ідентифікації за експериментальним даними. Отримані розрахункові криві біомаси окремих органів добре узгоджується з дослідними даними.

Автори не обмежилися створенням моделі на рівні окремої рослини. Вони будують модель із прикладною метою, щоб мати можливість прогнозувати ріст і врожайність у різних агрометеорологічних умовах при різній агротехніці. Варто погодитися з позицією авторів, що модель прикладного характеру повинна враховувати функціональні процеси в рослинах й умови зовнішнього середовища, але вона повинна бути не занадто складної для використання.

У моделі Інграма й Мак Клоуда урожай бульб визначається наступним вираженням:

$$Y = \int_{\tau_0}^{\tau_K} a_K F_n dt, \quad (3.6)$$

де Y – урожай сухої маси бульб, г/м^2 ;

τ_K - день припинення росту бульб;

τ_0 - початок бульбоутворення;

a_K – частка F_n вхідна в бульби;

F_{Π} – швидкість нетто-асиміляції, г/(м²сут).

Вхідними факторами моделі є середні денні температури повітря, температури ґрунту на глибині 10 см, щільність потоку сонячної радіації.

При розрахунку інтенсивності фотосинтезу F_{Π} вважається, що крім інтенсивності ФАР і температури повітря, вона також у значній мірі залежить від швидкості росту бульб як основних споживачів асимілятів. Так, у фазі росту бульб фотосинтез на основі експериментальних даних вважається в 2 рази вище, ніж у період до появи бульб.

Приріст бульб у фазі їхньої появи розраховується по формулі:

$$\Delta m_4 = m_4 R, \quad (3.7)$$

де Δm_4 - швидкість росту бульб, г/(м²сут);

m_4 - суха маса бульб, г/м²;

R – відносна швидкість росту бульб, г/(г·сут), причому R залежить від температури.

Крім описаних основних, відомий також ряд більше простих моделей, які мають великий крок розрахунку (місяць або більше) і побудовані для рішення конкретних прикладних завдань рослинництва або меліорації [29].

Зокрема, становить інтерес модель для оцінки необхідності осушення або зрошення полів, у тому числі під картоплею, запропонована В.В. Шабановим. Модель приростів просапних сільськогосподарських культур була розроблена П. І. Закржевским у Білорусії. Модель була використана для з'ясування впливу водного режиму (рівнів ґрунтових вод, вологості ґрунту) на врожай цукрового буряка й картоплі вирощуваних на торф'яних ґрунтах осушених боліт.

У роботі Х.Г. Тоомінга й П.Х. Кийва на основі польових експериментальних даних запропонована проста модель для розрахунку врожаю картоплі залежно від сум евапотранспірації. Уперше в цій роботі

дається крива забезпеченості врожайності картоплі в різних погодних умовах.

Голландськими дослідниками створена модель SWACRO, призначена для розрахунку водного балансу ґрунту й продукції бульб картоплі. Модель дозволяє розраховувати фактичний приріст через максимально можливий приріст і значення метеорологічних елементів. Максимальний приріст бульб у ґрунті, добре забезпечений добривами й водою, розраховується як різниця фотосинтезу й дихання. Ураховується фотосинтез стандартного посіву, тобто посіву з листовим індексом, рівним $L=5 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Розрахунок дійсного приросту проводиться через максимально можливий з урахуванням транспірації, дефіциту парціального тиску водяної пари в повітрі й максимальній ефективності використання води. З метеорологічних даних у модель входять денні суми опадів і радіації (або тривалість сонячного сяйва), а також температура повітря, відносна вологість і швидкість вітру. Модель SWACRO дозволяє визначати оптимальну дату посадки, строки й норми зрошення посівів картоплі. За допомогою цієї ж моделі докладно досліджений вплив на врожайність типу ґрунту, її ущільнення й осушення.

Хотілося б підкреслити, що при оцінці моделей головним фактором є не ступінь складності й кількість параметрів, включених у розгляд, а ступінь адекватності моделі для рішення поставленого завдання в конкретних умовах зовнішнього середовища. Адекватність нескладних моделей багато в чому залежить від знання автором досліджуваного об'єкта в контексті свого конкретного завдання.

Посів у моделі розглядається як функціонально диференційоване ціле, у якому виділене п'ять ємностей: листки, стебла, корінь, материнська бульба, бульба нового врожаю (l, s, r, c, R). Крок розрахунків за часом – доба. Добовий приріст біомаси кожного органу рослини визначається процесами росту G_p , дихання D_p , розпаду q_p й відпаду відмерлих тканин P_p :

$$dm_p / dt = G_p - D_p - q_p - P_p, \quad (3.8)$$

де m_p – маса р-го органа, мг/див²; $p \in l, s, r, c, R$.

Під ростом у моделі розуміється новоутворення структурної маси й передбачається, що весь фонд, що сформувався за добу, вуглеводів перетвориться в структурну масу в процесі росту.

Для опису дихання використана двокомпонентна схема. Прийнято, що дихання складається з дихання росту, прямо пропорційного швидкості росту й дихання підтримки, обумовленого величиною вже сформованої маси органа, вологістю й температурою середовища:

$$D_p = R_g G_p + [D_1(1 - \psi_Q) + D_2] m_p \varphi_Q, \quad (3.9)$$

де D_p – дихання р-го органа, мг/(мг·сут);

R_g – коефіцієнт дихання росту;

D_1, D_2 – коефіцієнти дихання підтримки, мг/(мг·сут);

$\psi_Q \varphi_Q$ - волога й температурна функції дихання.

Вплив режиму зволоження на утворення нових тканин рослини здійснюється через два канали: при недоліку вологи в ґрунті – через вустично-катикулярний опір потоку CO_2 , при надлишку – через коефіцієнт перезволоження.

Азотний режим впливає на фотосинтез і ріст у моделі через величину фотохімічного опору фотосинтезу.

У моделі А. Л. М. Ван Віка й Р.А. Федеса моделюється виростання бульб і поява сходів залежно від середньої температури ґрунту й мінімальної температури початку проростання бульб. Добова величина приросту сухої маси при оптимальному азотному харчуванні розраховується по вираженню:

$$\left(1 - \frac{q}{A \frac{T}{\Delta e}}\right) \left(1 - \frac{q}{q_{pot}}\right) = \xi, \quad (3.10)$$

де A – показник максимального споживання води, що визначається польовими експериментами;

T – дійсний рівень транспірації, що дозволяє визначити модель SWATRA;

Δe - дефіцит тиску водяної пари в повітрі;

q_{pot} – потенційний рівень росту, обчислений як показник радіації й площі листка;

ξ - математичний параметр, ($\xi = 0,01$).

У роботі [6] запропонована динамічна модель «погода-урожай», що знаходить все більше застосування для агрометеорологічних завдань. Передбачається, що не міняючи принципову схему моделі, її можна використати для оцінки агрометумов виростання різних сільськогосподарських культур, попередньо визначивши деякі невідомі параметри. У роботі визначалися параметри моделі «погода-урожай» для розрахунків урожаю картоплі. Треба відзначити, що модель для розрахунку врожаю картоплі на цій основі вже створена для умов Нечорноземної зони Росії.

Необхідні для розрахунку врожаю параметри моделі одержують різними способами.

Частина вхідних у модель параметрів визначається безпосередньо для конкретного досвіду або виробничого посіву. До таких відносяться параметри, що характеризують час і місце розрахунку врожаю (широта місця, число днів від 21 березня до початку рахунку, агрогідрологічні константи й т.д.).

Але цілий ряд параметрів моделі може бути отриманий у цей час тільки на підставі експериментального матеріалу по конкретній культурі шляхом рішення або приватних завдань оптимізації, або завдань стохастичної ідентифікації параметрів із залученням всієї моделі.

У дослідженнях визначаються параметри (ростові функції органів рослин картоплі, перетоки асимілятів з різних органів у бульби, частка зеленої площі органів від загальної).

Робота В.В. Набоки ставить за мету визначити параметри динамічної моделі «погода-урожай» і пристосувати її для розрахунку кількісної оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю картоплі в умовах Західного Сибіру.

Значення деяких параметрів узяті з літературних джерел або визначаються для конкретного розрахунку. Однак цілий ряд параметрів моделі може бути оцінений тільки на підставі експериментальних даних шляхом рішення завдань оптимізації.

Остання група параметрів включає: 1) параметри біологічних функцій (ростові функції органів рослин, функції втрат, функції пожовтіння листків, функції розподілу коріння, функції потоку «материнський бульба-наземна частина рослини»); 2) параметри блоку розрахунку вологості ґрунту (константи z_r й q_r для розрахунку функції розподілу коріння по шарах ґрунту, кардинальне значення гідравлічної провідності насиченого ґрунту K_0 , коефіцієнт, що визначає ефективну зволоженість ґрунту при рясних опадах AW); 3) параметри, відповідальні за розрахунок фотосинтезу (кут нахилу світлової кривої фотосинтезу α , константа для розрахунку вустичного опору потоку CO_2).

За допомогою моделі BACROS можна визначити рівень росту й розвитку сухих речовин у врожаї при оптимальних запасах води й живильних речовин без обліку бур'янів, а також шкідників і хвороб.

Було проведено детальне вивчення процесів фотосинтетичної продуктивності, які в наслідку були представлені схематично.

Розрахунок показників фотосинтетичної продуктивності був досягнутий за допомогою показників сонячної радіації, площі листків й їхніх оптичних властивостей.

Для розрахунку дихання були використані наступні показники: біомаса, фенологія й хімічний склад, поточна швидкість росту й температура рослин.

Транспірація визначається за допомогою методу теплового балансу рослин. Розглядається, що ріст залежить від поточної забезпеченості асимілятами їхніх резервів і температури.

Модель ROTATO має аналоги в природі й характеризується високим рівнем фізіологічної й морфологічної деталізації.

У моделі враховується ріст і розвиток всіх головних органів рослини при оптимальному запасі води й живильних речовин без обліку бур'янів, шкідників і хвороб.

Часовий крок моделі - година.

Клімат ґрунту й рослини описуються вхідною інформацією. Транспірація й вологість ґрунту визначаються через зміни вмісту води в рослині.

Швидкість зміни асимілятів у рослині розраховується через фотосинтез, дихання і швидкість росту органів і швидкість мобілізації з відповідних органів: приріст сухої речовини розподілений між коріннями, листками й іншими органами як функція фенологічного розвитку рослин.

3.2 Продуційний процес рослин (ППР)

Продуційний процес рослин (ППР) - це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, у ході яких відбувається формування врожаю. ППР залежить від умов

зовнішнього середовища й сам перетворить середовище, в основному через архітектоніку, газообмін і транспірацію фітоценозу.

Рослини, поглинаючи листками з атмосфери CO_2 і кореневою системою воду із ґрунту, створюють у процесі фотосинтезу під впливом енергії сонячної радіації органічна речовина у вигляді асимілятів. Одночасно відбувається транспірація, що відповідає за постачання рослин водою й елементами мінерального харчування й за регуляцію теплового режиму рослин. Залежно від інтенсивності ФАР, водного й температурного режиму, швидкості вітру, концентрації CO_2 у повітрі, родючості ґрунту й видових особливостей рослин процес фотосинтезу може йти з більшою або меншою швидкістю.

Другий фундаментальний процес - дихання забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних з ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і із транспортом речовин, а також підтримка живих структур органів рослин. При цьому витрачається органічна речовина, накопичена в органах рослин.

Третій фундаментальний процес – ріст. Фотосинтез і ріст розглядається як сполучені процеси. Енергетичне забезпечення ростових функцій з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту. Система донорно-акцепторних відносин є основним проявом інтеграції фотосинтезу й росту на рівні цілого організму. Між донором й акцептором формуються тимчасові проміжні фонди асимілятів. Фонди можуть перебувати в кожному органі, але більше мобільні з них, імовірно, перебувають у листках і стеблах. Асиміляти, запасені на більш тривалий період, здебільшого накопичуються в коріннях. В умовах екологічного стресу, коли придушується фотосинтез, величина фондів стає істотним фактором формування врожаю.

Фонди забезпечують часткову автономність функції фотосинтезу й росту. Можливий обмежений ріст без фотосинтезу за умови, що енергетичне постачання відбувається за рахунок запасних субстратів попереднього фотосинтезу. Таким шляхом ростуть проростки, пагони й листки із бруньок

дерев. Так відбувається ріст у нічні години й т.д. Налив зерна в зернових культурах і формування бульб у картоплі здійснюється також не тільки за рахунок «свіжих» асимілятів, що утворюються в листках, але й шляхом використання фондів асимілятів. Сучасні експериментальні й теоретичні дослідження Х.А. Молдау (1985), Х.М. Торнли (1982) і ін. дозволили розширити наші знання про добову й онтогенетичної динаміки фондів.

Ріст - це складова частина продукційного процесу, що супроводжується збільшенням маси й розмірів органів, органел і живого організму в цілому.

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

$$\Delta M = M_2 - M_1$$

Приріст сухої фітомаси не є вичерпною характеристикою при оцінці росту органів рослин, тому що не враховує хімічний склад фітомаси. Приріст сухої маси відбувається за якийсь часовий інтервал Δt , тому вживається поняття абсолютної швидкості росту:

$$\Delta M / \Delta t = (M_2 - M_1) / (t_2 - t_1) \quad (3.11)$$

і відносного приросту:

$$R_r = (M_2 - M_1) / [\bar{M}(t_2 - t_1)] \quad (3.12)$$

де \bar{M} - середня суха маса рослини за період $t_2 - t_1$.

3.3 Моделювання основних складових продукційного процесу рослин

Інтенсивність фотосинтезу кожного з фотосинтезуючих органів (листіків і стебел) описується за допомогою формули з урахуванням впливу на фотосинтез фази розвитку рослин, температурного режиму й вологозабезпеченості посіву, а також забезпеченості рослин елементами мінерального харчування [20]:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}^i K_{NPK}} + \frac{1}{a_c c_0} + \frac{1}{a_\phi^i n^i}} \min \left\{ a_\phi^i, \psi_\phi^i, \frac{E^j}{E_0^j} \right\}, \quad (3.13)$$

де $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ - інтенсивність фотосинтезу;

Φ_{pot} - інтенсивність потенційного фотосинтезу;

c_0 - концентрація CO_2 у повітрі;

a_ϕ - нахил світлової кривої фотосинтезу;

Π - поглинена і-м органом фотосинтетично активна радіація;

α_ϕ - онтогенетична крива фотосинтезу;

ψ_ϕ - температурна крива фотосинтезу;

E - сумарне випаровування;

E_0 - випаровуваність;

J - часовий крок моделі;

K_{NPK} - коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального харчування, що розраховується за допомогою принципу Лібіха з розрахунком функцій забезпеченості азотом (N), фосфором (P) і калієм (K):

$$K_{NPK} = \min \{K_N, K_P, K_K\}, \quad (3.14)$$

Температурна крива фотосинтезу апроксимована, згідно [2], вираженням:

$$T_d^j = 0.2 \frac{T_d^j - T_{d_o}}{T_{d_{opt}} - T_{d_o}} \left[6 - \left(\frac{T_d^j - T_{d_o}}{T_{d_{opt}} - T_{d_o}} \right) \right], \quad (3.15)$$

де T_d - середньоденна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

T_{d_o} і T_{opt} – відповідно гранична й оптимальна температура повітря для фотосинтезу, $^{\circ}\text{C}$.

У динамічних моделях продукційного процесу рослин зміни інтенсивності фотосинтезу в онтогенезі не враховувалися або враховувалися через емпіричні коефіцієнти. Фотосинтетична активність листків різна на різних етапах онтогенезу окремого листка й рослини в цілому.

Фотосинтетичний апарат у молодих листків, що формуються, будь-якого ярусу сформований ще не повністю й не забезпечує високої інтенсивності фотосинтезу. Цією здатністю він володіє тільки в зрілих функціонуючих листків. В онтогенезі цілої рослини найменшою інтенсивністю фотосинтезу володіють листки у фазі сходів, коли анатомічна структура не забезпечує оптимуму фотосинтетичної активності. Листки, які є фотосинтетично активними в більше пізні фази онтогенезу, відрізняються структурними й фізіологічними характеристиками, оптимальними для їхньої фотосинтетичної активності. Це листки середнього ярусу. Така різноякісність листків по ярусах визначається неодноразовістю їхньої появи й тим, що їхній розвиток пов'язаний з розвитком рослини в цілому.

Зміна фотосинтезу в онтогенезі враховано через функцію, що описує інтенсивність фотосинтезу i -го органа залежно від фізіологічного віку рослини. Ця функція названа «онтогенетичної кривої фотосинтезу».

$$a_{\phi i}^j = \exp \left[-0.01 q_i \left(\sum T^j - \sum T_{li} \right)^2 \right], \quad (3.16)$$

у якому параметр q_i розраховується за формулою:

$$q_i = \frac{-100 \ln \alpha_{\phi i}^o}{\sum T_{1i}}, \quad (3.17)$$

де $\alpha_{\phi i}^o$ - характеризує початкову інтенсивність фотосинтезу стосовно максимального;

$\sum T_{1i}$ - сума ефективних температур, що накопичилася від сходів до настання фази розвитку рослин, у яку спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу i -го органа, $^{\circ}\text{C}$.

Характерна особливість картоплі полягає в тому, що основна маса запасних речовин материнської бульби використовується рослиною в процесі вегетації й значно менша частка розходиться в період проростання. Таким чином, материнська бульба є додатковим джерелом вуглеводів для росту рослини, крім асиміляції CO_2 при фотосинтезі.

Перетікання запасних речовин в органи молодшої рослини в першому наближенні можна записати пропорційним запасам живильних речовин материнської бульби:

$$\Delta P^j / \Delta t = \chi^j m_q^j, \quad (3.18)$$

де $\Delta P^j / \Delta t$ - швидкість перетоку вуглеводів з материнської бульби;

χ - коефіцієнт, що характеризує швидкість перетоку;

m_q - запаси живильних речовин материнської бульби.

Розрахунок перетоку живильних речовин з материнської бульби в органи молодшої рослини ведеться по формулі (3.18). У цій формулі параметр χ характеризує швидкість перетоку. Апроксимуюче вираження для оцінки цього параметра як функції часу отримано за експериментальними даними:

$$\chi^j = \frac{0.035}{9 \cdot 10^{-3} \sum T^j + 1}, \quad (3.19)$$

Другою особливістю рослини картоплі є те, що темнова фіксація CO₂ грає досить істотну роль у вуглеводному балансі. Нефотосинтетична фіксація CO₂ властива не тільки картоплі, а практично всім рослинам, і питання про долю її участі в підтримці вуглецевого й енергетичного балансу рослини є спірним. На ранніх фазах розвитку нічна фіксація CO₂ може становити 15-20 % фотосинтезу о півдні.

Інтенсивність гетеротрофної фіксації приймається пропорційною фотосинтезу з урахуванням впливу температури повітря в темний час доби:

$$\frac{\Delta S^j}{\Delta t} = \varepsilon \omega^j \frac{\Delta \phi^j}{\Delta t} \psi_s^j, \quad (3.20)$$

де $\Delta S / \Delta t$ - інтенсивність гетеротрофної фіксації CO₂;

ω - коефіцієнт, що характеризує співвідношення фотосинтетичної й темної фіксації в онтогенезі;

ψ_s - температурна крива нічної фіксації CO₂.

Дихання росту розглядається пропорційним фотосинтезу посіву:

$$R_G^j = C_G \phi^j, \quad (3.21)$$

де R_G – інтенсивність дихання росту, м·м⁻²·сут⁻¹;

C_G – коефіцієнт, який характеризує витрати, пов'язані з ростом, безрозмірний.

Дихання підтримки структур пропорційно сухій біомасі посіву й залежить від температури й віку рослини:

$$R_m^j = C_m M^j a_R^j \varphi_R^j, \quad (3.22)$$

де R_m – інтенсивність дихання підтримки;

M – суха біомаса посіву, $\text{м} \cdot \text{м}^{-2}$;

C_m – коефіцієнт дихання підтримки, $\text{г}_{\text{св}} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$;

a_R – параметр, що характеризує вплив фази онтогенезу на швидкість дихання, безрозмірний;

φ_R – функція впливу температури повітря на дихання, безрозмірний.

Облік зміни інтенсивності дихання в онтогенезі досить істотний, оскільки рівень дихання газообміну відображає, поряд з біохімічними особливостями протопласта, і ряд анатомо-морфологічних властивостей органа або тканини. Біохімічна активність і структура тканин піддається досить сильним змінам, пов'язаним з віком і розвитком рослини, внаслідок чого значно міняється в онтогенезі й дихання. Найбільше інтенсивно дихають молоді тканини, що ростуть, при старінні рівень дихального метаболізму падає.

В прийнятій структурі моделі дихання оцінюється в цілому органі (наприклад, по всіх листках) і в цьому випадку функція має вигляд одновершинної кривої. Ця функція названа онтогенетичною кривою дихання.

Характер залежності дихання від температури виражається звичайно за допомогою коефіцієнта Q_{10} .

Інший вид запису температурної функції наведений у роботах і використаний у вигляді:

$$\varphi_R = Q_{10}^{0.1(T_A - T_{AO})}, \quad (3.23)$$

де Q_{10} – температурний коефіцієнт дихання, безрозмірний;

T_A – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

T_{AO} – температура, при якій береться початкове (для розрахунку) значення дихання, $^{\circ}C$.

У випадку якщо ставитися завдання оцінки загального приросту біомаси в динаміці, це можна зробити по різниці між фотосинтезом і диханням. Однак вирішальне значення при моделюванні процесу формування врожаю належить оцінці приросту біомаси окремих органів, у тому числі й репродуктивних, тобто розподіл асимілятів між органами.

При описі швидкості змін сухої біомаси окремих органів на підставі [20] прийнята наступна система рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_i^j (\phi^j + P^j + S^j)}{1 + C_{Gp}} - \frac{(\alpha_{Ri}^j C_{mi} \phi_R^j + \nu_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + C_{Gi}} \\ \frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_p^j (\phi^j + P^j + S^j)}{1 + C_{Gp}} - \frac{(\alpha_{Ri}^j C_{mi} \phi_R^j + \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j \tilde{m}_i^j)}{1 + C_{Gi}} \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

де $\Delta m_i / \Delta t$ - швидкість росту і-го окремого органа;

$\Delta m_p / \Delta t$ - швидкість росту бульб;

β_i - ростова функція вегетативного періоду;

C_G – коефіцієнт дихання росту;

α_R - онтогенетична крива дихання;

C_m – коефіцієнт дихання підтримки;

ϕ_R - температурна крива дихання;

ν - ростова функція репродуктивного періоду;

m_i – функціонуюча біомаса і-го вегетативного органа.

У цьому рівнянні дихання росту й дихання підтримки структур окремо не обчислюється, а визначається за допомогою коефіцієнтів C_G , C_m , ϕ_R , α_R .

У період активного росту вся біомаса є функціонуючою, отже, приріст загальної й функціонуючої біомаси однаковий:

$$\frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \geq 0, \quad (3.25)$$

При стресових умовах або природному старінні рослини, коли кількість загальної біомаси знижується, (цей момент визначається на підставі моделі) внаслідок переваги процесів розпаду над процесами синтезу, кількість функціонуючої біомаси визначається як частка загальної біомаси:

$$-\frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} = -\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R_{Si}}, \quad (3.26)$$

де R_{Si} – параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур і рухливих вуглеводів у загальній біомасі органа, безрозмірний.

Розпаду піддаються життєдіяльні структури, які в рослині представлені практично тільки білками. Продукти розпаду білків, а також рухливі вуглеводи пересуваються в репродуктивні органи. Оскільки вміст білка й вуглеводів в органах рослин відомо досить добре, тому й визначення чисельного значення R_{Si} не представляє проблем.

Швидкість зміни площі асимілюючої поверхні i -го органа, як при сприятливих умовах росту й розвитку, і при виникненні стресових умов, а також у період старіння рослин опишемо рівнянням:

$$\frac{\Delta L_i^j}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta \tilde{m}_i^j}{\Delta t} \right) \left(\frac{1}{\sigma_i} \right), \quad (3.27)$$

де σ_i - питома поверхнева щільність i -го асимілюючого органа.

Розрахунок зміни оптимальних значень температури в часі розраховується за формулою:

$$T_{opt} = 9.085 + 19.572 \cdot \tau^j - 10.689(\tau^j)^2, \quad (3.28)$$

$$\tau = \sum t / \sum t_{n.B.}$$

де T_{opt} – оптимальна температура повітря для фотосинтезу, $^{\circ}\text{C}$;

τ - відносний час, відн. од.;

$\sum t$ - сума ефективних температур вище 10°C з наростаючим підсумком від дати сходів, $^{\circ}\text{C}$;

$\sum t_{n.B.}$ - сума ефективних температур вище 10°C за повний період вегетації картоплі, $^{\circ}\text{C}$.

4 МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА

Процес розробки моделей розвитку шкідників можна виділити за аналогією з моделями, що описують вплив гідрометеорологічних умов на продуктивність сільськогосподарських культур, три етапи. Перший етап - описовий. На цьому етапі для встановлення зв'язку між шкідником і факторами середовища відбувається накопичення фактичного матеріалу про особливості їх взаємодії, диференціація теорій, використовуваних для пояснення динаміки популяцій. На другому етапі основна увага приділяється пошуку прямих емпіричних зв'язків між входом і виходом системи шкідник - середовище проживання. В цьому напрямку протягом останніх-20 років найбільш послідовно ведуться дослідження в [12]. Як показники, що характеризують шкідника, при такому підході використовуються статистичні дані заселеності шкідниками сільськогосподарських угідь, обробок, чисельності шкідника на певній фазі розвитку. Стан середовища проживання виражається у вигляді місячних, рідше декадних значень метеорологічних величин за попередній і поточний роки. Теоретичною базою моделей, розроблюваних на третьому етапі досліджень, є розвинені в математичній екології уявлення про популяціях - елементарних структурних одиницях екосистем як про динамічних системах, що розвиваються під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. При цьому під внутрішніми факторами розуміється фізіологічна конституція, спадково закріплена у виду, а під зовнішніми весь комплекс біологічних і абіотичних факторів, що грають для нього роль умов життя. Основним інструментом дослідження динаміки розвитку популяцій, згідно [13], є математичні моделі. При цьому створення математичних моделей будь-якого об'єкта передбачає необхідність виділення найбільш існуючих рис або властивостей об'єкта і подальшого формалізованого їх опису. У задачі моделювання зазвичай присутній два аспекти, перший пов'язаний з самим процесом конструювання моделей,

заснованим на використанні як загальних теоретичних, так і конкретних експериментальних даних; другий полягає в дослідженні уже побудованих моделей і поясненні одержуваних на їх основі результатів. Найчастіше прикладні моделі, розроблені для вирішення задач прогнозування розвитку шкідників, оцінюються тільки за одним критерієм - точності. Водночас, як показано в [12], можливість побудови моделей з високою здатністю, може бути досягнуто тільки за умови достатньої їх спільності та реалістичності. Що застосовуються при моделюванні підходи діляться на дві групи: моделювання з використанням ЕОМ і побудова аналітичних моделей. При побудові прикладних моделей переважає перший з названих підходів, що дозволяє, завдяки використанню обчислювальних можливостей ЕОМ, враховувати максимальну кількість факторів і особливостей конкретного об'єкта. Аналітичний підхід, при якому в силу відомих причин число врахованих факторів не може бути достатньо великим, дозволяє отримувати якісну картину поведінки системи і є теоретичною основою для імітаційних моделей. Фундаментальною властивістю, властивим будь-якій популяції і характеризує її здатність до розмноження, є пристосованість. Вона визначається як питома швидкість росту чисельності (N) або як середнє число нащадків, вироблених однією особиною в одиницю часу (t):

$$\omega(t) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt}, \quad (4.1)$$

У випадку дослідження динаміки не в безперервному, а в дискретному часі пристосованість визначається як відношення її розмірів у послідовні моменти часу:

$$g(k) = \frac{N(k+1)}{N(k)}, \quad (4.2)$$

де g - пристосованість;

k - момент часу ($k = 1, 2, 3 \dots, n$).

Моделювання життєвого циклу шкідника починається з виходу жуків з ґрунту, які перезимували. В якості початку виходу приймається дата

стійкого переходу температури повітря через 10°C . З моменту початку масового виходу імаго з ґрунту і до його закінчення велике значення в динаміці чисельності шкідника відіграють міграції жуків, що визначають швидкість і інтенсивність заселення шкідником посівів картоплі в поточному вегетаційному сезоні. Для оцінки інтенсивності міграцій в цей час використовуються термінові або найбільші значення температури повітря. Інтенсивність і швидкість заселення пропорційні числу днів з сприятливими для польотів жуків умовами. Швидкість дозрівання жуків - добові відсотки розвитку - розраховуються за рівнянням:

$$y^* = \frac{100}{0.22t^2 - 8.738t + 4.1\Delta\tau + 94.6}, \quad (4.3)$$

де - швидкість розвитку в процентах;

t - температура повітря;

$\Delta\tau$ - показник календарного терміну виходу жуків.

В якості початку відкладання яєць приймається дата накопичення суми добових відсотків розвитку, рівний 100 %. При нормальних термінах посадки картоплі, тобто з моменту переходу температури ґрунту на глибині 10 см через 7°C , сходи з'являються раніше дат початку відкладання яєць жуками масового виходу. У зв'язку з цим терміни їх дозрівання можуть вважатися початком періоду продуктивної яйцекладки. До того часу основна маса фізіологічно однорідних імаго встигає вийти з ґрунту, розселитися на посадках картоплі поточного року і підготуватися до розмноження. Подальша поведінка жуків і їх розмноження визначається щільністю заселення та погодними умовами. При щільності заселення імаго не вище 2 екз./м² інтенсивність відкладання яєць визначається рівнем температури, вологістю повітря і довжиною дня. В цей час картопляні рослини знаходяться у фазі репродуктивного росту і мають для шкідника максимальну живильну цінність. Сумарна плодючість обчислюється за виразом:

$$\sum F_{np} = \sum_{S_{ov}^*}^{S_{ov}^{**}} \sum_{10} F(t, \tau), \quad (4.4)$$

як сума декадних сум яєць, що відкладаються за період продуктивної яйцекладки. Поняття продуктивної яйцекладки вводиться через наступні міркування. Самки колорадського жука відкладають яйця протягом досить тривалого періоду часу, проте не з усіх яйцекладок можуть розвиватися імаго, здатні до перезимівлі. Тому частина яєць, в ряді випадків досить значна, не грає жодної ролі в збільшенні чисельності шкідника в наступному році. Отже, продуктивна плодючість завжди менше загальної. Для обліку цієї особливості і введені межі. Межа залежить від терміну виходу жуків, які перезимували і тривалості їх дозрівання. Межа є показником кінця періоду продуктивної яйцекладки і визначається як дата тієї яйцекладки, з якої імаго з'являються до переходу восени температури повітря через 12 °С. В цьому випадку період предпаузного харчування становить 10-15 днів і частина імаго зможе підготуватися до перезимівлі. Для визначення числа особин, котрі гинули за період їх розвитку від яєць до імаго обчислюють середня кількість опадів, що випадають за один день періоду від початку масової яйцекладки (S_{ov}^*) до переходу температури повітря через 12°С восени. Середньо добова кількість опадів множиться на середню тривалість розвитку генерації і обчислюється середній відсоток загибелі μ_1 :

$$\mu_1 = 34.54 \ln Q + 20.29 \ln \sum W - 141.0, \quad (4.5)$$

де Q- середня тривалість розвитку генерації;

$\sum W$ - сума опадів за період.

Загибель імаго за період зимівлі, що залежить від фізіологічного їх стану, визначається за рівнянням:

$$\mu_2 = 74 - 5.6(t - 17.3), \quad (4.6)$$

де μ_2 - відсоток загибелі;

t - середня температура періоду додаткового харчування жуків в межах від 14 до 20,5 °C.

З рівняння випливає що відсоток загибелі може змінюватися від 98 до 57. На заключному етапі розрахунків проводиться обчислення за виразом:

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = K = \int_{t_0}^{t_1} F(x_i) d\tau \left(1 - \frac{\mu_1(C)}{100}\right) \left(1 - \frac{\mu_2(z)}{100}\right) i, \quad (4.7)$$

де N_{t+1} і N_t - чисельність популяції шкідника в два послідовних моменту розмноження;

$\int_{t_0}^{t_1} F(x_i) d\tau$ - середня сумарна плодючість однієї самки як функція

метеорологічних факторів і тривалості розвитку генерації;

$\mu_1(C)$ - середній сумарний відсоток загибелі особин за період розвитку генерації як функція погодних умов;

$\mu_2(t)$ - сумарний відсоток загибелі імаго за період зимівлі як функція фізіологічного їх стану;

i - статевий індекс.

В цьому випадку показник K , можна розглядати як екологічний коефіцієнт розмноження чисельно рівний пристосованості популяції в дискретному часі. Вираз (4.7) являє собою узагальнену модель для опису змін чисельності шкідника під впливом коливань метеорологічних умов в якій структурно об'єднані характеристики динаміки - розмноження і загибель - також у зв'язку з метеорологічними умовами [27].

4.1 Моделювання розвитку популяції колорадського жука та його вплив на продуктивність рослин

Колорадський жук зимує в стадії імаго. При зимівлі шкідника найбільш сприятливі умови складатимуться в легких за механічним складом

грунтах. В цих умовах загибель особин буде найменшою. Для важких ґрунтів характерна більш висока загибель жуків за період зимівлі. Слід зазначити що основна загибель жуків спостерігається в Україні не в період настання низьких негативних температур.

В роботі [8] зазначається що навіть при температурі -13°C на глибині зимівлі жуків не спостерігається підвищеної їх загибелі. Найбільша кількість жуків гине в пізній осінній та ранній весняний періоди. Весняний вихід жуків з ґрунту спостерігається протягом тривалого періоду. Незважаючи на розтягнутість цього періоду в часі основна маса жуків виходить з ґрунту за порівняно короткий період часу. Початок і інтенсивність весняного виходу жуків з ґрунту, які перезимували залежить від багатьох факторів і особливо від погодних умов. У південних районах нашої країни він відзначався в березні на початку квітня, в центральних районах - в квітні-початку травня а в більш північних районах - ще пізніше - в травні-червні. В одній і тій же точці терміни появи жуків, які перезимували в різні роки також змінюється в значних межах. Початок стійкого виходу збігається з встановленням середньодобової температури повітря близькою до 10°C . Для встановлення тривалості періоду дозрівання жуків, які перезимували (період від виходу до початку яйцекладки) використовується наступне рівняння:

$$y = 94.6 + 0.22t^2 - 8.738t + 14.5\Delta\tau, \quad (4.8)$$

$$R = 0.92, S_y = \pm 3,4 \text{ дні},$$

де y - тривалість періоду дозрівання жуків, які перезимували дні;

t - середня за період температура повітря;

$\Delta\tau$ - показник календарного терміну виходу жуків з ґрунту у вигляді різниці в годинах між максимальною довжиною дня (21 червня) і довжиною дня на дату виходу жуків з ґрунту;

R - коефіцієнт множинної кореляції;

S_y - помилка рівняння.

Поведінка жуків, після виходу з ґрунту залежить від їх фізіологічного стану і умов навколишнього середовища. Показником фізіологічного стану є термін виходу жуків з ґрунту. До того як приступити до харчування і розмноженню жуки повинні повністю відновити свій фізіологічний стан властивий періоду активної життєдіяльності. Тривалість відновного періоду залежить від температури і вологості ґрунту в якій зимували жуки [18]. За даними [18] весняний відновний період триває до двох-трьох тижнів. В цей час в організмі імаго відновлюється водний баланс і підвищується тканинний обмін. Період від виходу жуків з ґрунту до початку відкладання яєць називається періодом дозрівання жуків, які перезимували. Температура і вологість впливають на тривалість періоду дозрівання в звичайному для біологічних процесів напрямку - весняні дощі та тепло скорочують його холод і посуха - подовжують [18]. В [12] звернуто увагу на залежність тривалості періоду дозрівання від календарного терміну виходу жуків з ґрунту - чим раніше жуки з'являються на поверхні ґрунту тим через більший термін вони приступають до харчування і яйцекладці і навпаки. Моделювання розвитку популяції колорадського жука проведемо за методом [11]. Розрахунок декадної плодючості самок колорадського жука ведеться за наступним рівнянням з урахуванням температурних меж яйцекладка:

$$K_{pest}^j = 4.87TS1_j + 156.7\tau_q^j - 4.77(\tau_q^j)^2 - 1313, \quad (4.9)$$

K_{pest} - кількість шкідника;

$TS1$ - середня декадна температура повітря;

τ_q - тривалість світлого часу доби.

Для визначення числа особин колорадського жука котрі гинули за період їх розвитку від яєць до імаго обчислюється середня кількість опадів що випадають за один день періоду від початку масової яйцекладки до

переходу температури повітря через 12 °C восени. Середня добова кількість опадів множиться на середню тривалість розвитку генерації і за рівнянням обчислюється середній відсоток загибелі:

$$\mu_1 = 34.54 \ln Q + 20.29 \ln \sum W - 141.0 \quad (4.10)$$

$$R = 0.89, S\mu_1 = \pm 5\%$$

де μ_1 - відсоток загибелі особин за середній період;

Q - середня тривалість розвитку генерації;

$\sum W$ - сума опадів за середній період.

Загибель імаго за період зимівлі що залежить від їхнього фізіологічного стану визначається за рівнянням:

$$\mu_2 = 74 - 5.6(t - 17.3), \quad (4.11)$$

де μ_2 - відсоток загибелі;

t - середня температура за період додаткового живлення жуків в межах від 14 до 20,5 °C.

З рівняння (4.11) випливає, що відсоток загибелі може змінюватися від 0,8 до 57. Тривалість розвитку колорадського жука залежить від температури повітря і її можна визначити за рівнянням:

$$n_{dev} = 0.213(TS1)^2 - 9.77 \cdot TS1 + 126.6, \quad (4.12)$$

$$n_{pu} = 14 - 25^0 C,$$

де n_{dev} - тривалість розвитку шкідника;

TS1 - середня декадна температура повітря.

При моделюванні фотосинтезу вплив колорадського жука на цей процес може бути введено через зміну параметрів формули розрахунку фотосинтезу:

$$\frac{\Delta\Phi_{pest}}{\Delta t} = \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}^j K_{NPK}(1-\rho_{pest})} + \frac{1}{\alpha_c C_0(1-\rho_{pest})} + \frac{1}{\alpha_\phi^i \Pi^i(1-\rho_{pest})}} \times$$

$$\times \min \left\{ \alpha_\phi^i, \psi_\phi^j, \frac{E^0}{E_0^j} \right\} \quad (4.13)$$

де $\frac{\Delta\Phi_{pest}}{\Delta t}$ - інтенсивність фотосинтезу листа ураженої рослини;

ρ_{pest} - частка пошкодженої тканини рослини.

Зміна частки пошкодженої шкідниками тканини рослини є по суті кількістю листової поверхні, якою харчуються шкідники і її можна визначити за виразом:

$$\frac{\Delta\rho_{pest}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta L_{pest}^j}{\Delta t} \cdot \frac{1}{L^j}, \quad (4.14)$$

де $\frac{\Delta L_{pest}}{\Delta t}$ - площа листової поверхні, якою харчуються шкідники;

L - площа зеленої функціонуючої листової поверхні.

Площа листової поверхні, якою харчуються шкідники визначається кількістю шкідників та їх харчової потребою. Її можна описати виразом:

$$\frac{\Delta L_{pest}^j}{\Delta t} = \frac{K_{pest}^j \cdot F_{req}^j}{\sigma_1}, \quad (4.15)$$

де K_{pest} - кількість колорадських жуків;

F_{req} - харчова потреба одного шкідника;

σ_1 - питома поверхнева щільність листків.

Пошкодження рослин шкідниками призводить до зниження як площі листової поверхні так і загальної біомаси листа. Рівняння для розрахунку біомаси листа ураженої шкідником рослини можна записати в наступному вигляді:

$$\frac{\Delta m_{i(pest)}^j}{\Delta t} = \frac{\beta_i^j (\Phi^j + P^j + S^j)}{1 + C_{G1}} - \frac{\alpha_{R1}^j (C_{m1} \varphi_R^j + \mathcal{G}_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + C_{G1}} - K_{pest}^j \cdot F_{req}^j, \quad (4.16)$$

Рівняння (4.16) дозволяє визначити динаміку біомаси листя рослин картоплі при розвитку популяції колорадського жука.

4.2 Параметри блоку розвитку шкідника

Втрати врожаю від шкідників та хвороб повсюдні і значні. У багатьох роботах [6,11] присвячених вивченню методів боротьби з шкідниками і хворобами рослин приділяється увага моделюванню динаміки популяцій відповідних організмів однак при цьому процеси росту і розвитку самих рослин залишаються за межами таких досліджень. Щоб правильно оцінити завдані посівам збитки необхідно стикувати моделі хвороб і шкідників і моделі зростання сільськогосподарських культур. В динамічних моделях формування врожаю цей важливий аспект досі не розглядався. З шкідників посівам картоплі найбільшої шкоди може заподіяти популяція колорадського жука.

Жук з'являється з початку сходів картоплі і поїдає молоді рослини потім відкладає яйця з яких виходять незабаром дуже ненажерливі личинки. Як зазначено в роботі [11] широке поширення колорадського жука пов'язано з високою пристосованістю шкідника до існування при значному діапазоні мінливості температури і вологості середовища проживання. При цьому саме режимом температури і вологості значною мірою визначається рівень чисельності шкідника.

Масовий вихід жуків відбувається при середній добовій температурі повітря 14-15 °С. Нижнім термічним порогом харчування жуків є температура 10 °С.

Таблиця 4.1 - Основні параметри блоку росту

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення
Росту	T_{no} – порогова температура нічний фіксації CO_2	$^{\circ}C$	0
	$T_{n. opt}$ – оптимальна середня нічна температура повітря для темнового засвоєння CO_2	$^{\circ}C$	14
	t_1 – сума температур для розрахунку ростової функції листя	$^{\circ}C$	Полісся 135 Лісостеп 173 Степ 200
	t_s – сума температур для розрахунку ростової функції стебел	$^{\circ}C$	Полісся 236 Лісостеп 302 Степ 350
	t_r – сума температур для розрахунку ростової функції коренів	$^{\circ}C$	Полісся 270 Лісостеп 346 Степ 400
	t_{p1} – сума температур для розрахунку ростової функції бульб	$^{\circ}C$	Полісся 506 Лісостеп 648 Степ 750
	t_{p2} – сума температур для розрахунку початку зростання бульб	$^{\circ}C$	Полісся 236 Лісостеп 302 Степ 350
	C_1 – частка листя в загальній масі	безрозмірна	0,37
	C_s – частка стебел в загальній масі	безрозмірна	0,34
	C_p – частка бульб в загальній масі	безрозмірна	0,27
	C_r – частка коренів у загальній масі	безрозмірна	0,02
	R_s – параметр що характеризує частку життєдіяльних структур і рухливих вуглеводів	безрозмірний	0,30
	U_i – питома поверхнева щільність листя	$г/м^2$	35

Починаючи з цієї температури і до 17 °С розвиток колорадського жука йде при значній смертності. Оптимальна температура для розвитку як личинок так і дорослих жуків 24-25 °С підвищена вологість ґрунту в період розвитку лялечок негативно позначається на їх виживаності. В перезволожених ґрунтах спостерігається висока (до 90 %) загибель лялечок і молодих жуків. Оптимальні умови для розвитку лялечок і молодих жуків створюються при вологості ґрунту близько 30 %. Чисельні значення параметрів блоку розвитку шкідника приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні параметри блоку розвитку шкідника

Блок	Параметр	Одиниця виміру	Чисельні значення
Розвитку шкідника	Частка самок в популяції жуків	безрозмірна	0,5
	Середня температура повітря за 10-денний період після дати виходу жуків з ґрунту	°С	17,3
	F_{req} - харчова потреба одного шкідника	г/добу	0,002

Відомо що одна личинка за період свого розвитку з'їдає до 30 см² листової поверхні або 700-800 мг зеленої маси картоплі. Харчову потребу одного шкідника можна визначити за цим показником. На основі цих даних харчова потреба дорослого жука – імаго, ця величина прийнята рівною 0,002 г/добу. Частка самок в популяції жуків приймається рівної 0,5. Середня температура повітря за 10-денний період після дати масового виходу жуків з ґрунту дорівнює 17,3 °С.

5 ВПЛИВ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА РОЗВИТОК ПОПУЛЯЦІЇ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КАРТОПЛІ В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі були проведені чисельні експерименти з оцінки впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області. Моделювалися посушливі, вологі і середньобагаторічні умови. Посушливі умови моделювалися при низьких опадах і високої температури. Вологі умови моделювалися при високих опадах і низької температури. Дана порівняльна характеристика впливу посушливих і вологих умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в порівнянні зі середньобагаторічними умовами в Чернігівській області. В магістерській роботі необхідно оцінити вплив популяції колорадського жука на формування площі листя картоплі, на біомасу окремих органів рослини картоплі і формування врожайності картоплі в цілому в Чернігівській області. Вивчити плодючість колорадського жука, час початку яйцекладки, тривалість періоду дозрівання жуків. Оцінити вплив вологих і посушливих умов на плодючість колорадського жука і дати порівняльну оцінку з середньобагаторічними умовами.

В життєвому циклі картоплі в агрометеорології враховується чотири з п'яти основних фізіологічних етапів: 1) від посадки до сходів - період формування коренів і пагонів тільки за рахунок запасних речовин материнської бульби; 2) від сходів до початку зав'язування бульб - період росту листя стебел і коренів переважно за рахунок фотосинтезу; 3) період росту бульб частково збігається з триваючим зростанням гички; 4) період відмирання бадилля і посиленого відкладення запасних поживних речовин в бульбах.

Згідно «Наставляння гідрометеорологічним станціям і постам» [19] загальний стан посівів оцінюється в порівнянні зі станом рослин в роки високих врожаїв, враховується потужність рослин, рівномірність посівів, ступінь їх пошкодження несприятливими метеорологічними умовами шкідниками і хворобами. Визначається густина (число кущів на гектар) і висота рослин, ведуться спостереження за приростом гички і бульб і величиною біологічного врожаю. Така система спостережень дозволяє отримувати інформацію необхідну для характеристики процесу розвитку посівів та формування врожаю в залежності від агрометеорологічних умов.

5.1 Порівняльна характеристика формування врожайності картоплі та розвитку популяції колорадського жука при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області

В цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи проведемо порівняльну характеристику середньобагаторічних умов з посушливими умовами в Чернігівській області, розглянемо як відбувався розвиток біомаси окремих органів рослини картоплі, яка була врожайність картоплі і як відбувався розвиток популяції колорадського жука.

Методика оцінки стану посадок картоплі заснована на тому, що динаміка зростання листової поверхні визначає процес формування врожаю. Найбільш сприятливим для отримання високих врожаїв є такий тип динаміки зростання листової поверхні, при якому її оптимальна площа формується швидко і зберігається протягом вегетаційного періоду в активному стані, а потім площа листя значно зменшується або повністю відмирає, віддаючи пластичні речовини на формування бульб [3].

Розглянемо динаміку площі листя картоплі при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області [рис. 5.1]

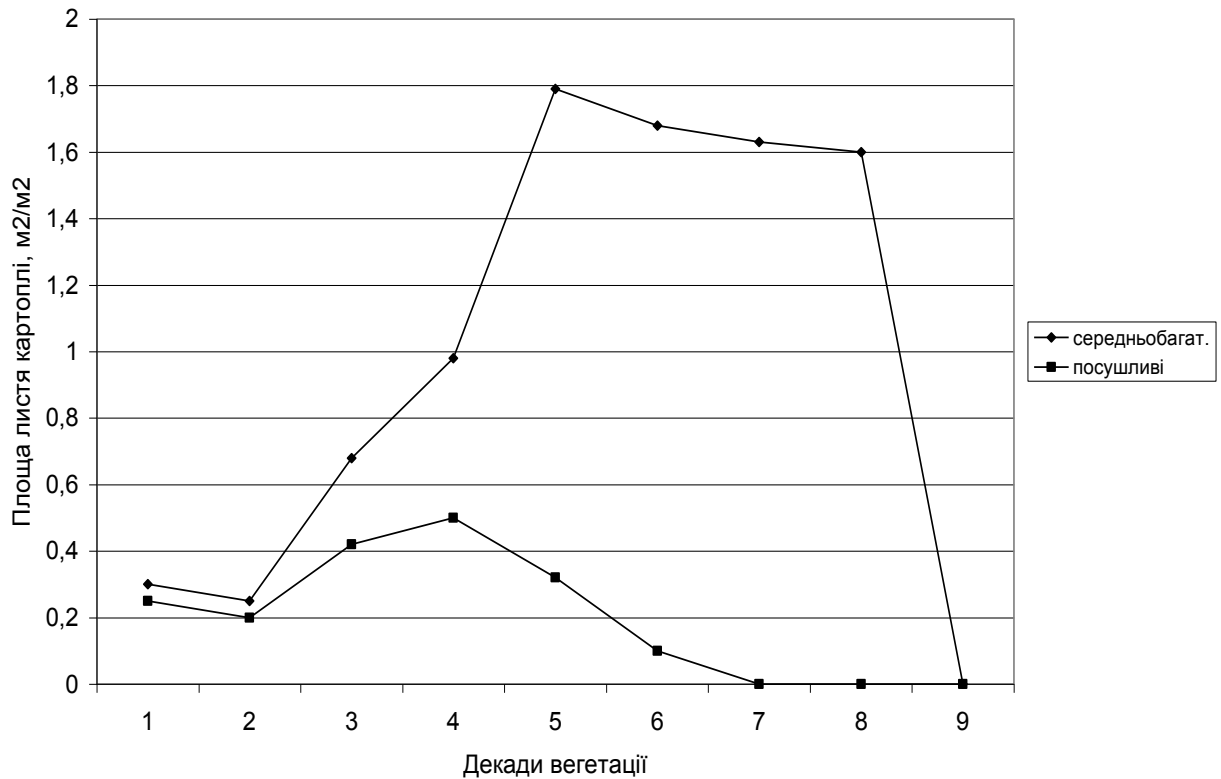


Рисунок 5.1 – Порівняльна характеристика динаміки площі листя картоплі при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області

З рис. 5.1 видно, що площа листя картоплі при середньобагаторічних умовах почала свій розвиток з першої декади вегетації і дорівнювала $0,29 \text{ м}^2/\text{м}^2$, потім площа листя почала інтенсивно збільшуватися і максимум площі листя відзначається в п'яту декаду вегетації і становить $1,76 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Потім площа листя картоплі починає знижуватися і знижується до кінця вегетації. Площа листя картоплі при посушливих умовах почала свій розвиток з першої декади вегетації і дорівнювала $0,27 \text{ м}^2/\text{м}^2$, потім площа листя почала трохи збільшуватися і максимум площі листя відзначається в четверту декаду вегетації і становить $0,50 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Потім площа листя картоплі починає знижуватися і знижується до кінця вегетації. Якщо порівняти площу листя картоплі при середньобагаторічних і посушливих умовах, то можна зробити висновок, що площа листя картоплі при середньобагаторічних умовах буде

на $1,26 \text{ м}^2/\text{м}^2$ більше, ніж при посушливих умовах в Чернігівській області. Посушливі умови дуже гнітюче впливають на площу листя картоплі.

Потреба картоплі у волозі визначається хімічним складом і обсягом надземної маси, а також урожайністю бульб. Культура картоплі характеризується і як вельми вимоглива до вологості ґрунту, і одночасно як стійка до посухи. Високе споживання картоплею вологи на певних етапах онтогенезу в значній мірі визначається тим, що коренева система охоплює значно менший обсяг ґрунту, ніж коренева система інших рослин, - в 1,4 рази в порівнянні з ячменем і в 2,2 рази в порівнянні з цукровими буряками [22]. Розвивається коренева система переважно до глибини 60-70 см.

Високі температури пригнічують бульбоутворення картоплі. Особливо несприятливо такі температури впливають на ранні сорти картоплі.

Швидкість ембріонального розвитку колорадського жука на різних етапах мало змінюється при температурах 17 і 27 °С. При 27 °С ембріональний розвиток закінчувався через 96 годин, а при 17 °С він триває 216 ч, при постійній температурі 23 °С тривалість розвитку яєць становила 144 ч. Температура 17 °С менш сприятлива для розвитку, ніж температура 27 °С [25].

При температурах 20-23 °С розвиток яєць відбувається нормально, проте вже при температурі нижче 20 °С розвиток яєць на пізніх етапах сповільнюється, при 35 °С спостерігається швидка загибель яєць, особливо на ранніх етапах ембріогенезу. Гіротермічний оптимум ембріонального розвитку знаходиться в межах 22-25 °С при відносній вологості повітря 70-75 % [25].

Дослідженнями залежності динаміки накопичення врожаю картоплі від агрометеорологічних умов встановлено, що зростання бадилля і бульб відчуває постійні коливання і при встановленні несприятливих умов різко знижується і навіть зупиняється. Це може спостерігатися при несприятливих погодних умовах, нестачі елементів живлення, пошкодженні посівів

хворобами і шкідниками, накопиченні в ґрунті шкідливих для картоплі з'єднань різних елементів, сильному ущільненні ґрунту.

На рис. 5.2 представлена порівняльна характеристика сухої біомаси бульб картоплі при середньобагаторічних і посушливих умовах в Чернігівській області.

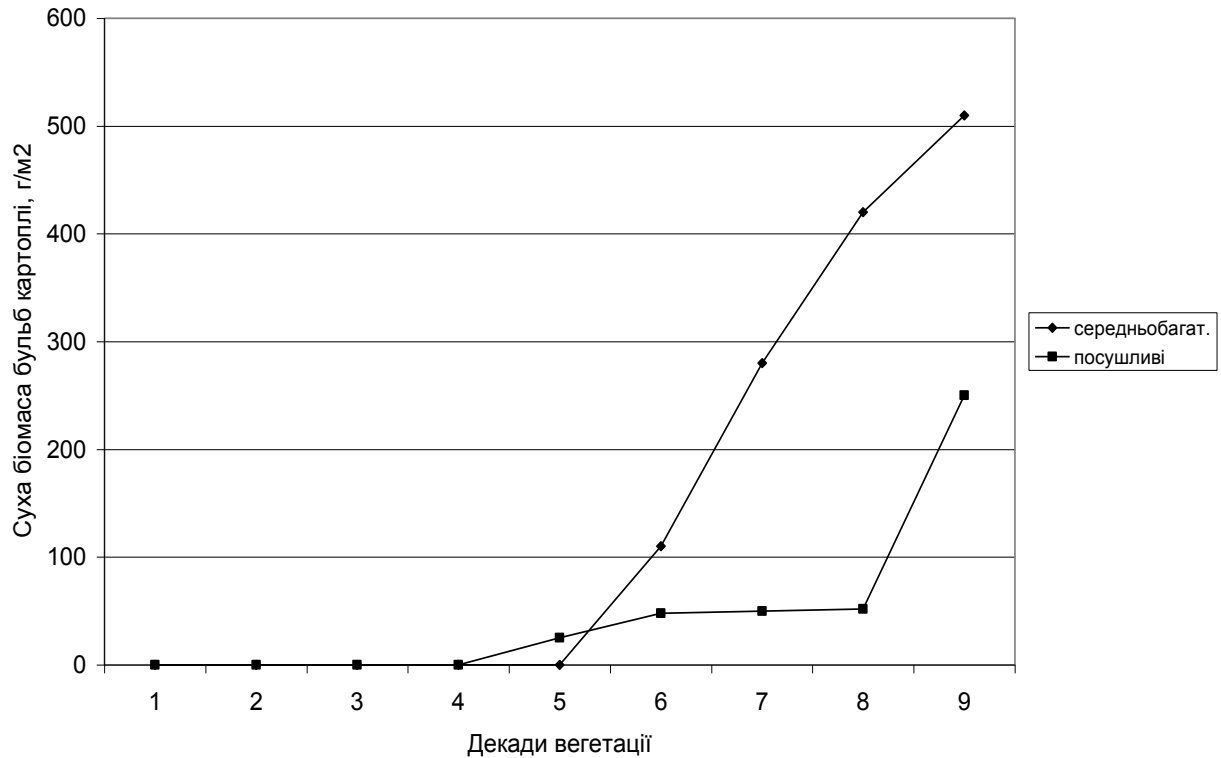


Рисунок 5.2 – Порівняльна характеристика сухої біомаси бульб картоплі при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області

Суха біомаса бульб картоплі при середньобагаторічних умовах почала збільшуватися з шостої декади вегетації і склала 116,88 г/м². Надалі відбувалося збільшення сухої біомаси бульб картоплі до кінця вегетації. В дев'яту декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі збільшилася і стала рівною 509,85 г/м². Це говорить про те, що при середньобагаторічних умовах суха біомаса бульб картоплі розвивалася нормально, були встановлені, сприятливі погодні умови, в ґрунті, в достатній кількості, були необхідні елементи живлення, не відбувалося пошкодження посівів хворобами і

шкідниками. Суха біомаса бульб картоплі при посушливих умовах почала збільшуватися з п'ятої декади вегетації і дорівнювала $23,7 \text{ г/м}^2$. Суха біомаса бульб картоплі при посушливих умовах продовжувала збільшуватися до кінця вегетації і в кінці вегетації в дев'яту декаду склала $251,26 \text{ г/м}^2$. Суха біомаса бульб картоплі при посушливих умовах набирає масу, але не значну, так як посушливі умови негативно впливають на суху біомасу бульб картоплі. Якщо порівняти суху біомасу бульб картоплі при середньобагаторічних і посушливих умовах в Чернігівській області, то суха біомаса бульб картоплі при середньобагаторічних умовах буде на 258 г/м^2 більше ніж при посушливих умовах.

На рис. 5.3 представлена порівняльна характеристика сухої біомаси цілої рослини картоплі при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області.

З рис. 5.3 видно, що суха біомаса цілої рослини картоплі при посушливих умовах збільшувалася з третьої декади вегетації і в кінці вегетації мала масу рівну 75 г/м^2 . При середньобагаторічних умовах суха біомаса цілої рослини картоплі також збільшувалася з третьої декади вегетації і в кінці вегетації склала 540 г/м^2 . Все це говорить про те, що посушливі умови згубно впливають на суху біомасу цілої рослини картоплі, якщо порівняти суху біомасу цілої рослини картоплі при середньобагаторічних умовах з сухою біомасою цілої рослини картоплі при посушливих умовах в Чернігівській області, то різниця буде дуже значна і буде складати 465 г/м^2 .

Колорадський жук належить до видів з повним циклом перетворення. Розвиток цих видів супроводжується проходженням чотирьох фаз: яйця, личинки, лялечки і дорослої фази. Протягом свого індивідуального розвитку, або онтогенезу, комаха проходить два періоди - всередині яйця (ембріональний) і після виходу з яйця (постембріональний) [13].

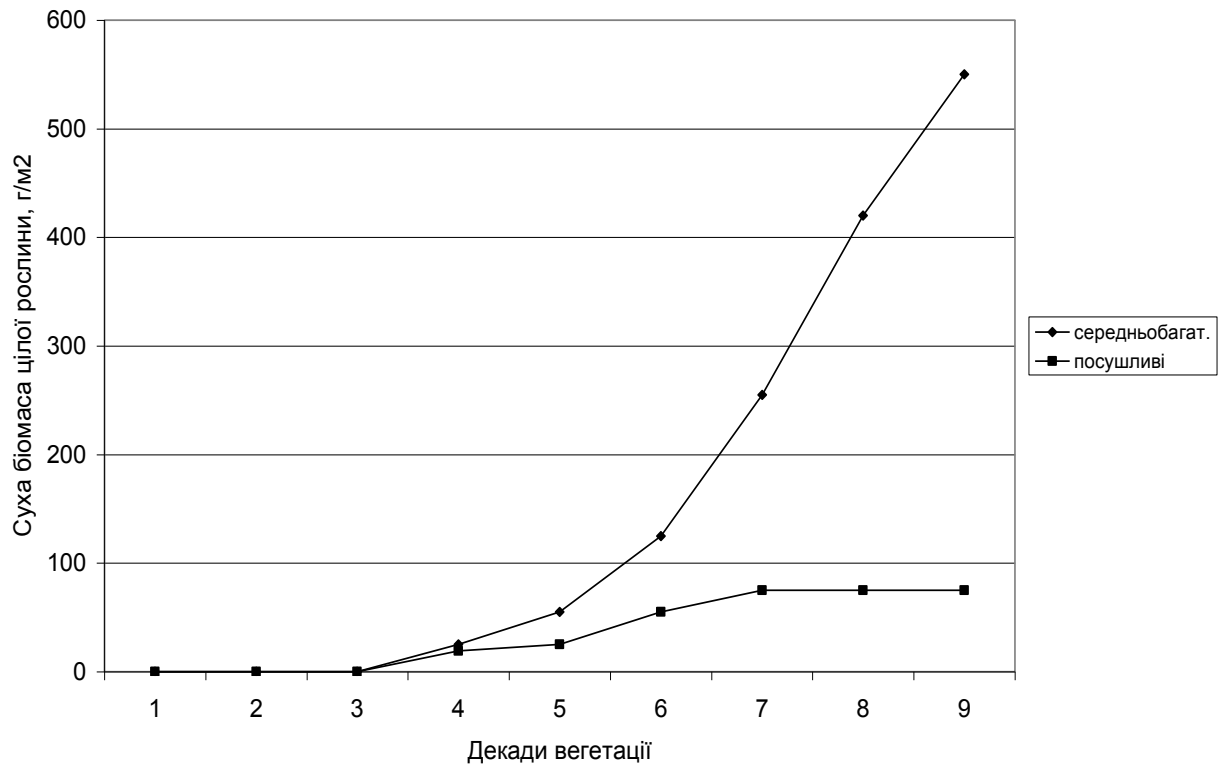


Рисунок 5.3 – Порівняльна характеристика сухої біомаси цілої рослини картоплі при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області

Після виходу з яйця в постембріональний період розвиток колорадського жука протікає з перетворенням однієї фази в іншу, а не є простим зростанням і збільшенням розмірів тіла. Такий тип онтогенезу отримав назву метаморфоз, або розвиток з перетворенням.

Термін виходу жуків з ґрунту має важливе біологічне і господарське значення. Залежно від нього значною мірою перебуває можливість реалізації самками статевого потенціалу, тривалість періоду активності молодих жуків і інтенсивність відходу їх в діапаузу [24].

У період, з якого жуки починають харчуватися, в сонячну теплу погоду відзначається початок спарювання. Навесні в тих випадках, коли запліднення самок мало місце до відходу в діапаузу попереднього вегетаційного сезону, останні можуть приступити до відкладання яєць без додаткового спарювання після декількох днів харчування [25]. Найчастіше

яйцекладка настає через 3 дні або трохи більше після спарювання, повторні спарювання можуть відбуватися через кожні 2-3 дні. Як і спарювання, відкладання яєць відбувається при сонячній погоді, переважно в після полуденні години [13,14].

Залежно від умов середовища і якості їжі, самки, які перезимували можуть відкласти яйця від весни до осені. В умовах помірних широт при помірно теплій погоді яйцекладка найбільш інтенсивна в найтепліші місяці - червень, липень [25].

Максимальна плодючість колорадського жука проявляється при температурі 25 °С, так як при більш високій температурі тривалість життя імаго скорочується.

Дозрівання яєць, в яйцевих трубочках самки, відбувається поступово. Самка відкладає їх партіями протягом всього активного життя. Протягом одного дня вона робить не більше однієї яйцекладки, яка містить від 5 до 80 яєць, середня кількість яєць в одній яйцекладки коливається від 24 до 34 [25].

Поведінка молодих жуків поточного сезону окрилення залежить від фізіологічного стану, індивідуальних особливостей, температури, довжини дня і якості їжі в період після їх виходу з ґрунту. Молоді жуки інтенсивно харчуються, з'їдаючи до 300-500 мм² листкової поверхні в день.

При поєднанні сприятливих умов - температури, довжини дня і якості їжі - колорадський жук в перебігу вегетаційного періоду може розвиватися в двох-трьох генераціях [9].

Загальна плодючість самок колорадського жука залежить від кліматичних умов, якості їжі і фізіологічного стану самок [25].

На рис. 5.4 представлена порівняльна характеристика декадної плодючості самок колорадського жука при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області.

Розглянемо, плодючість самок колорадського жука при середньобагаторічних і посушливих умовах в Чернігівській області. З рис. 5.4

видно, що плодючість самок колорадського жука при посушливих умовах на початку вегетації становить 23 особи на 1 м^2 .

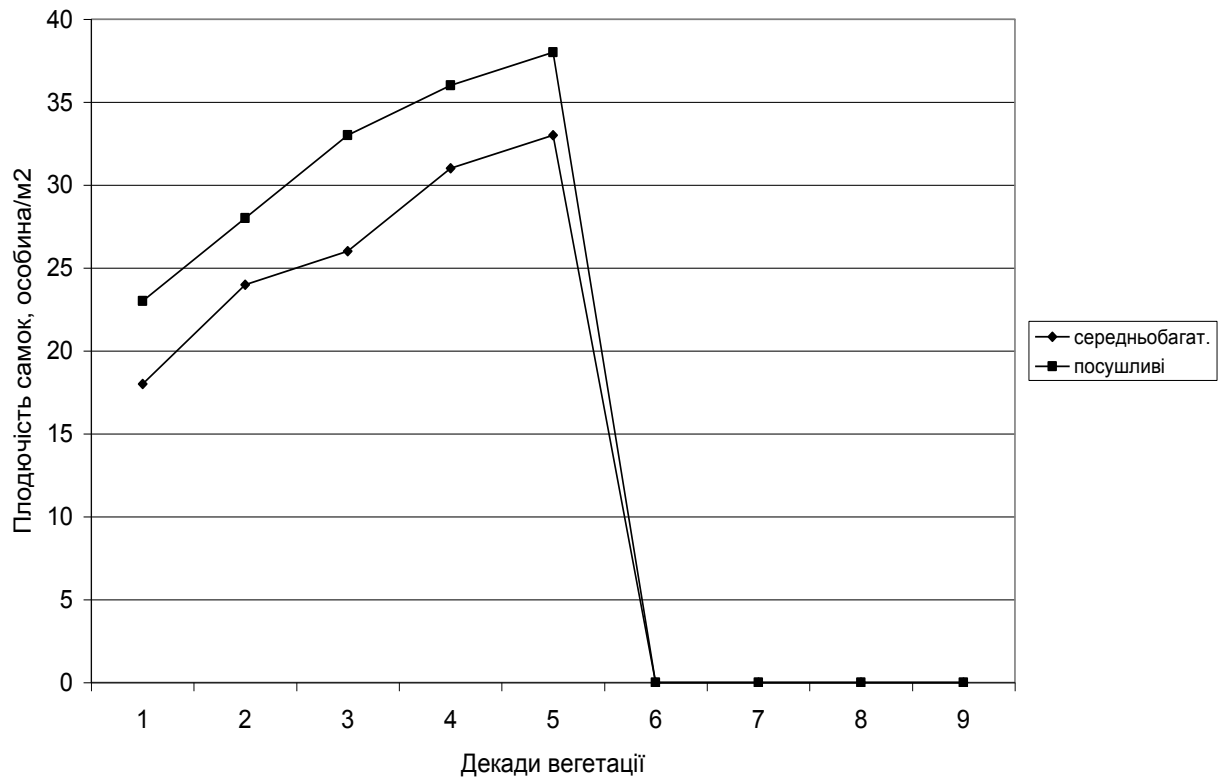


Рисунок 5.4 – Порівняльна характеристика декадної плодючості самок колорадського жука при середньобагаторічних та посушливих умовах в Чернігівській області.

Надалі відбувається подальша плодючість самок колорадського жука, збільшується і до п'ятої декаді вже спостерігається 37 особин на 1 м^2 . Потім після п'ятої декади вегетації плодючість самок колорадського жука припиняється. Це говорить про те, що при високих температурах і невеликих опадах плодючість самок колорадського жука збільшується. При середньобагаторічних умовах плодючість самок колорадського жука починається з першої декади вегетації і становить 18 особин на 1 м^2 . Надалі відбувається подальша плодючість самок колорадського жука, збільшується і до п'ятої декаді вже спостерігається 32 особини на 1 м. Потім після п'ятої декади вегетації плодючість самок колорадського жука припиняється. Якщо

порівняти середньобагаторічні умови з посушливими умовами, то можна зробити висновок: при посушливих умовах плодючість самок колорадського жука більше, ніж при середньобагаторічних умовах.

Після виходу з зимівлі поведінка жуків визначається їх фізіологічним станом та умовами середовища, серед яких вирішальне значення належить температурного фактору. Велике значення для відновлення активної життєдіяльності жуків має також вологість ґрунту, а при дозріванні і відкладання яєць - умови харчування і довжина дня [8].

Фізіологічний стан, температура і інтенсивність сонячної радіації в значною мірою визначають поведінку жуків після їх виходу з ґрунту. У ранкові години жуки стають активними при сонячній погоді вже при 17-18 °С, але в похмуру погоду активність жуків виражена слабо [7].

У табл. 5.1 представлена кількість жуків першої кладки при середньобагаторічних умовах в Чернігівській області.

Таблиця 5.1 - Кількість жуків першої кладки при середньобагаторічних умовах в Чернігівській області

Тривалість періоду дозрівання жуків (число днів від виходу жуків до початку яйцекладки)	Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту, особина/м ²	Загибель жуків після зимівлі, %	Відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки, %
18	2	86	95

З таблиці 5.1 видно, що відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки складає 95 %. Загибель жуків після зимівлі становить 86 %. Тривалість періоду дозрівання жуків становить 18 днів від виходу

жуків з ґрунту до початку яйцекладки. Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту дорівнює 2 особинам на 1 м².

У табл. 5.2 представлена кількість жуків першої кладки при посушливих умовах в Чернігівській області.

Таблиця 5.2 - Кількість жуків першої кладки при посушливих умовах в Чернігівській області

Тривалість періоду дозрівання жуків (число днів від виходу жуків до початку яйцекладки)	Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту, особина/м ²	Загибель жуків після зимівлі,%	Відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки, %
19	3	87	83

З таблиці 5.2 видно, що відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки складає 83 %. Загибель жуків після зимівлі становить 87 %. Тривалість періоду дозрівання жуків становить 19 днів від виходу жуків з ґрунту до початку яйцекладки.

Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту дорівнює 3 особинам на 1 м².

5.2 Порівняльна характеристика формування врожайності картоплі та розвитку популяції колорадського жука при середньобагаторічних та вологих умовах в Чернігівській області

Серед фізичних факторів зовнішнього середовища, що впливають на комах, основне значення мають температура, вологість, світло (інтенсивність, тривалість дії і спектральний склад). Зазначені фактори впливають на всі сторони життєдіяльності колорадського жука, визначаючи швидкість його розвитку, статевого дозрівання, розмноження і плодючість, швидкість споживання корму і його кількість, виживання в період активної життєдіяльності і зимівлі [26].

Кількість опадів має великий вплив на колорадського жука. Неприятливі для збільшення чисельності шкідника райони з річними сумами опадів менше 300 мм і більше 1200-1500 мм [10].

Неприятливими для розмноження колорадського жука умовами є температура вище 27 °С і нижче 14 °С і вологість повітря вище 80 і нижче 40 % [25].

Лялечки колорадського жука чутливі до підвищеної вологості ґрунту, яка негативно діє на їх виживання. Перезволоження ґрунту в шарі розміщення лялечок, а також рясні дощі викликають масову загибель лялечок і молодих жуків.

Сильний негативний вплив на розвиток личинок колорадського жука надає низька відносна вологість повітря. Тривале перебування їх при вологості повітря нижче 30 % не тільки збільшує відсоток загибелі личинок, а й призводить до того, що після припинення живлення вони виявляються нездатними зариватися в ґрунт і в масі гинуть на її поверхні [10].

В цьому розділі магістерської роботи проведемо порівняльну характеристику середньобагаторічних та вологих умов і розглянемо, як відбувався розвиток біомаси окремих органів рослини картоплі, яка була

врожайність картоплі та як відбувався розвиток популяції колорадського жука в Чернігівській області.

Нами моделювалася залежність розвитку популяції колорадського жука від температури і опадів. Розглянемо вплив вологих умов на розвиток популяції колорадського жука і на формування врожайності картоплі в Чернігівській області.

Необхідно оцінити вплив вологих умов на плодючість колорадського жука, визначити загальне число жуків після виходу з ґрунту, визначити відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки і дати порівняльну оцінку з середньобагаторічними умовами.

Межі та оптимум гідротермічних умов колорадського жука на різних фазах його розвитку досліджувалися як в лабораторних, так і в польових умовах.

Нижній температурний поріг, розвитку яєць, личинок і лялечок колорадського жука дорівнює $11,5^{\circ}\text{C}$. Нормальний розвиток зародка йде при температурах від 17 до 33°C . Оптимальні ж гідротермічні умови, при яких ембріональний розвиток проходить з найбільшою швидкістю при мінімальній смертності, створюються при температурі $22-25^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря $70-75\%$.

На повноту відродження личинок негативний вплив робить відносна вологість повітря вище 85 і нижче 40% . При цьому негативний вплив високої вологості посилюється при відхиленні температури від оптимальної в сторону більш низьких її значень, а низькій вологості - при більш високих значеннях температури в порівнянні з оптимумом.

Оптимальні умови для життєдіяльності імаго колорадського жука складаються при температурі близько 25°C і відносній вологості повітря $60-75\%$. Максимальна кількість яєць самка жука відкладає при температурі $23-25^{\circ}\text{C}$. Несприятливими для розмноження умовами є температура вище 27 і нижче 14°C і вологості повітря вище 80 і нижче 40% [7].

Сезонна мінливість фізіологічного стану колорадського жука особливо проявляється в показнику холодостійкості шкідника на різних стадіях його розвитку і в різні періоди життєвого циклу. Всі фази розвитку колорадського жука - яйця, личинки, лялечки, а також імаго в період активної життєдіяльності, відрізняються зниженою стійкістю до дії низьких позитивних і негативних температур. Загибель яєць і личинок відбувається вже при короткочасному впливі температури нижче 0°C , дорослі особини при таких умовах зариваються в ґрунт або знаходяться на її поверхні в стані холодового заціпеніння [10].

Найбільш стійкими до дії негативних температур є жуки, які пройшли преддіапаузну підготовку, яка полягає в накопиченні жирового запасу, зниженні вмісту вільної води в організмі і збільшення їх маси в результаті активного харчування. Недостатньо підготовленою до зимівлі виявляється та частина популяції шкідника, яка йде в ґрунт під дією зниження температури.

Розглянемо, як відбувається загибель колорадського жука від температури. На рис. 5.5 представлена загибель колорадського жука від температури в Чернігівській області.

Залежність загибелі колорадського жука після зимівлі від температури в Чернігівській області дана на рис. 5.5. З рисунка видно, що загибель колорадського жука після зимівлі при температурі 11°C складає 100 %. При збільшенні температури загибель колорадського жука значно знижується, так при температурі 17°C загибель колорадського жука зменшується і становить 75 %. При подальшому збільшенні температури загибель колорадського жука знижується, так, при температурі 21°C загибель колорадського жука становить 53 %. Рис. 5.5 говорить про те, що, при стійкій сприятливій температурі, а з рисунка видно, що така температура це 21°C , загибель колорадського жука після зимівлі буде мінімальною.

На рис. 5.6 представлена порівняльна характеристика динаміки площі листя картоплі в Чернігівській області при середньобагаторічних та вологих умовах.

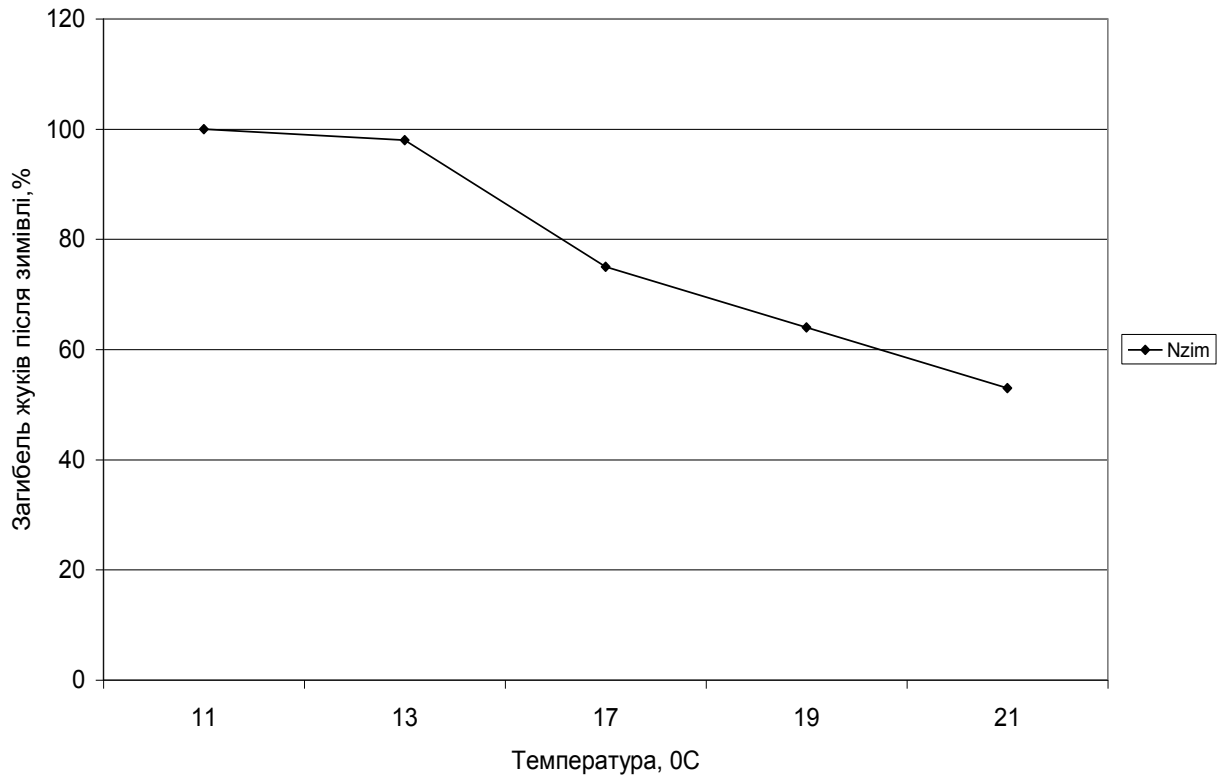


Рисунок 5.5 - Загибель колорадського жука від температури в Чернігівській області.

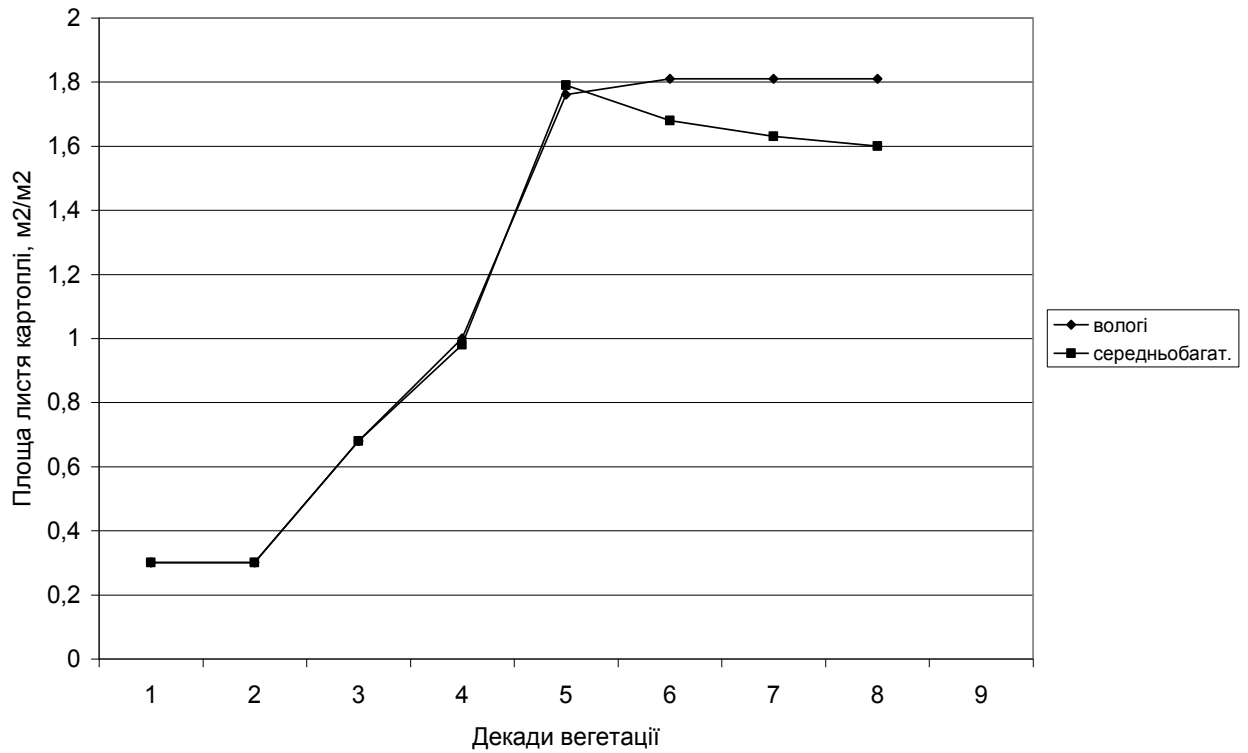


Рисунок 5.6 – Порівняльна характеристика динаміки площі листя картоплі при середньобагаторічних та вологих умовах в Чернігівській області

З рис. 5.6 видно, що при вологих умовах площа листя картоплі досить добре розвивається, навіть краще, ніж при середньобагаторічних умовах. Максимум при вологих умовах помічений в шосту, сьому та восьму декаду вегетації дорівнює $1,81 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Це говорить про те, що вологі умови добре впливають на площу листя картоплі. При середньобагаторічних умовах в Чернігівській області площа листя нормально розвивалася протягом всієї вегетації і досягла максимуму в п'яту декаду вегетації, потім трохи знизилася. Максимум помічений в п'яту декаду вегетації дорівнює $1,76 \text{ м}^2/\text{м}^2$. З рисунка можна зробити висновок, що на площу листя картоплі добре впливають вологі умови, при вологих умовах площа листя картоплі буде більша ніж при середньобагаторічних умовах.

На рис. 5.7 представлена порівняльна характеристика сухої біомаси бульб картоплі при середньобагаторічних і вологих умовах в Чернігівській області.

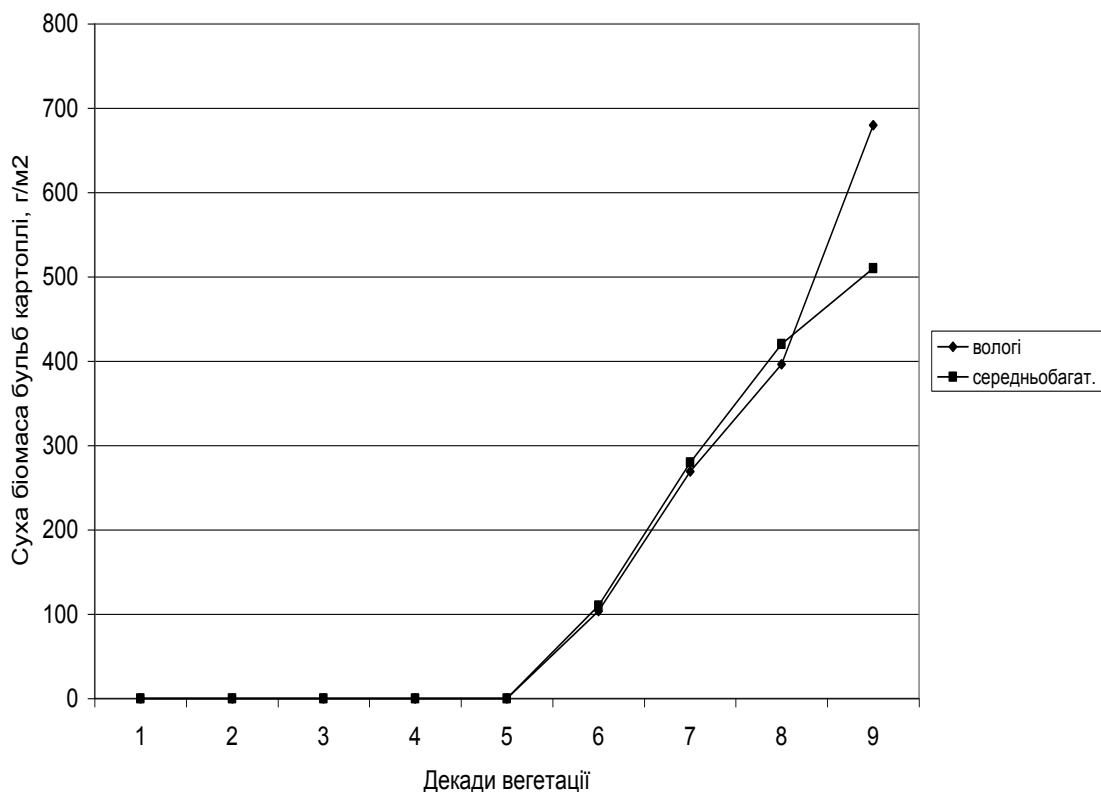


Рисунок 5.7 - Порівняльна характеристика сухої біомаси бульб картоплі при середньобагаторічних і вологих умовах в Чернігівській області

З рис. 5.7 видно, що при вологих умовах суха біомаса бульб збільшується з п'ятої декади вегетації і до кінця вегетації, в кінці вегетації суха біомаса бульб картоплі становить 680 г/м^2 . При середньобагаторічних умовах суха біомаса бульб картоплі збільшується з четвертої декади вегетації протягом всієї вегетації і в кінці вегетації суха біомаса бульб картоплі становить 510 г/м^2 . З рис. 5.7 можна зробити висновок, що при вологих умовах суха біомаса бульб картоплі буде більше, ніж при середньобагаторічних умовах в Чернігівській області.

На рис. 5.8 представлена порівняльна характеристика сухої біомаси цілої рослини картоплі при середньобагаторічних та вологих умовах в Чернігівській області.

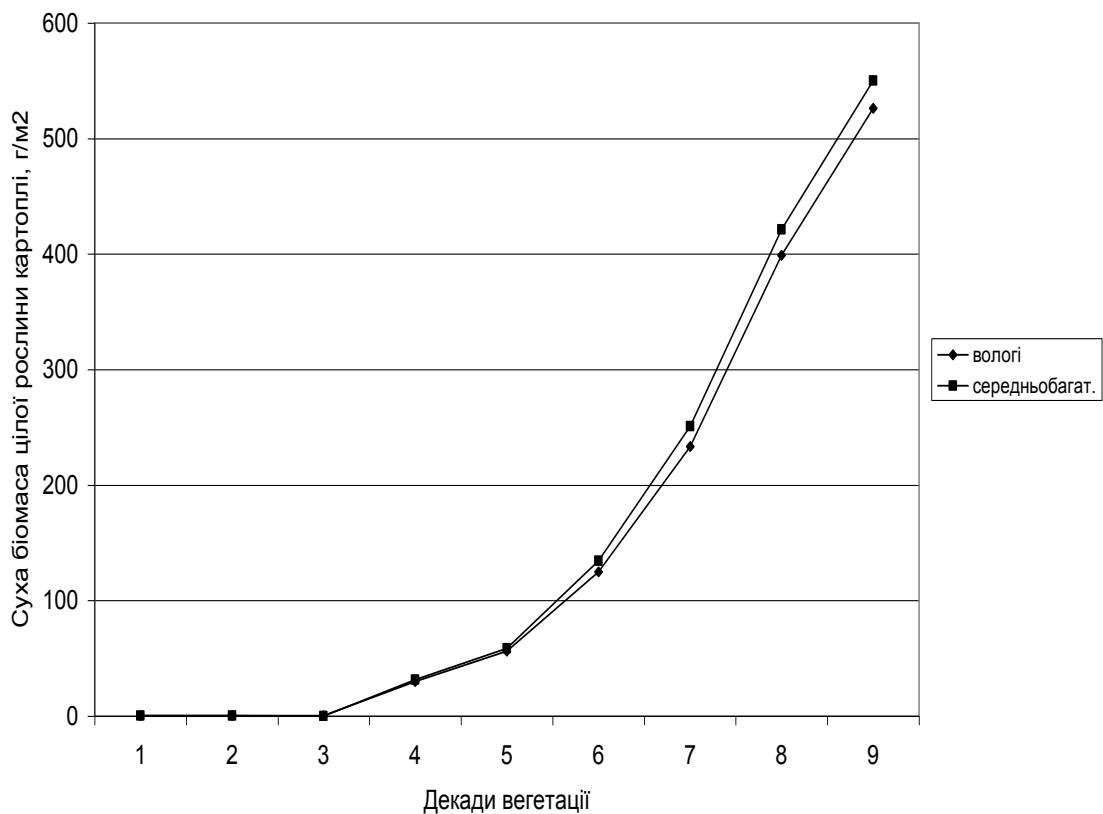


Рисунок 5.8 - Порівняльна характеристика сухої біомаси цілої рослини картоплі при середньобагаторічних та вологих умовах в Чернігівській області

З рис. 5.8 видно, що суха біомаса цілої рослини картоплі при середньобогаторічних умовах збільшувалася з третьої декади вегетації і в кінці вегетації склала 540 г/м^2 . При вологих умовах суха біомаса цілої рослини картоплі збільшувалася з третьої декади вегетації і в кінці вегетації склала 525 г/м^2 . Якщо порівняти суху біомасу цілої рослини картоплі при середньобогаторічних і вологих умовах, то можна зробити висновок, що суха біомаса цілої рослини картоплі при вологих умовах зменшилась на 15 г/м^2 .

На рис. 5.9 представлена порівняльна характеристика декадної плодючості самок колорадського жука при середньобогаторічних та вологих умовах в Чернігівській області.

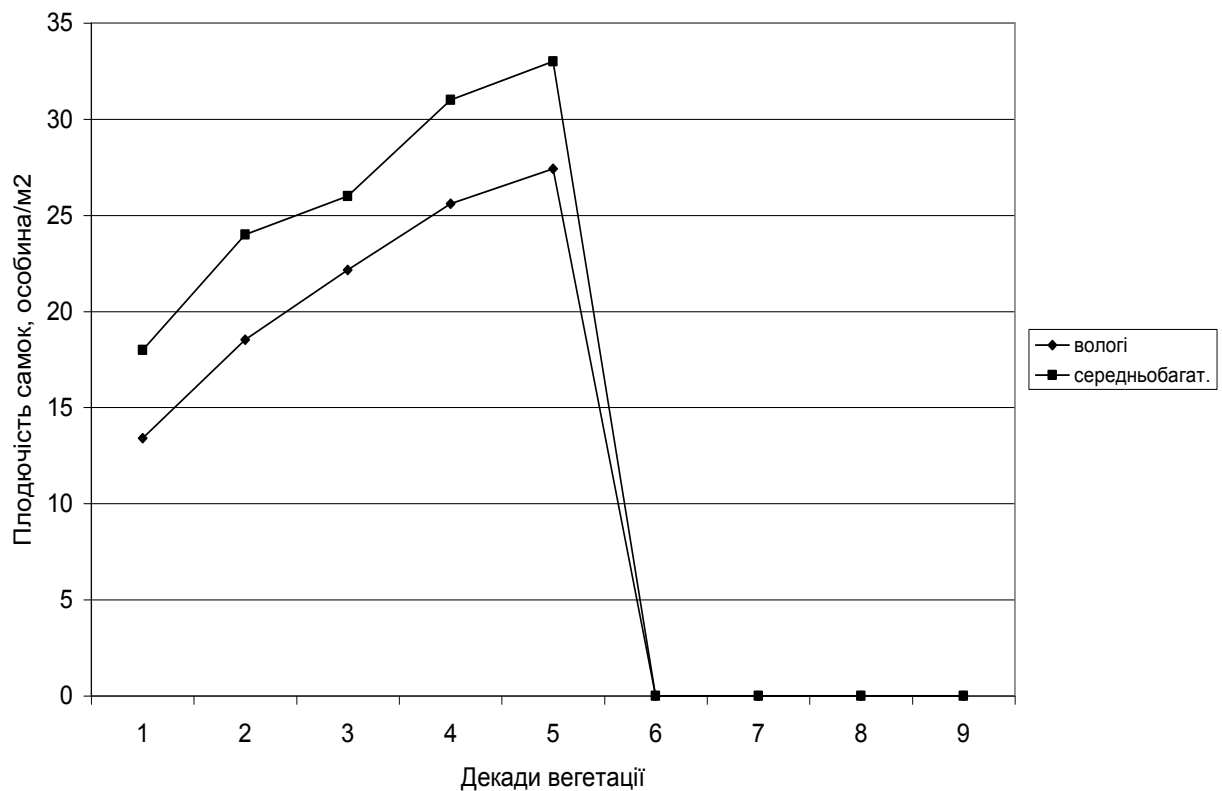


Рисунок 5.9 – Порівняльна характеристика декадної плодючості самок колорадського жука при середньобогаторічних та вологих умовах в Чернігівській області

Розглянемо, плодючість самок колорадського жука при середньобогаторічних і вологих умовах в Чернігівській області. З рис. 5.9 видно, що плодючість самок колорадського жука при вологих умовах на

початку вегетації становить 13 особин на 1 м^2 . Надалі відбувається подальша плодючість самок колорадського жука, збільшується і до п'ятої декаді вже спостерігається 27 особин на 1 м^2 . Потім після п'ятої декади вегетації плодючість самок колорадського жука припиняється. Це говорить про те, що при низьких температурах і великих опадах плодючість самок колорадського жука зменшується. При середньобагаторічних умовах плодючість самок колорадського жука починається з першої декади вегетації і становить 18 особин на 1 м^2 . Надалі відбувається подальша плодючість самок колорадського жука, збільшується і до п'ятої декаді вже спостерігається 32 особини на 1 м^2 . Потім після п'ятої декади вегетації плодючість самок колорадського жука припиняється. Якщо порівняти середньобагаторічні умови з вологими умовами, то можна зробити висновок: при вологих умовах плодючість самок колорадського жука менше, ніж при середньобагаторічних умовах.

В табл. 5.3 представлена кількість жуків першої кладки при вологих умовах в Чернігівській області.

Таблиця 5.3 - Кількість жуків першої кладки при вологих умовах в Чернігівській області

Тривалість періоду дозрівання жуків (число днів від виходу жуків до початку яйцекладки)	Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту, особина/ м^2	Загибель жуків після зимівлі, %	Відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки
18	3	87	100

З таблиці видно, що відсоток загибелі особин за період розвитку жуків першої кладки складає 100 % в Чернігівській області. Загибель жуків після зимівлі становить 87 %. Тривалість періоду дозрівання жуків становить

18 днів від виходу жуків з ґрунту до початку яйцекладки в Чернігівській області. Загальна кількість жуків після виходу з ґрунту дорівнює 3 особинам на 1 м².

Час початку яйцекладки настає через 13 днів від сходів.

В результаті проведеного чисельного експерименту, можна зробити висновок про те, що вплив вологих умов в Чернігівській області негативно впливає на популяцію колорадського жука, якщо порівняти з посушливими і середньобагаторічними умовами, то отримаємо: за посушливих умов максимальна плодючість самок колорадського жука становила 37 особин/м²; при вологих умовах склала 27 особин/м²; при середньобагаторічних умовах максимальна плодючість самок колорадського жука становила 32 особини/м².

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи був проведений чисельний експеримент по оцінці впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі. В результаті проведення чисельного експерименту, були отримані наступні основні результати:

1. Дана фізико-географічна і агрокліматична характеристика Чернігівської області.
2. Вивчені біологічні особливості картоплі і її вимоги до факторів навколишнього середовища.
3. Освоєні методи кількісного опису впливу температури повітря і вологозабезпечення на формування врожаю картоплі.
4. Вивчена структура динамічної моделі формування врожаю картоплі.
5. У численних експериментах за допомогою розрахунків по моделі виконана оцінка впливу агрометеорологічних умов на розвиток популяції колорадського жука і формування врожайності картоплі в Чернігівській області.
6. Проведена порівняльна характеристика різних умов (посушливих, вологих і середньобагаторічних) в Чернігівській області на розвиток популяції колорадського жука і на формування росту і розвитку картоплі.
7. За допомогою численних експериментів визначено: площа листя картоплі (при посушливих умовах максимальна площа листя $0,50 \text{ м}^2/\text{м}^2$; при вологих умовах $0,81 \text{ м}^2/\text{м}^2$; при середньобагаторічних умовах $1,76 \text{ м}^2/\text{м}^2$).
8. Визначена суха біомаса листя, стебел, коренів, бульб картоплі і рослини в цілому при різних умовах в Чернігівській області. Суха біомаса бульб при посушливих умовах склала - $251 \text{ г}/\text{м}^2$; при вологих умовах – $680 \text{ г}/\text{м}^2$; при середньобагаторічних умовах - $510 \text{ г}/\text{м}^2$. Суха біомаса цілої

рослини картоплі при посушливих умовах - 75 г/м^2 ; при вологих умовах – 525 г/м^2 ; при середньобагаторічних умовах - 540 г/м^2 .

9. Визначена декадна плодючість самок колорадського жука при різних агрометеорологічних умовах в Чернігівській області. За посушливих умов максимальна плодючість самок колорадського жука склала - 37 особин/м^2 ; при вологих умовах - 27 особин/м^2 ; при середньобагаторічних умовах - 32 особини/м^2 .

10. Визначена залежність загибелі жуків після зимівлі від температури повітря в Чернігівській області (при температурі $11 \text{ }^\circ\text{C}$ – загибель жуків становить 100% ; при температурі $13 \text{ }^\circ\text{C}$ - загибель жуків становить 98% ; при температурі $17 \text{ }^\circ\text{C}$ – загибель жуків становить 75% ; при температурі $19 \text{ }^\circ\text{C}$ - загибель жуків становить 64% ; при температурі $21 \text{ }^\circ\text{C}$ - загибель жуків становить 53%).

11. Визначена тривалість періоду дозрівання колорадського жука, яка дорівнює - 18 днів.

12. Визначене загальне число жуків після виходу з ґрунту, яке дорівнює - 2 особини/м^2).

13. Знайдений відсоток загибелі особин колорадського жука за період розвитку жуків першої кладки (при середньобагаторічних умовах – 94% ; при вологих умовах – 100% ; при посушливих умовах – 82%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматический справочник по Черниговской области. Л.: Гидрометеиздат, 1958.
2. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология. / Г.Я. Бей-Биенко. М.: Высшая школа, 1980. 416 с.
3. Бихеле З.Н. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги. / [З.Н. Бихеле, Х.А. Молдау, Ю.К. Росс]. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 223 с.
4. Богданов-Катьков Н.Н. Колорадский картофельный жук. / Н.Н. Богданов-Катьков. М.: Сельхозгиз, 1947. 200 с.
5. Бордукова М.В. Болезни и вредители картофеля. / М.В. Бордукова. М.: Сельхозгиз, 1955.
6. Брежнев А.И. Математическое моделирование экологических взаимодействий в агроэкосистеме картофель-вредитель-среда обитания // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. / [А.И. Брежнев, В.Г. Малинина]. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т. 7. С. 195-208.
7. Васильев С.В. Алгоритм решения задач прогнозирования многофакторного процесса динамики численности популяции // Труды ВИЗР. / [С.В. Васильев, И.Я. Поляков, М.И. Саулич, Т.Е. Сергеев]. 1975. Вып. 50. С. 139-165.
8. Венгорек В.Г. Исследования зимовки колорадского жука на основе его физиологии // Колорадский жук и меры борьбы с ним. / В.Г. Венгорек. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Сб. 2. С. 53-65.
9. Вольвач В.В. Агроклиматическая оценка условий развития и вредности колорадского жука на ЕТС. / В.В. Вольвач. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 12 с.
10. Вольвач В.В. Методическое пособие гидрометеорологическим станциям и постам по прогнозированию сроков развития колорадского жука /

Под ред. док. геогр. наук А.П. Федосеева. / В.В. Вольвач. М.: Гидрометеиздат, 1975. 6 с.

11. Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука. / В.В. Вольвач. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 240 с.

12. Вольвач В.В. Прикладная модель развития колорадского жука и метод сезонного прогноза интенсивности его размножения // Труды ВНИИСХМ. / [В.В. Вольвач, Л.С. Пуголовкина]. 1987. Вып. 19. С. 13-30.

13. Динамическая теория биологических популяций / Под ред. Р.А. Полуэктова. М.: Наука, 1974. 455 с.

14. Колорадский картофельный жук / Под ред. Р.С. Ушатинской. М.: Наука, 1981. 375 с.

15. Ларченко К. И. Критический анализ зарубежной литературы по вопросам биологии колорадского жука // Колорадский жук и меры борьбы с ним. / К.И. Ларченко. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Сб. 1. С.7-41.

16. Лорх А.Г. Динамика накопления урожая картофеля. / А.Г. Лорх. М.: Сельхозгиз, 1948. 191 с.

17. Лорх А.Г. О картофеле. / А.Г. Лорх. М.: Сельхозгиз, 1960. 151 с.

18. Миндер И.Ф. Экология зимней диапаузы колорадского жука / Экология и физиология диапаузы колорадского жука. / [И.Ф. Миндер, Э.Ф. Козаржевская]. М: Наука, 1966. С. 45-68.

19. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 11, ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 316 с.

20. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. / А.Н. Полевой Л.: Гидрометеиздат, 1983. 286 с.

21. Свидерська С.М. Моделювання впливу ранньовесняних заморозків на формування врожайності картоплі в Поліссі // Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: [монографія] / за ред. П.В. Писаренка, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб.

[С.М. Свидерська, С.С. Вікнянська]. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. с.161-167.

22. Физиология сельскохозяйственных растений. М.: Изд-во МГУ, 1971, т. 12. 371 с.

23. Финаков В.К. Колорадский жук и меры борьбы с ним. / В.К. Финаков. К.: Изд-во АН УССР, 1956. 121 с.

24. Яковлев Б.В. Колорадский жук. / Б.В. Яковлев. Рига, 1960. 152 с.

25. Яхимович Л.А. Особенности развития и размножения колорадского жука (литературный обзор) // Труды ВИЗР. / Л.А. Яхимович. 1967. Вып. 27. С. 245-294.

26. Яхонтов В.В. Экология насекомых. / В.В. Яхонтов. М.: Высшая школа, 1969. 484 с.

27. Бабиченко В.Н., Адаменко Т.И., Бондаренко З.С., Николаева Н.В., Рудишина С.Ф., Гущина Л.М. Экстремальная температура воздуха на территории Украины в условиях современного климата. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation (дата звернення 19.06.2018 р.).

28. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 19.06.2018 р.).

29. Thornley J. H.M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology / J.H.M. Thornley . London, New York: Acad. Press. 1976. 318 p.

30. Zelitch I. Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity / I. Zelitch. Acad. Press. New York-London. 1988. 247 p.