

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.02 – МКР. 2176 «С». 2023.11.27.023ПЗ

Коновал Даяна Олександрівна

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

Захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри ентомології,

інтегрованого захисту та карантину
рослин

_____ Коломієць Ю.В.

_____ Доля М.М.

« ____ » _____ 2024 р.

« ____ » _____ 2024 р.

УДК: 632.913:632.7:633.15

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему **«Аналіз фітосанітарного ризику поширення західного
кукурудзяного жука в Лісостепу України»**

Спеціальність

202 «Захист і карантин рослин»

(код і назва)

Освітня програма

«Карантин рослин»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник магістерської роботи

доцент, кандидат с.-г. наук

_____ Сикало О. О.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Виконала

_____ Коновал Д.О.

(підпис)

(ПІБ студента)

КИЇВ-2024

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Кафедра ентомології, інтегрованого захисту і карантину рослин
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»
Освітня програма «Карантин рослин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та
карантину рослин

_____ Доля М.М.

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ

МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Коновал Даяні Олександрівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи **«Аналіз фітосанітарного ризику поширення західного кукурудзяного жука в Лісостепу України»**

керівник роботи доцент, кандидат с.-г. наук Сикало Оксана Олексіївна
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом роботи « ____ » _____ року

3. Вихідні дані до роботи:

- дані з біології західного кукурудзяного жука;
- умови в яких проводять дослідження;
- методики обліку *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte;
- фенологія *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte;

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 .Моніторинг посівів кукурудзи на *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte

4.2 Фенологічні спостереження за розвитком шкідника, складання фенологічного календаря.

4.3 Особливості розвитку виду в умовах Черкаської області.

4.4 Карантинні заходи, які впливають на обмеження поширення виду.

4.5 Економічна ефективність карантинних заходів на посівах кукурудзи проти західного кукурудзяного жука.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сикало О.О.		
2	Сикало О.О.		
3	Сикало О.О.		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Календарний план виконання Науково-дослідної роботи

Вид робіт	Стислий вклад методики виконання	Строки виконання
1. Вибір теми та об'єкту дослідження		Вересень 2023
2. Ознайомлення з методикою дослідження, визначення розділів до написання, огляд літератури.		Вересень 2023 – лютий 2024
3. Збір даних для написання практичної частини роботи		Лютий 2024
4. Складання фенологічного календаря для західного кукурудзяного жука в умовах регіону досліджень	Згідно з загальноприйнятою методикою	
5. Обліки пошкоджень та встановлення особливостей розвитку шкідника відповідно до кліматичної зони	Згідно з загальноприйнятою методикою	Протягом вегетації рослин
6. Вивчення карантинних заходів, які впливають на обмеження поширення виду		

7. Підготовка і написання звіту з теми	Обробка отриманих експериментальних даних	Після проведення досліджень
8. Апробація роботи		Вересень 2024

Студент

(підпис)

Коновал Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Сикало О.О.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Метою роботи є моніторинг посівів кукурудзи на *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, встановлення особливості розвитку виду в умовах Черкаської області та аналіз фенології шкідника, складання фенологічного календаря *D.v.v.* в умовах регіону дослідження, та економічної доцільності застосування карантинних заходів та визначення біологічної ефективності контролю за ЗКЖ.

Наукове обґрунтування. Західний кукурудзяний жук – це обмежено-поширений карантинний вид, надзвичайно небезпечний для кукурудзи. Становить чималу загрозу посівам кукурудзи на сільськогосподарських угіддях України, що, безперечно, має значний вплив на землеробство та економіку. З огляду на це, вивчення його поширення, шкідливості, розвитку, а також біологічних особливостей розвитку шкідника є актуальним завданням сучасних досліджень.

Результати досліджень у попередні роки. На приватній господарській ділянці, беручи до уваги фенологію ЗКЖ, імаго виду очікується в Золотоніському районі Черкаської області на протязі літа, а точніше – з кінця червня і до початку вересня стабільно, саме в період активного розвитку кукурудзи та поїданням її жуком. Імаго, зазвичай, спостерігаються у теплу суху погоду.

Для моніторингу поширення імаго ЗКЖ у Золотоніському районі Черкаської області використовували феромонні пастки. За результатами спостережень динаміки ЗКЖ, моніторингу посівів кукурудзи станом на 2022-2023 р. вогнища західного кукурудзяного жука зафіксовані у таких районах: Черкаський (Корсунь-Шевченківський, Городищенський), Звенигородський (Звенигородський, Шполянський), Уманський, Золотоніський (Драбівський, Чернобаївський). Тому, враховуючи середню швидкість розповсюдження ЗКЖ (до 40-50 км/рік) та на підставі результатів спостережень, ймовірність поширення та акліматизації західного кукурудзяного жука, пошкодження ним посівів кукурудзи у Лісостеповій зоні досить високі та складе до 10- 25% площі посівів.

У процесі спостережень уточнено фенологічні особливості в умовах Золотоніського району Черкаської обл.

ЗМІСТ

Вступ	1
Розділ 1. Огляд літератури	3
1.1 Історія вивчення <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> Le Conte	3
1.2. Поширення західного кукурудзяного жука в світі та Україні	4
1.3 Аналіз ризику адаптації та акліматизації західного кукурудзяного жука у вільних зонах	8
1.4. Систематика виду	14
1.5. Шкідливість західного кукурудзяного жука	19
1.6. Біологічні особливості західного кукурудзяного жука	20
1.6.1 Екологічні особливості розвитку ЗКЖ	22
1.7. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука	24
Розділ 2. Місце та умови проведення досліджень	28
2.1. Природно-кліматичні умови регіону досліджень	28
2.2. Методика обліку фітофагів кукурудзи	29
Розділ 3. Експериментальна частина	32
3.1. Фітофаги кукурудзи регіону досліджень	32
3.2. Вогнища ЗКЖ на території Черкаської області	33
3.3 Динаміка розвитку західного кукурудзяного жука на посівах кукурудзи	36
3.4. Фенологія ЗКЖ	37
3.5. Ефективність пасток різних типів при моніторингу західного кукурудзяного жука	40
3.6. Розробка системи контролю за <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> Le Conte у регіоні досліджень	44
Розділ 4. Економічна доцільність проведення фітосанітарних заходів захисту	49
Висновки	51
Список використаної літератури	53

ВСТУП

Кукурудза є однією з найважливіших сільськогосподарських культур для України, займаючи значне місце в економіці. Україна традиційно є одним з найбільших виробників та експортерів даної культури у світі. Це не лише сприяє зміцненню економіки країни, але й забезпечує робочі місця для багатьох українців, які залучені до різних етапів виробництва та обробки цієї культури.

Експорт кукурудзи приносить значні доходи до бюджету України. Завдяки родючим чорноземам і сприятливому клімату, українські фермери можуть вирощувати високоякісний зерновий продукт, що високо цінується на міжнародному ринку. Відповідно, стабільний експорт кукурудзи допомагає підтримувати економічну стабільність країни, залучати іноземну валюту та зміцнювати торговельні відносини з іншими державами.



Рис. 1. Поле кукурудзи (фото автора, 2024)

Кукурудза також відіграє ключову роль у забезпеченні харчової безпеки. Вона є важливим компонентом багатьох харчових продуктів, використовуваних як для безпосереднього споживання, так і для виробництва кормів для тварин. Це дозволяє забезпечити населення України доступом до високоякісних харчових

продуктів та сприяє розвитку тваринництва, що в свою чергу збільшує виробництво м'яса, молока та інших продуктів тваринного походження.

Вирощування кукурудзи сприяє розвитку сільського господарства в Україні. Інвестиції в технології вирощування, збирання та обробку стимулюють загальний розвиток аграрного сектору. Фермери отримують можливість використовувати сучасні методи ведення сільського господарства, що підвищує продуктивність і ефективність їхньої роботи. На жаль, однією з головних загроз для врожаїв кукурудзи є шкідники, які можуть значно знизити кількість та якість зерна. До основних шкідників кукурудзи належать: кукурудзяний стебловий метелик, західний кукурудзяний жук, попелиця та інші комахи. Вони можуть пошкоджувати різні частини рослини – від кореневої системи до качанів. Ефективна боротьба зі шкідниками вимагає застосування комплексного підходу, що включає агротехнічні, біологічні та хімічні методи.

З розвитком технологій з'являються нові інноваційні методи боротьби зі шкідниками. Наприклад, використання дронів, для моніторингу стану полів та виявлення осередків шкідників, дозволяє швидко реагувати на загрози та ефективно розподіляти ресурси. Також активно розробляються генетично модифіковані сорти кукурудзи, стійкі до шкідників, що може суттєво знизити потребу у використанні пестицидів. Як наслідок, вирощування кукурудзи є надзвичайно важливим для економіки та харчової безпеки України. Ефективна боротьба зі шкідниками кукурудзи вимагає комплексного підходу, що включає агротехнічні, біологічні, хімічні та інноваційні методи. Тільки завдяки поєднанню цих методів можна забезпечити стабільні врожаї та зберегти довкілля.

У підсумку, вирощування кукурудзи є стратегічно важливим для України, забезпечуючи економічну стабільність, харчову безпеку та розвиток сільського господарства. Ефективна боротьба зі шкідниками є ключовим елементом у забезпеченні стабільних і високоякісних врожаїв. Поєднання традиційних методів та сучасних інновацій дозволяє досягти максимальних результатів, зберігаючи при цьому екологічну рівновагу та стійкість агроecosystem.

Розділ 1.

1.1. Історія вивчення *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte

Diabrotica virgifera virgifera Le Conte — це шкідливий організм кукурудзи, що походить з Північної Америки. Уперше його описав американський натураліст і ентомолог Джон Ле Конте (травень 1825 – листопад 1883) у 1824 році. Він був засновником американської колеоптерології (дослідження жуків), заснував Американське Ентомологічне Товариство та був членом Національної академії наук США. Ле Конте зробив вагомий внесок у вивчення комах, описавши понад 5 тисяч видів жуків, що становить більше половини відомих видів у США.

Лоренс здійснив свою першу експедицію в 1844 році в регіоні Великих Озер разом із двоюрідним братом Джозефом Ле Контом під час навчання у коледжі. Їхній маршрут проходив через Ніагарський водоспад, Детройт, Чикаго, Мічиган, Вісконсин, Айову, річку Огайо та Пітсбург, після чого вони повернулися до Нью-Йорка. За результатами цієї подорожі Лоренс опублікував три свої перші статті про жуків у тому ж році. У 1940-х роках західний кукурудзяний жук став серйозним шкідником кукурудзи в Європі, куди він був інтродукований з Північної Америки. Шкідник швидко розповсюдився, загрожуючи врожаю кукурудзи на європейських полях. У зв'язку з цим було ухвалено рішення почати дослідження цього шкідника, його біологічних і екологічних особливостей, а також поведінки. У 1950-х роках були здійснені перші спроби контролювати його за допомогою хімічних інсектицидів.

Однак, з часом стало зрозуміло, що хімічні інсектициди не є ефективними в довгостроковій перспективі і мають негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Тому науковці почали розглядати альтернативні методи контролю, такі як біологічний контроль, моніторинг і використання рослинних засобів захисту.

На сьогодні тривають дослідження та постійний моніторинг *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, щоб знайти більш ефективні та екологічно безпечні методи боротьби з цим шкідником.

1.2. Поширення західного кукурудзяного жука в світі та Україні

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) є небезпечним карантинним організмом, який, перш за все, загрожує посівам кукурудзи. Походить цей шкідник з Північної Америки, де він спочатку розвивався в природних умовах. Перший його запис в Європі датується 1992 роком, коли він був виявлений на посівах кукурудзи в Сербії. З того часу жук почав активно розширювати свій ареал, ставши серйозною загрозою для врожаїв кукурудзи в Україні та інших європейських країнах[34, 29].

Цей вид жука відомий своєю здатністю швидко адаптуватися до нових умов, завдяки чому він зміг успішно колонізувати європейські території. Цікаво, що жук, ймовірно, потрапив до Європи через контейнери з кукурудзою, а також з військовою технікою, що поверталася з США. З моменту його першого виявлення в Європі до значного збільшення його чисельності пройшло всього три роки, що свідчить про швидкість його розмноження.

Швидкість поширення *D. virgifera* може досягати 40-80 кілометрів на рік, і це явище зумовлене як природними факторами, такими як активні перельоти самок для відкладання яєць, так і антропогенними шляхами, зокрема, через транспорт, ґрунт та рослинні залишки. Самки після парування активно шукають нові ділянки для відкладання яєць, зазвичай обираючи раніше не заселені поля кукурудзи[5].

Ситуація ускладнюється тим, що жук був помилково ідентифікований як менш небезпечні шкідники, такі як дротяники і підгризаючі совки, на початкових етапах свого поширення. Це ускладнило заходи контролю за ним. Лише з часом, коли шкода, завдана цим шкідником, стала очевидною, почалися зусилля щодо його моніторингу та контролю, зокрема, впровадження феромонних пасток.

За останні кілька десятиліть західний кукурудзяний жук був зафіксований практично в усіх європейських країнах, і в Україні перші його особини були виявлені в серпні 2001 року на прикордонній території Закарпаття. Через три роки, у 2003 році, він був занесений до списку регульованих шкідників в Україні, що свідчить про серйозність його загрози для агросектора. Наукові дослідження показують, що виявлення жуків у феромонні пастки можливе лише через три роки після їхнього заселення нової території, що свідчить про складність моніторингу та прогнозування чисельності цього шкідника. Таким чином, західний кукурудзяний жук є не тільки загрозою для сільського господарства, а й прикладом того, як швидко інвазивні види можуть адаптуватися до нових умов, ставлячи під загрозу врожаї та екосистеми. Із зростанням глобальної торгівлі та змінами клімату, ймовірність подальшого поширення цього шкідника залишається високою, що підкреслює важливість комплексного підходу до його контролю, включаючи використання біологічних методів та інтегрованих систем управління шкідниками[6].

Відомо, що станом на 2023 рік, заражені площі охоплюють близько 144 тисяч гектарів у 16 областях, з найбільшими осередками в Чернівецькій та Миколаївській областях. Жук розширює ареал поширення на приблизно 50 км щорічно, а дорослі особини здатні самостійно долати відстані до 10 км. Для боротьби з цим шкідником експерти рекомендують не сіяти кукурудзу в монокультурі та використовувати сівозміну як основний метод стримування, оскільки жук розвивається лише в умовах постійного вирощування кукурудзи. Крім того, застосовують інсектициди, моніторинг за допомогою феромонних пасток та спеціально виведені стійкі гібриди кукурудзи. Однак, оскільки жук адаптується до умов та різних методів боротьби, ефективний захист потребує комплексного підходу.

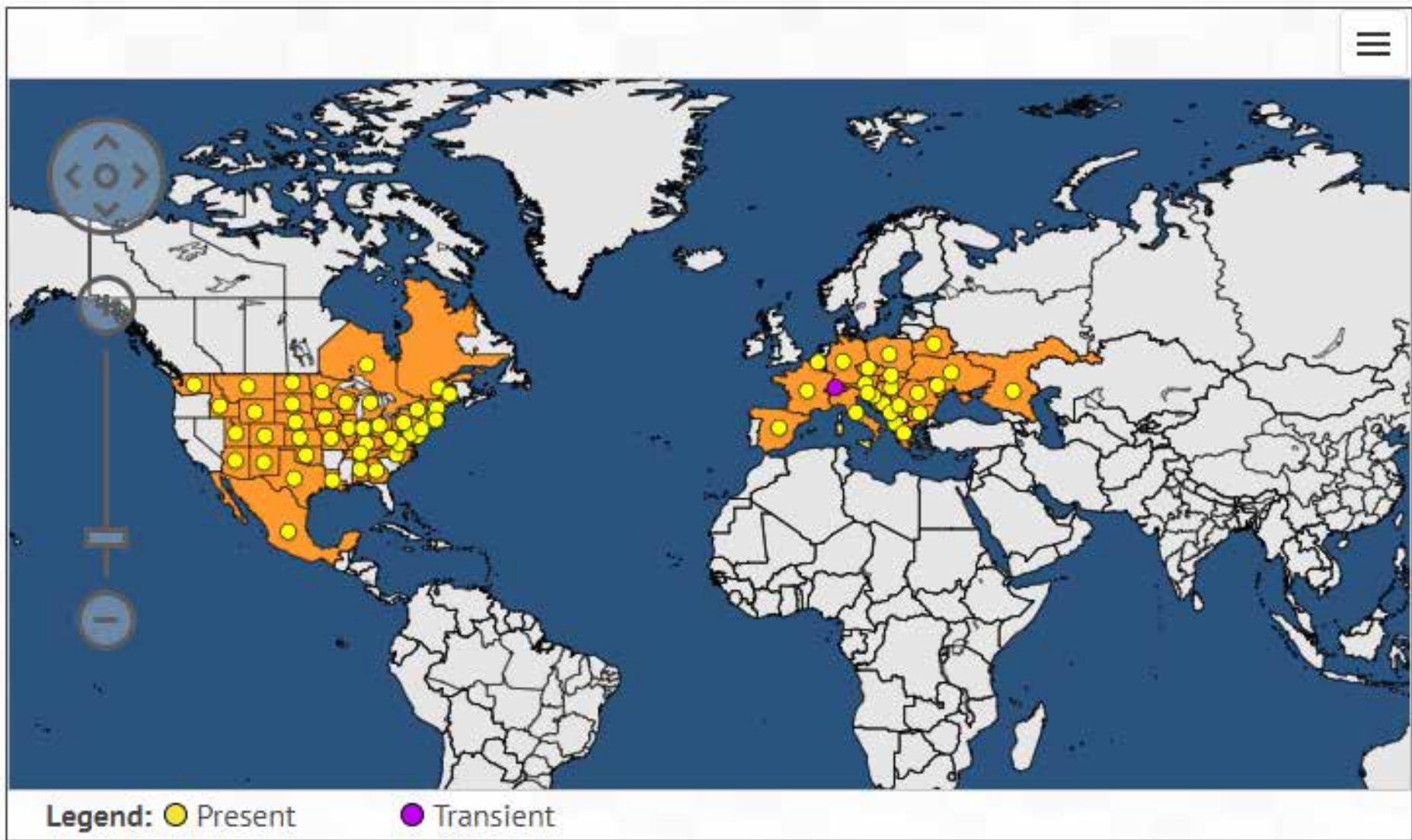
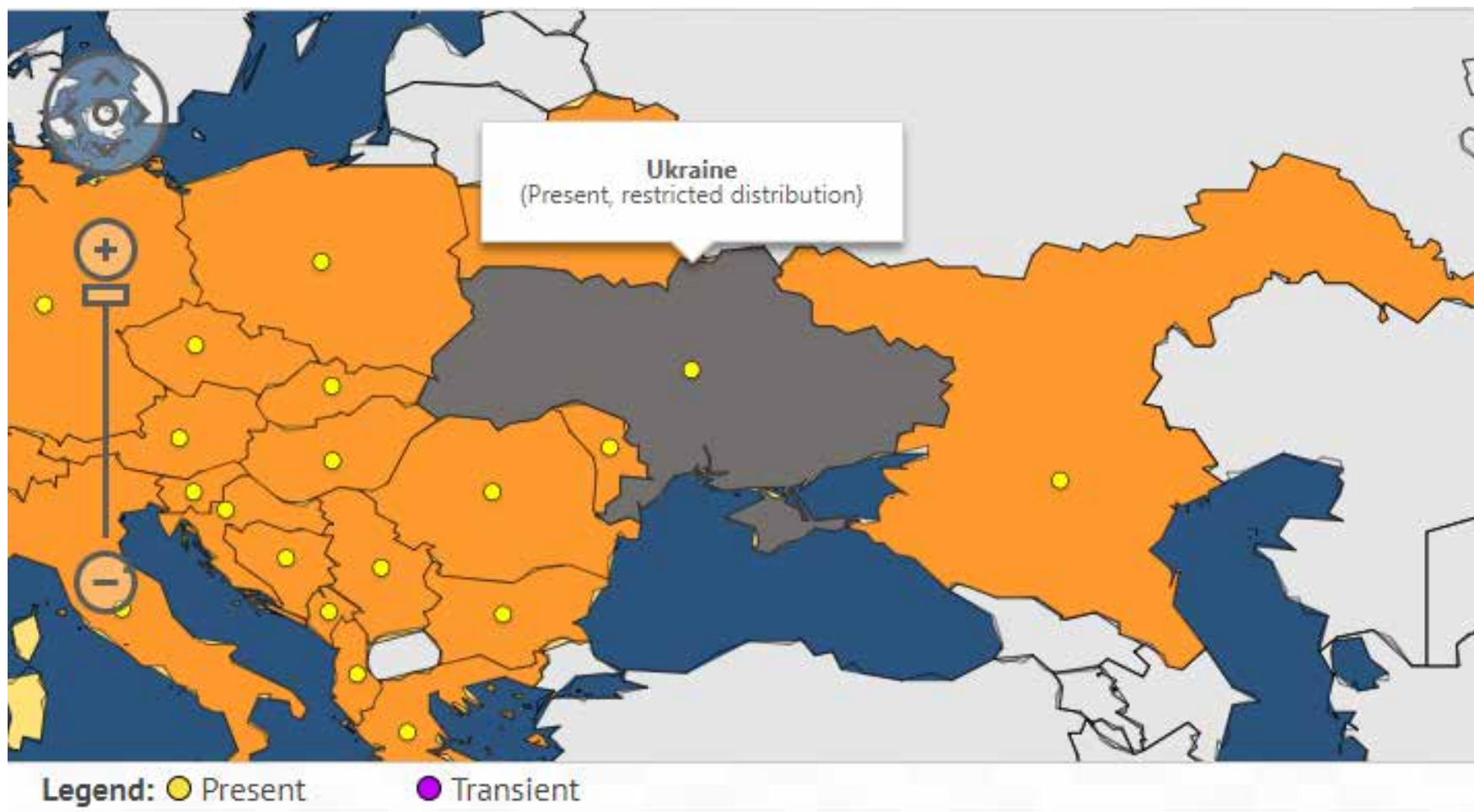


Рис. 2. Поширення *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte у світі
(за даними сайту <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution> (2024 рік))



- - присутній
- - перехідний

Рис. 3. Поширення *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte в Україні
(за даними сайту <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution> (2024 рік))

1.3 Аналіз ризику адаптації та акліматизації західного кукурудзяного жука у вільних зонах.

Західний кукурудзяний жук, або *Diabrotica virgifera Le Conte*, є одним із найнебезпечніших шкідників кукурудзи, здатним спричинити значні економічні збитки. Його поширення по світу викликано високою здатністю адаптуватися до нових умов, що ставить під загрозу не лише аграрний сектор, а й екосистеми країн, куди цей шкідник інтродукується.

Відомо, що адаптація — це процес, під час якого організми змінюють свої фізіологічні, морфологічні або поведінкові характеристики, щоб вижити в нових умовах середовища. Акліматизація, в свою чергу, є частковою адаптацією до змін зовнішнього середовища, зазвичай у межах однієї генерації. Основними факторами, що впливають на ризики адаптації та акліматизації є кліматичні умови, тобто температура: західний кукурудзяний жук краще розвивається при температурах 20-30°C. З підвищенням температури збільшується його активність, що може призвести до швидшого розмноження та збільшення чисельності, а висока вологість повітря сприяє розвитку личинок, тоді як низька вологість може призвести до підвищення стресу і зниження життєздатності[3].

Важливу роль в процесі адаптації відіграють також екологічні умови типів ґрунтів, адже західний кукурудзяний жук може адаптуватися до різних їх типів, але перевагу надає легким, добре дренованим ґрунтам, які забезпечують оптимальні умови для розвитку личинок, а наявність кормових рослин, зокрема кукурудзи, є критично важливою для життєвого циклу жука. Поширення кукурудзи в нових зонах може сприяти швидкій акліматизації.

Західний кукурудзяний жук має високу репродуктивну здатність, що свідчить про високий фактор потенціалу розмноження. В одній генерації самка може відкласти до 1,000 яєць, що забезпечує швидке збільшення популяції. Також жук може мати симбіотичних організмів, які допомагають йому переварювати різні види рослин, що дозволяє йому адаптуватися до нових харчових ресурсів.

Глобалізація та збільшення міжнародної торгівлі рослинами та продуктами харчування додатково створює умови для поширення шкідника. Це призводить до його акліматизації в нових зонах. Також інтенсифікація сільського господарства та використання монокультур можуть підвищити вразливість рослин до шкідників, сприяючи їх адаптації.

Ризики адаптації та акліматизації першочергово вплинуть на економіку: адаптація *Diabrotica virgifera virgifera* може призвести до значних втрат у врожайності кукурудзи, що вплине на аграрний сектор і економіку в цілому. Також інтродукція шкідника може вплинути на локальні екосистеми(біорізноманіття), зокрема, на природних ворогів та інших комах, що можуть постраждати внаслідок конкуренції за ресурси. Адаптуючись до нових умов, жук може стати менш вразливим до пестицидів, що ускладнить його контроль[8].

Впровадження програм моніторингу для раннього виявлення шкідника може знизити ризики його акліматизації. Використання інтегрованих підходів, таких як біологічний контроль, севообіти (організми ґрунтової біоти, які розвиваються під час сівозміни на полях) та стійкі сорти, може знизити негативні наслідки[9, 36].

Отже, приходимо до висновку, що адаптація та акліматизація західного кукурудзяного жука є серйозними загрозами для аграрного сектору України. Для ефективної боротьби з цим шкідником важливо розуміти його біологію, екологію та фактори, що впливають на його адаптаційні процеси. Вжиття заходів для моніторингу та контролю може значно знизити ризики, пов'язані з інтродукцією цього шкідника.

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) має реальний ризик проникнення та поширення у регіонах України, де він ще не зустрічається. Аналіз потенційного поширення і пристосованості цього шкідника показує, що в Україні потрібні комплексні фітосанітарні заходи для обмеження його розповсюдження. Кліматичні умови країни сприяють акліматизації цього

виду по всій території, а швидкість природного розповсюдження залежить від частки кукурудзи в сівозміні.

Жук має значні адаптаційні можливості і здатен розширювати свій ареал навіть у регіонах з помірним кліматом, де зими м'які, а літо спекотне. Постійні перевезення товарів і транспортне сполучення з іншими країнами, а також внутрішні переміщення транспорту можуть сприяти появі нових вогнищ шкідника. Природні міграції шкідника також сприяють його розповсюдженню: протягом вегетаційного періоду жук може переміщуватись на відстані 40–100 км.

Адаптація західного кукурудзяного жука в Україні пов'язана з помірними кліматичними умовами, які відповідають його природному середовищу. У США цей шкідник добре приживається у регіонах зі середньорічною температурою 13°C, але його можна знайти і в областях, де середньорічна температура становить лише 6,8°C. У помірному кліматі жук проходить діапаузу, коли ґрунт охолоджується до 11°C і нижче. Яйця шкідника можуть витримувати короткочасне зниження температури до -10°C.

Для визначення потенційних шляхів проникнення та розповсюдження західного кукурудзяного жука в Україні були вивчені дані щодо поширення діабротики в Європі та результати досліджень у Черкаській області. Основою для кількісного аналізу ризику інвазії та поширення західного кукурудзяного жука в Україні стала методика аналізу фітосанітарного ризику (АФР) [5].

Для прогнозування швидкості розповсюдження шкідника застосовано модель, розроблену німецькими дослідниками, де ключовим фактором є частка кукурудзи в сівозміні [35]. За цією моделлю, максимальна швидкість розширення ареалу популяції може становити до 80 км\рік, і вона залежить від концентрації кукурудзи в сівозміні. Найвища швидкість поширення досягається за умов монокультурного вирощування кукурудзи. Якщо частка кукурудзи в сівозміні становить 50% і більше, коригуючий коефіцієнт дорівнює 1. Коли ж частка кукурудзи менша за 50%, наприклад, за дво-, три- або чотиріпільної сівозміни, коефіцієнт (К) розраховується за формулою:

$$K = \% \times 2 / 100,$$

де К – кукурудза в сівозміні.

Для загальної оцінки ризику поширення ЗКЖ на території України спершу було розглянуто ймовірність проникнення шкідника в різні регіони та його потенційну акліматизацію. Наступним етапом стала оцінка можливих економічних втрат у разі його успішного пристосування.

[46]Згідно з проведеним аналізом фітосанітарного ризику західного кукурудзяного жука, отримано дані, які дозволяють підтвердити математично можливість його проникнення, акліматизації та поширення в Україні. Розрахунки середньозважених показників імовірності поширення (ІП), імовірності акліматизації(ІА,) потенційної економічної шкоди (ПЕШ), імовірності інтродукції (І) та потенційних економічних втрат (ПЕВ) дали наступні результати:

- $ІП = 4,92$
- $ІА = 6,55$
- $ПЕШ = 6,874$
- $І = 0,32$
- $ПЕВ = 2,21$

Значення показника ПЕВ для карантинних та не карантинних видів дорівнює 1,4. Однак для західного кукурудзяного жука цей показник становить 2,21, що підтверджує його належність до карантинних організмів і потребу в повному комплексі фітосанітарних заходів для стримування та обмеження його поширення на території України.

Розрахунки мінімальних і максимальних норм можливого поширення ЗКЖ при різних сівозмінах наведено в Таблиці 1.

Таблиця 1. «Залежність швидкості поширення західного кукурудзяного жука від рівня концентрації кукурудзи у сівозміні»

Сівозміна	Швидкість розповсюдження км/рік	
	максимальна	мінімальна
Двопільна	80	20
Трьохпільна	56	14
Чотирьохпільна	40	10

З даних Таблиці 1 можна зробити висновок, що при використанні двопільної сівозміни, де кукурудза висівається через рік після попередника, не спостерігається суттєвого впливу на швидкість поширення шкідника. Водночас, застосування трьохпільної сівозміни знижує швидкість поширення шкідника на 30%, а чотирьохпільної — на 50%, що виступає як стримуючий фактор для західного кукурудзяного жука (ЗКЖ). Це слід враховувати при розробці стратегій стримування поширення *D.v.v.* на території України, використовуючи сівозміну як важливий інструмент фітосанітарного контролю.

Окрім того, важливо враховувати вплив температурних умов різних регіонів України на поширення та адаптацію діабротики. Якщо *D.v.v.* потрапить на нові території з відповідними кліматичними умовами, наявною кормовою базою, то при невиконанні фітосанітарних заходів, вона не лише виживатиме, а й буде активно розширювати свій ареал. Це може відбуватися навіть при низькій чисельності шкідника за сприятливих умов, таких як відповідні кліматичні умови, наявність кормів та відсутність природних бар'єрів.

Аналіз можливості акліматизації та поширення західного кукурудзяного жука показав, що цей шкідник є карантинним організмом і потребує застосування комплексних фітосанітарних заходів для обмеження його поширення в Україні. Температурні умови в усіх регіонах країни сприяють адаптації та поширенню діабротики, а швидкість її поширення значною мірою залежить від частки кукурудзи в сівозміні.

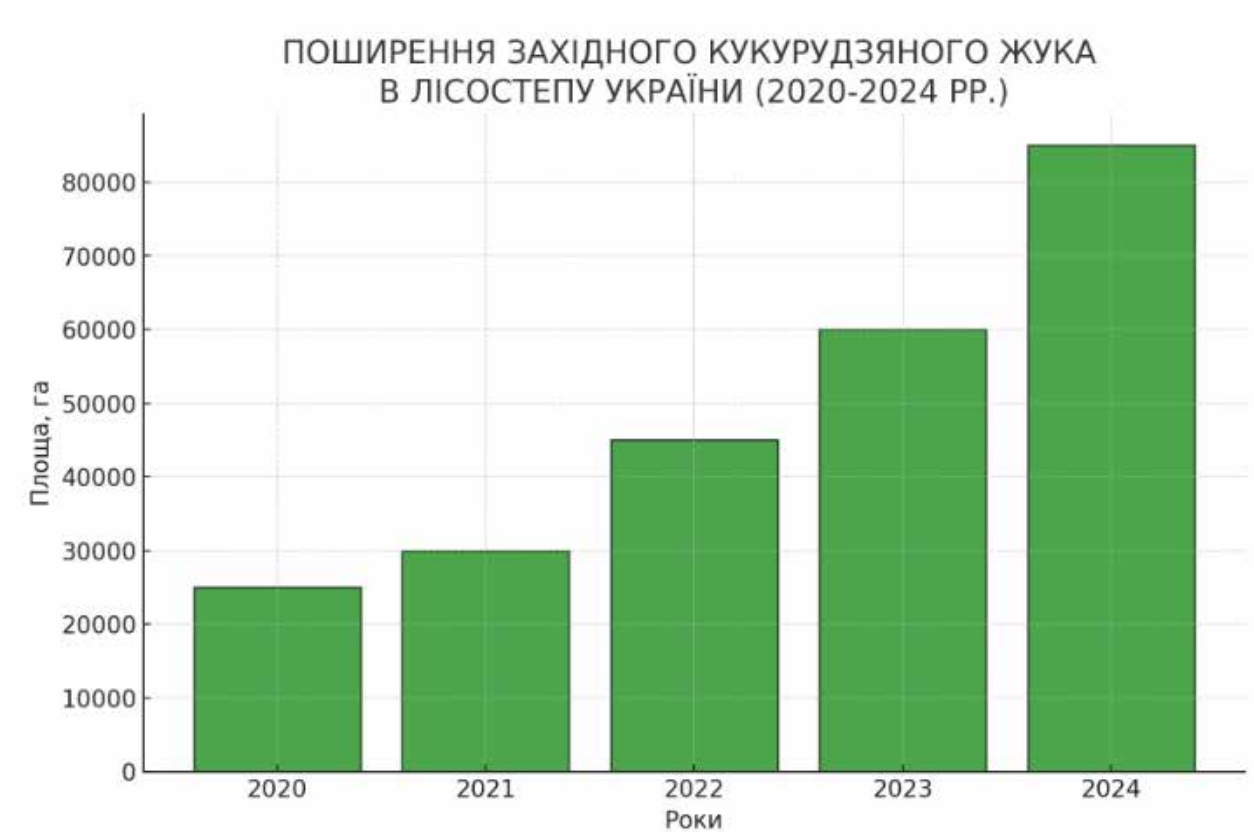


Рис. 4. «Площі заселення західним кукурудзяним жуком в Лісостепу України»

Проаналізувавши дані за 2020, 2021, 2022, 2023 та 2024 роки, і враховуючи адаптованість діабротіки до умов України, бачимо негативну динаміку розповсюдження жука в зоні нашого дослідження (Лісостеповій зоні). Таким чином, виходячи з результатів дослідження, швидкість поширення шкідника у Лісостеповій зоні, з урахуванням його рослин живителів, буде більшою, ніж у випадку, коли розселення залежить лише від кукурудзи. Встановлено, що найвищі показники швидкості розповсюдження фітофага спостерігаються і в інших областях: Дніпропетровській, Донецькій, Луганській та Одеській. Причиною цьому є насиченість у цих регіонах сівозміни сільськогосподарськими культурами, які є кормовими для імаго ЗКЖ і становить понад 40%.

1.4. Систематика виду

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera*) належить до родини листоїдів (*Chrysomelidae*), підродина *Galerucinae*.

Повна систематика західного кукурудзяного жука така:

Клас: Комахи (*Insecta*)

Ряд: Твердокрилі (*Coleoptera*)

Підряд: Всеїдні жуки (*Polyphaga*)

Надродина: Кукурудзяні жуки (*Chrysomeloidea*)

Родина: Листоїди (*Chrysomelidae*)

Підродина: *Galerucinae*

Рід: *Diabrotica*

Вид: *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte

Відомо, що рід *Diabrotica* включає кілька видів, які є значно небезпечними шкідниками сільськогосподарських культур, особливо кукурудзи. Серед найбільш поширених та небезпечних видів виділяються:

- Західний плямистий огірковий жук (*Diabrotica undecimpunctata*)

Морфологічні особливості: дорослі жуки мають жовто-зелене тіло з 11 чорними крапками на спинках. Личинки білого кольору з темною головою.

Біологічні особливості: цей вид має один цикл розвитку на рік. Личинки харчуються корінням кукурудзи, що призводить до значних пошкоджень.

Агрокліматичні особливості: поширений в Північній Америці, але інтродукований в Європу. В Україні цей вид не зустрічається, проте потенційно може адаптуватися до українських кліматичних умов. Личинки цього виду зазвичай харчуються корінням рослин, тоді як дорослі жуки пошкоджують листя, квіти та плоди. *Diabrotica undecimpunctata* має широкий спектр харчових уподобань: окрім кукурудзи, вони завдають шкоди огіркам, гарбузам, кабачкам, бобовим культурам і деяким злаковим. Через свою здатність швидко розмножуватися та адаптуватися до нових умов цей жук є серйозним викликом для фермерів, що вимагає контролю через сівозміни, біологічні та хімічні методи.

- Плямистий огірковий жук або південний кукурудзяний червець (*Diabrotica undecimpunctata howardi*)

Відомий як плямистий огірковий жук, є підвидом жуків родини листоїдів (*Chrysomelidae*), що становить серйозну загрозу для сільського господарства. Ці жуки поширені переважно в Північній Америці та особливо шкодять таким сільськогосподарським культурам, як огірки, гарбузи, кавуни, дині, кукурудза та бобові.

Зовнішній вигляд: жуки *Diabrotica undecimpunctata howardi* мають яскраво-зелене або жовте забарвлення з чорними плямами на надкрилах. Зазвичай на надкрилах є 11 плям, хоча їх кількість може дещо змінюватися. Дорослі особини досягають 5–6 мм у довжину.

Поведінка та життєвий цикл: зазвичай активні у теплий період року, особливо влітку, коли активно харчуються листям і стеблами рослин-господарів. Життєвий цикл *Diabrotica undecimpunctata howardi* складається з чотирьох стадій: яйце, личинка, лялечка і доросла особина. Самки відкладають яйця у ґрунт біля основи рослин, з яких через деякий час вилуплюються личинки, які живляться корінням, що, у свою чергу, може ослабити рослину, сповільнити її ріст і призвести до загибелі.

Шкода для сільського господарства: личинки пошкоджують кореневу систему рослин, що робить рослини вразливішими до хвороб та знижує врожайність. Дорослі жуки також завдають шкоди, поїдаючи листя і плоди, що погіршує зовнішній вигляд і якість урожаю. Це призводить до економічних втрат для фермерів, які вирощують вразливі жуком культури.

- Північний кукурудзяний червець (*Diabrotica barberi*)

Морфологічні особливості: дорослі жуки *Diabrotica barberi* мають тіло жовтувато-зеленого кольору з нечіткими чорними смугами на надкрилах. Їх розмір сягає 4-5 мм. Личинки мають світлий колір з темною головою і можуть досягати 13 мм в довжину.

Біологічні особливості та життєвий цикл: цей вид проходить чотири стадії розвитку: яйце, личинка, лялечка, дорослий жук. Влітку самки відкладають яйця у ґрунт навколо кореневої системи кукурудзи. Личинки вилуплюються і живляться корінням. Восени дорослі особини з'являються для розмноження.

Агрокліматичні особливості: оптимальні температури для розвитку *Diabrotica barberi* коливаються в межах від 20 до 30°C. Довгі, теплі літні періоди сприяють швидкому розвитку популяцій, тоді як різкі похолодання або надмірно низькі температури можуть уповільнити життєвий цикл. Личинки потребують помірної вологості в ґрунті для комфортного розвитку. Занадто сухі або занадто зволожені ґрунти знижують шанси на виживання, оскільки в таких умовах личинкам складніше харчуватися корінням кукурудзи. *Diabrotica barberi* переважно зустрічається на ґрунтах з достатньою кількістю органічних речовин, які часто використовуються для вирощування кукурудзи. Рихлий ґрунт також сприяє легкому проникненню личинок до коріння рослин. Яйця зимують у ґрунті на глибині до 15 см. Помірні зими з достатнім сніговим покривом, який захищає яйця від сильного промерзання, сприяють високій виживаності потомства. Сильні морози без снігу, навпаки, знижують виживаність.

Шкода для сільського господарства: личинки пошкоджують кореневу систему кукурудзи, що призводить до в'янення рослин і зниження врожайності. Крім того, ослаблені рослини стають більш вразливими до вітрових навантажень.

- Південноамериканський кукурудзяний жук (*Diabrotica speciosa*)

Морфологічні особливості: дорослі особини мають зелене тіло з жовтими смугами на надкрилах. Личинки білого кольору, з темною головою, подібні до личинок інших видів *Diabrotica*.

Біологічні особливості та життєвий цикл: *Diabrotica speciosa* відкладає яйця у ґрунт навколо коріння, з якого вилуплюються личинки, що живляться корінням і можуть серйозно пошкоджувати рослини. Пізніше личинки заляльковуються у ґрунті, і дорослі особини з'являються восени.

Агрокліматичні особливості: цей вид поширений в теплих регіонах Південної Америки, таких як Бразилія та Аргентина.

Шкода для сільського господарства: цей жук завдає шкоди різноманітним культурам, зокрема кукурудзі, сої та картоплі, пошкоджуючи кореневу систему та листя, що може значно знижувати врожайність.

- Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera*)

Морфологічні особливості: дорослі жуки мають жовте тіло з трьома чорними поздовжніми смугами на крилах. Личинки білуваті з темною головою.

Біологічні особливості: жуки мають одне покоління на рік. Личинки пошкоджують коріння кукурудзи, що може призводити до значного зменшення врожаю.

Агрокліматичні особливості: цей вид поширений в Північній Америці та Європі. В Україні зустрічається також.

При порівнянні морфологічних, біологічних та агрокліматичних особливостей вищенаведених видів, можна помітити, що усі охарактеризовані види мають схожі морфологічні риси: жовте або жовто-зелене тіло, чорні смуги або крапки на крилах, білуваті личинки з темною головою, а біологічні особливості у включають одне покоління на рік та личинки, які живляться корінням кукурудзи. Всі види можуть завдавати значної шкоди врожаю кукурудзи. *Diabrotica* є досить поширенішим в Європі, а також у декількох областях України, але в основному поширені в Північній Америці, але мають потенціал для адаптації до українських умов.

Варто використовувати зміну культур на полях, щоб запобігти накопиченню шкідників, стійкі, генетично модифіковані сорти кукурудзи до шкідників, хімічні препарати для знищення шкідників. Необхідно дотримуватись рекомендацій щодо дозування та строків обробки.

Використання сучасних технологій для відстеження та виявлення осередків шкідників.

Відомо, *Diabrotica virgifera virgifera* належить до карантинних шкідників у Європі, включаючи Україну та занесений з 2002 року до списку «Переліку

регульованих шкідників, хвороб рослин та бур'янів України», категоризація А2 (обмежено поширені). За даними переліку цей вид включений до карантинних списків через його здатність завдавати значної шкоди врожаю кукурудзи. Інші види, такі як *Diabrotica undecimpunctata*, *Diabrotica undecimpunctata howardi*, *Diabrotica speciosa* та *Diabrotica barberi*, наразі не належать до карантинних списків в Україні та Європі, оскільки вони не поширені на цих територіях.

Узагальнюючи, кожен із наведених вище видів *Diabrotica* завдає значних втрат сільському господарству, особливо в регіонах з теплим або помірним кліматом. Ефективні методи контролю включають сівозміну, інсектициди та використання стійких сортів культур. Але *Diabrotica virgifera virgifera* є найбільш значущим шкідником для Європи та України, вимагаючи постійного контролю та заходів боротьби. Інші види *Diabrotica* поки що не мають значного впливу на сільське господарство в цих регіонах, але їхнє потенційне поширення потребує постійного моніторингу та готовності до вжиття відповідних заходів відповідно до ризику їхньої інтродукції через глобалізацію та зміну клімату.

Таблиця 2. Порівняльна таблиця шкідників роду *Diabrotica* та рівень небезпеки поширення для України.

Вид	Морфологічні особливості	Біологічні особливості	Рівень небезпеки для України
<i>Diabrotica undecimpunctata</i> (західний плямистий огірковий жук)	Жовто-зелене тіло з 11 чорними крапками на спині. Личинки білі з темною головою.	Один цикл на рік, личинки живляться корінням, дорослі пошкоджують листя та плоди.	Потенційна небезпека через адаптацію до українського клімату, але наразі не поширений.
<i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i> (плямистий огірковий жук)	Жовте або зелене тіло з 11 чорними крапками. Розмір 5–6 мм.	Активний влітку, личинки харчуються корінням, дорослі – листям і плодами.	Наразі не зустрічається в Україні. Потенційна загроза при інтродукції.
<i>Diabrotica barberi</i> (північний кукурудзяний червець)	Жовтувато-зелене тіло з нечіткими чорними смугами,	Один цикл на рік. Личинки пошкоджують	Не зустрічається в Україні. Середній потенціал

	личинки довжиною до 13 мм.	коріння, дорослі живуть у теплий сезон.	адаптації до українських умов.
<i>Diabrotica speciosa</i> (південноамериканський кукурудзяний жук)	Зелене тіло з жовтими смугами, білуваті личинки з темною головою.	Відкладає яйця в ґрунт, личинки пошкоджують коріння.	Небезпека низька, вид поширений лише в Південній Америці.
<i>Diabrotica virgifera virgifera</i> (західний кукурудзяний жук)	Жовте тіло з трьома чорними поздовжніми смугами.	Один цикл на рік, личинки пошкоджують коріння, дорослі шкодять листям.	Високий рівень небезпеки: карантинний шкідник, обмежено поширений в Україні.

1.5. Шкідливість західного кукурудзяного жука

У Сполучених Штатах західний кукурудзяний жук є одним із головних шкідників кукурудзи, боротьба з яким обходиться в значну суму – близько мільярда доларів щорічно на ґрунтові інсектициди. Цей шкідник завдає шкоди як у дорослій стадії (імаго), так і на стадії личинки. Дорослі жуки пошкоджують кукурудзяні волоті, стовпчики жіночих суцвіть, листя, а іноді навіть молоді качани, що призводить до зменшення кількості зерен і, відповідно, зниження врожайності.



Рис. 5. Пошкодження імаго *Diabrotica virgifera virgifera* [55]

Личинки західного кукурудзяного жука зазвичай живляться корінням кукурудзи, що призводить до скорочення кореневої маси, пригнічення росту кореневої системи та підвищеної вразливості рослини до збудників вірусних, грибкових і бактеріальних хвороб. Пошкоджене коріння стає слабким, уражається бурими гнилями, а рослина часто засихає, не даючи повноцінного врожаю. В результаті дорослі рослини стають крихкими, схильними до вилягання, а стебла набувають характерної форми «гусячої ший», що ускладнює або й зовсім унеможлиблює механізований збір врожаю[7].

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera*) продовжує загрожувати аграрному сектору України, особливо в регіонах з інтенсивним вирощуванням кукурудзи. В останні роки в Україні відзначено зростання популяції шкідника, що пов'язано з теплішими зимами, які сприяють виживанню яєць і личинок. Також спостерігається розвиток стійкості жука до деяких інсектицидів, що ускладнює контроль. Ефективні методи включають чергування культур та біологічний контроль, щоб зменшити залежність від хімічних засобів.

1.6. Біологічні особливості західного кукурудзяного жука.

Імаго західного кукурудзяного жука має зеленувато-жовте забарвлення з темними смугами на передніх крилах. Середня довжина тіла складає близько 5,5 мм. У самців довжина тіла варіюється від 4,4 до 6,6 мм, тоді як у самок – від 4,2 до 6,8 мм. Черевце самки зазвичай ширше та довше, ніж у самця, і трохи виступає з-під надкрил. Жук має міцний зовнішній скелет, який захищає його від пошкоджень. Голова блідо-коричневого кольору, блискуча, менша за передньоспинку. На голові розташовані складні очі та чутливі ниткоподібні вусики, які допомагають орієнтуватися в навколишньому середовищі. У самців вусики такої ж довжини, як тіло, а у самок вони становлять три чверті довжини тіла. Другий і третій членики вусиків мають однакову довжину: перший, другий і третій членики – гладкі та блискучі, а решта – шорсткі. Перший членик забарвлений у зелено-жовтий колір, інші – у темно-коричневий. Ротовий апарат жука пристосований для жування, з потужними щелепами, які дозволяють легко

подрібнювати та жувати рослинну тканину, зокрема листя кукурудзи – основний компонент його раціону.

Передньоспинка квадратної форми, майже позбавлена волосків, золотистого кольору, з двома виступаючими щетинками на передніх і задніх кутах і ще однією короткою щетинкою збоку. На її основі є дві ледь помітні ямки. Надкрила жука золотистого кольору або зеленувато-коричневого, до чорного чи світло-зеленого відтінків. У самок надкрила мають три поздовжні смуги зеленого або коричневого кольору, тоді як у самців вони темні, без смуг, світло-жовті на кінцях. Плечі надкрил прямі й ширші за передньоспинку, з легкими зморшками та заокругленими кінцями. Пунктуація надкрил дрібна, розсіяна й нерегулярна. Фронтальні горбики виражені, проте нечітко відокремлені. Щетинки в очних ямках короткі та рівномірні.

Імаго має три пари ходильних ніг: передні призначені для ходьби, задні – для стрибків. Кокси і вертлюги всіх ніг жовті, гомілки й лапки коричневого кольору. Лапка чотиричленикова, з довгим першим члеником. Кігтики загострені й трохи зігнуті, з невеликим придатком між ними.

Самки західного кукурудзяного жука схожі на самців, але можуть бути більш округлими в тазовій частині через наявність яйцеклада. Самки відкладають яйця на коренях кукурудзи. У самців є гачкоподібні вирости на задніх ногах, які допомагають утримувати самку під час копуляції, а черевце здається обрубаним.

Яйця роду *Diabrotica* мають овальну форму, завдовжки до 0,6 мм і шириною 0,4 мм. Вони блідо-жовтого кольору, з характерною шорсткою поверхнею і рельєфними плямами. Така будова відрізняє яйця західного кукурудзяного жука від інших представників роду *Diabrotica*.

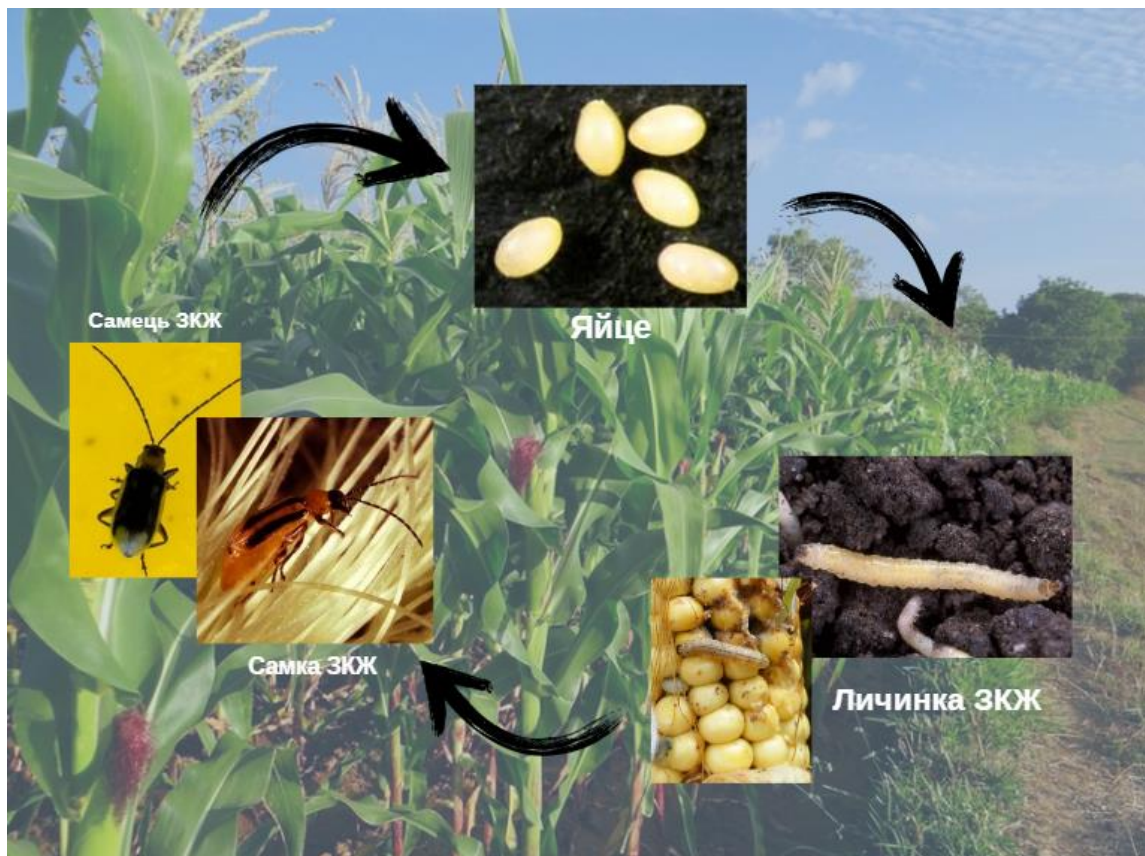


Рис. 6. Схема розвитку західного кукурудзяного жука[55]

Личинка західного кукурудзяного жука має блідо-жовтий або білий відтінок. Вона оснащена трьома парами хітинізованих ніг темно-коричневого кольору, має передньогрудний і анальний щитки, а також хітинізовану голову коричневого кольору. Після виходу з яйця довжина личинки становить близько 1,2 мм, а доросла личинка досягає 13 мм завдовжки та 1,5-2 мм завтовшки.

Лялечка *Diabrotica* перебуває у ґрунті поблизу кореневої системи рослин і має блідо-жовте або біле забарвлення. Її розмір становить від 4,5 до 5,5 мм. Дорослі жуки стають активними влітку, коли кукурудза перебуває на стадії росту та розвитку. Вони збираються на рослині, зокрема на волоті, щоб харчуватися і розмножуватися.

1.6.1 Екологічні особливості розвитку ЗКЖ

Diabrotica virgifera virgifera Le Conte за типом живлення є монофагом, оскільки личинки харчуються виключно корінням кукурудзи. Однак у разі

нестачі цього корму вони можуть тимчасово перейти на коріння деяких злакових рослин, хоча їх харчова цінність є недостатньою. Дорослі жуки споживають пилок, маточні стовпчики, незрілі зерна і листя кукурудзи, а також пилок рослин з родини гарбузових, бобових, злакових і складноцвітих.

Західний кукурудзяний жук відрізняється високою пластичністю та здатністю адаптуватися до різних умов. Він може виживати в холодних зимах та спекотних літах, а також витримувати певні рівні забруднення ґрунту та повітря. Цей вид також демонструє високу мобільність і здатність до тривалих перельотів — до 16 км, що сприяє його швидкому розповсюдженню.

D. v. v. розвиває одну генерацію на рік, а вихід жуків з ґрунту відбувається в кінці липня — на початку серпня, що збігається з фазою цвітіння кукурудзи. Процес появи жуків триває близько шести тижнів, спочатку з'являються самці, а потім — самки. Після спарювання самки відкладають яйця протягом 10 днів, а потім роблять перерви для годування. Жуки можуть мігрувати у пошуках їжі або залишатися на кукурудзяних полях, які їх приваблюють кольором і запахом. Максимальна дальність польоту проти вітру не перевищує 1200 метрів.

Самка відкладає яйця у верхні шари ґрунту на глибині до 15 см біля основи стебла рослини, віддаючи перевагу вологим місцям і температурам вище 10°C. На зрошуваних ділянках яйця можуть бути відкладені в борозенках між рядами, а соя також приваблює самок для кладки. Загалом, самка може відкласти до 1000 яєць, а тривалість її життя варіює від 19 до 126 днів, в середньому — близько 95 днів. Репродуктивний період триває 10-15 днів, а життєздатні яйця можуть з'явитися приблизно через 60 днів після спарювання.

На стадії яйця *D. v. v.* переживає зиму, маючи високу морозостійкість — витримує температури до -10°C. При -15°C яйця можуть загинути за тиждень. Цей вид має факультативну ембріональну діапаузу, яка починається при температурах +4-5°C. Після двох тижнів з таких яєць в лабораторних умовах можна отримати личинок, але в природних умовах вони гинуть навіть за наявності кормових рослин. Яйця переходять у холодове зціплення до весняного відродження личинок.

Самки надають перевагу чорноземам або глинястим ґрунтам для відкладання яєць, тоді як піщані ґрунти їх менше приваблюють. Вологість ґрунту впливає на глибину кладки: в умовах високої вологості яйця відкладаються ближче до поверхні. Яйця можуть витримувати затоплення до 10 днів, і самки не відкладають їх у сухий ґрунт. Основна маса яєць розташована на глибині до 5 см, а максимальна глибина не перевищує 15 см, що означає, що личинки можуть відроджуватися наступного року.

Оптимальна температура для розвитку цього виду становить 21-30°C, з порогом розвитку імаго +9°C. Личинки починають відроджуватися навесні, коли температура ґрунту досягає +11-13°C, і одразу ж починають живитися. Личинки проходять три стадії (яйце, личинка, лялечка), їх розвиток триває 3-4 тижні. Період від вилуплення до появи дорослих особин коливається від 27 до 71 дня, залежно від температури. Після вилуплення личинки прямують до коренів рослини-господаря, здатні переміщуватися до 50 см у пошуках їжі. Проте щільний і сухий ґрунт збільшує кількість мертвих личинок. Більшість з них знаходиться біля основи стебла на відстані до 10 см. Молоді личинки харчуються кореневими волосками та тканиною коренів кукурудзи, тоді як старші проникають у серцевину рослини. Личинки третього віку заляльковуються в ґрунті з середини червня до кінця липня, причому більшість з них знаходиться в верхньому шарі, але можуть бути й на глибині до 20 см. Лялечки не витримують тривалого затоплення, і надмірний полив під час їх заляльковування може зменшити появу дорослих особин до 50%. У природньому середовищі західний кукурудзяний жук є частиною екосистеми, підтримуваної природними механізмами. Проте в нових регіонах, де він не є природним біорегулятором, може завдати значної шкоди сільськогосподарським культурам.

1.7. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука

Західний кукурудзяний жук славиться своєю високою стійкістю до численних інсектицидів, що робить його серйозним ворогом для фермерів, які

вирощують кукурудзу. Щорічні втрати врожаю та витрати на боротьбу з цим шкідником можуть сягати 1 мільярда доларів у США. В країні використовувалися піретроїдні інсектициди для боротьби з личинками або дорослими особинами західного кукурудзяного червця (*D.v.v*), *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte - основного шкідника кукурудзи в Сполучених Штатах.

У відповідь на повідомлення про зниження ефективності піретроїдів у програмах управління *D.v.v* у південно-західних районах штатів Небраска та Канзас, це дослідження було розроблено для встановлення базової лінії сприйнятливості до піретроїдного інсектициду, біфентрину, з використанням сприйнятливих лабораторних популяцій та для порівняння цієї базової лінії з чутливістю до польові популяції. Для оцінки базової чутливості проводили біологічні аналізи «концентрація-відповідь». Виходячи з вихідних даних, була визначена діагностична концентрація (LC99) і використана для тестування дорослих як лабораторних, так і польових популяцій. Сприйнятливість личинок також перевірялася з використанням як лабораторних, так і польових популяцій. Були зареєстровані значні відмінності у сприйнятливості дорослих особин і личинок серед польових і лабораторних популяцій WCR. Найвищий LC50 для дорослих *D.v.v* спостерігався в популяціях із округів Кіт 2 і Чейз, штат Небраска, з LC50 2,2 і 1,38 мкг/флакон, відповідно, і в окрузі Фінні 1, Канзас, з 1,43 мкг/флакон, порівняно з лабораторним не-популяція діапаузи (0,24 мкг/флакон). Для личинок також були зареєстровані значні відмінності між польовими та лабораторними популяціями *D.v.v*. Значні відмінності в смертності при діагностичній концентрації біфентрину (LC99) спостерігалися серед дорослих популяцій *D.v.v*, при цьому популяції західного кукурудзяного поясу демонстрували меншу чутливість до біфентрину, особливо в південно-західній Небрасці та південно-західному Канзасі. Це дослідження надає докази того, що резистентність до біфентрину розвивається в польових популяціях, які протягом багатьох років піддавалися дії піретроїдних інсектицидів[52].

У підсумку, згідно даних Національного інституту охорони здоров'я США, резистентність до піретроїдів, що виникла в польових умовах, була підтверджена

в популяціях західного кукурудзяного хробака (*D.v.v*), зібраних із заходу Сполучених Штатів (США). Було підтверджено, що рівні резистентності дорослих особин *D.v.v.*, оцінені в лабораторних біотестах, значно знижують ефективність біфентрину, що вноситься позакоренево. Мета цього дослідження полягала в тому, щоб дослідити вплив рівня резистентності *D.v.v* до піретроїдів на ефективність звичайних інсектицидних композицій, що застосовуються в ґрунті (23,4% тefлутрину, 17,15% біфентрину та 0,1% цифлутрину + 2,0% тебупіримфосу)[53,54].

Результати свідчать: усі обробки ґрунту інсектицидами ефективно захистили коріння кукурудзи від чутливої до піретроїдів популяції *D.v.v* у Сондерсі. Ефективність звичайних ґрунтових інсектицидів, які використовуються в США для регулювання *D.v.v*, була значно знижена в популяціях, що демонструють відносно низький рівень резистентності *D.v.v* до піретроїдів. Використання мультитактичного підходу до управління *D.v.v* в рамках інтегрованої системи управління шкідниками може пом'якшити еволюцію резистентності та продовжити корисність інсектицидів *D.v.v* у системі.

В Україні для ефективної боротьби із західним кукурудзяним жуком важливим агротехнічним прийомом є сівозміна. Рекомендується чергувати зернові культури, а також багаторічні трави, конюшину та люцерну. Після виявлення первинних осередків шкідника на кукурудзяних полях їх переорюють і засівають іншими культурами, не висіваючи кукурудзу на цих ділянках протягом наступних трьох-п'яти років. Крім цього, проводять відвальну оранку та засівають крайові ділянки стійкими сортами, які здатні відновлювати кореневу систему, що підвищує ефективність контролю шкідника, особливо в умовах холодних зим.

Вибір стійких сортів кукурудзи, які мають високу резистентність до захворювань та шкідників, у тому числі до цього жуком також є значущим фітосанітарним прийомом. Важливо проводити регулярні контрольні огляди посівів: перший — під час сходів, другий — у фазі цвітіння, третій — перед обмолотом, із відбором ґрунтових проб на аналіз. Не менш важливим є

використання пасток: феромонні пастки можуть допомогти виявити західного кукурудзяного жука. Рекомендується встановлювати одну пастку на 5 гектарів під час цвітіння кукурудзи, починаючи за кілька тижнів до її появи для раннього виявлення шкідника.

В Україні діє «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання», за яким проводяться хімічні обробки проти шкідників, зокрема західного кукурудзяного жука. У контексті підвищення екологічної безпеки важливо також впроваджувати біологічні методи боротьби. Для контролю личинок застосовуються тербуфос, хлормерфос, карбофуран, фонат, біфентрин, фіпроніл і ліндан, які вносять у міжряддя кукурудзи.

Для боротьби з дорослими особинами та личинками *D. virgifera* використовують препарати з актуального Переліку, такі як Регент 20G (д.р. фіпроніл) і Карате Зеон 050 CS (д.р. лямбда-цигалотрон). Важливим є також вибір гібридів та сортів кукурудзи з урахуванням кліматичних умов регіону, оскільки ігнорування сівозміни та хімічних заходів може призвести до збільшення чисельності шкідника.

Розділ 2. Місце та умови проведення досліджень

2.1. Природно-кліматичні умови регіону досліджень

Черкаська область, розташована в центральній частині України, характеризується різноманітними природно-кліматичними умовами, які суттєво впливають на розвиток і поширення шкідливих організмів, зокрема західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte).

Черкаська область займає територію, яка має вигідне географічне положення. Її межі охоплюють зони Лісостепу, що забезпечує природний баланс між вологими і сухими умовами. Наявність річок, зокрема Дніпра, створює сприятливі умови для зростання рослинності, що є основою для живлення шкідників[1].

Клімат Черкаської області відрізняється помірно-континентальними рисами, що характеризується теплим літом і холодною зимою. Середня температура влітку може досягати 23–25 °С, а взимку опускається до -5 °С. Такий температурний режим сприяє активному розвитку кукурудзяних плантацій, які є основною мішенню для західного кукурудзяного жука.[23]

Крім того, наявність достатньої кількості опадів протягом року (середньорічна норма – близько 500-600 мм) створює вологі умови, які стимулюють зростання кукурудзи та інших сільськогосподарських культур, що в свою чергу може приваблювати шкідників.

Ґрунти Черкащини переважно чорноземні, що є одними з найбільш родючих ґрунтів в Україні. Вони характеризуються високою плодючістю і хорошими фізико-хімічними властивостями. Такі умови ідеально підходять для вирощування кукурудзи. Багато господарств в області спеціалізуються на вирощуванні кукурудзи, що підвищує ризик виникнення шкідливих організмів.[2]

Кліматичні умови Черкаської області позитивно сприяють природному розмноженню західного кукурудзяного жука. Перевага теплих літніх місяців забезпечує довгий вегетаційний період, впродовж якого шкідник може

здійснювати активний розвиток і розселення.[1],[22] Вітер, який зазвичай південно-західний, може сприяти перенесенню дорослих особин жуків на нові території.

У висновку, з урахуванням зазначених природно-кліматичних умов, Черкаська область стає вразливою до інвазії західного кукурудзяного жука. Адаптивні здібності цього шкідника, його здатність до швидкого розмноження та проникнення на нові території підсилюють загрозу для аграрного сектору регіону. Таким чином, природно-кліматичні умови Черкаської області створюють оптимальні фактори для розвитку та поширення західного кукурудзяного жука, що робить цю тему надзвичайно актуальною для дослідження в контексті контролю та управління агрономічними ризиками.

2.2. Методика обліку фітофагів кукурудзи

Західний кукурудзяний жук (*D.v.v.*), *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, є значним інвазійним шкідником посівів кукурудзи в Європі. Інтегрована боротьба зі шкідниками вимагає відповідної системи моніторингу, яка виявляє активність комах з високою точністю в режимі реального часу. За даними досліджень «National Library of Medicine» (офіційний сайт уряду США) у своїх дослідженнях показали та протестували новий електронний пристрій (ZooLog KLP), який був розроблений для виявлення *D.v.v.* у польових умовах.

«ZooLog KLP» складається з елемента пастки, який приваблює комах своїм кольором і статевим феромоном, характерним для певного виду. Інша частина — це оптико-електронне сенсорне кільце, яке виявляє зразки, коли вони потрапляють у пастку. При виявленні час вилову фіксується та надсилається на веб-інтерфейс.

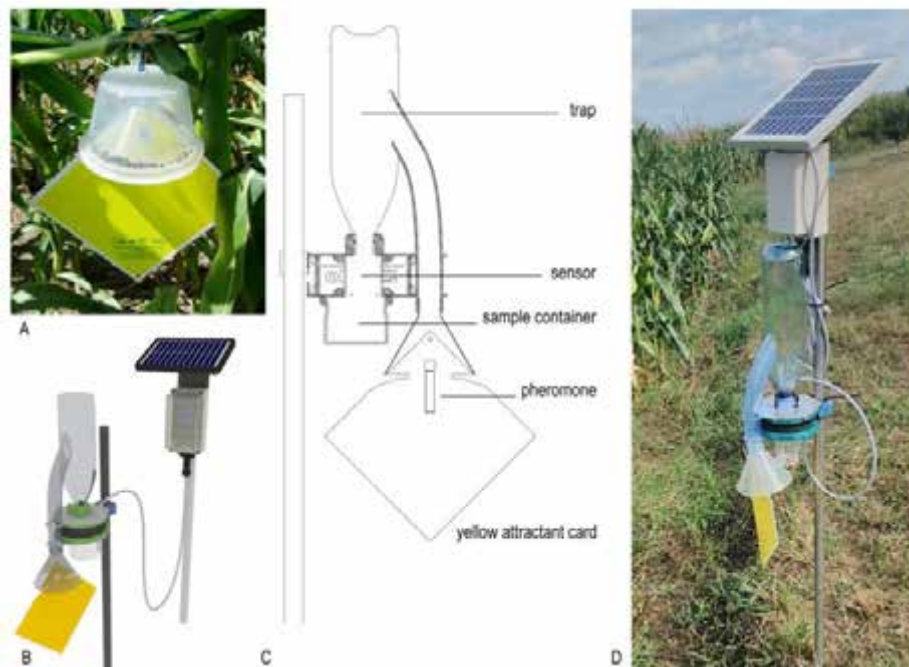


Рис. 7. Конструкція нового зонда «ZooLog KLP» [56]

(A): оригінальна пастка «капельох» CSALOMON KLP. Особини кукурудзяного хробака (WCR) приваблюються феромоном до перевернутої воронки, звідки вони не можуть вибратися. (B,C): конструкція та поперечний переріз нового зонда. Жовта картка та перевернута воронка з'єднані з ПЕТ-пляшкою, звідки особини *D.v.v.* потрапляють через сенсорне кільце в контейнер для зразків. Дані виявлення передаються в центральну базу даних через Інтернет. Сонячна панель забезпечує живлення для електроніки, що дозволяє онлайн-моніторинг протягом усього сезону. (D): Новий зонд, розміщений поруч із тестовим кукурудзяним полем.

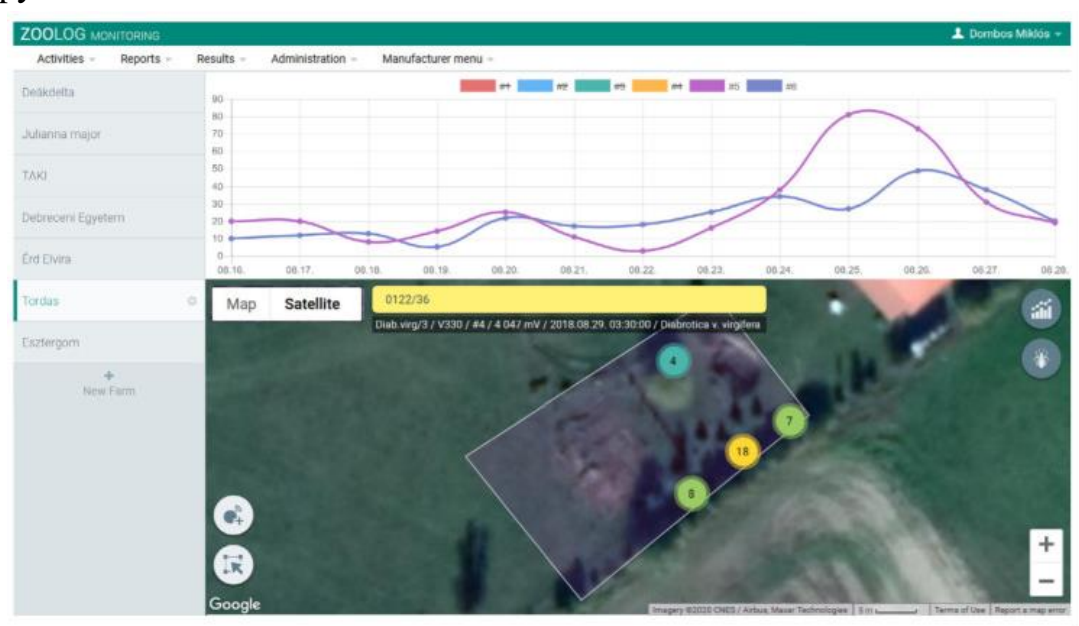


Рис. 8. Веб-інтерфейс ZooLog Online [56]

Система моніторингу надає щоденні дані через Інтернет. Зонди та їх стан візуалізуються на карті. Цей інтерфейс також використовується для налаштування зондів і фільтрації даних. Результати даних виявлення можна завантажити та автоматично візуалізувати у вигляді графіків, як правило, кількість виявлених комах на день.

У цьому дослідженні стежили за моделями польотів *D.v.v.* протягом шести тижнів у двох місцях, використовуючи зонди ZooLog KLP. Досліджували точність датчика, порівнюючи кількість уловів із кількістю виявлень. Інструмент досяг високої точності (95,84%) запису *D.v.v.*. Було виявлено пік льотної активності в серпні та бімодальну денну схему. Цей метод може бути корисним для виявлення *D.v.v.* під час їх активності, а цей новий пристрій може служити прототипом для систем моніторингу в реальному часі та покращити боротьбу з цим шкідником.

Розділ 3. Експериментальна частина

3.1. Фітофаги кукурудзи регіону досліджень

Для Черкаської області кукурудза є однією з основних сільськогосподарських культур. Її популярність зумовлена високою врожайністю, адаптивністю до різних агрокліматичних умов та широким застосуванням в харчовій промисловості. Однак, вирощування кукурудзи супроводжується значними ризиками, пов'язаними з фітофагами, які завдають шкоди рослинам. У цьому розділі буде розглянуто основні види фітофагів, що впливають на кукурудзу в Черкаській області, їх біологічні особливості, шляхи розповсюдження та заходи контролю.

У першу чергу це об'єкт нашого дослідження – західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera*). Він є одним із найзначніших шкідників кукурудзи в Україні. Вже відомо, що личинки цього шкідника живляться корінням рослин, що призводить до ослаблення рослин і, як наслідок, до зниження врожайності. Жуки також можуть пошкоджувати качани, що робить кукурудзу менш конкурентоспроможною. У Черкаській області спостерігається висока чисельність цього шкідника, особливо в господарствах, де кукурудза вирощується протягом кількох років поспіль.

Не менш шкідливим є кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis*). Цей шкідник завдає шкоди переважно на стадії лялечки та дорослої особини. Личинки метелика проникають у стебла рослин, що призводить до їх зламу та зниження врожайності. Спостереження в Черкаській області показують, що ураження кукурудзи метеликами відбувається в основному в серпні, під час цвітіння.

Шкодить і картопляний жук (*Leptinotarsa decemlineata*), хоча вважається основним шкідником картоплі, але також може впливати на кукурудзу, особливо в періоди, коли його основний корм відсутній. Жуки живляться листям, що зменшує фотосинтетичну активність рослин і, відповідно, знижує врожай.

Мишачий клоп (*Lygus spp.*). Мишачі клопи є ще одними небезпечними фітофагами, які можуть пошкоджувати кукурудзу. Вони висмоктують сік з молодих пагонів, що призводить до затримки росту рослин і зниження їх продуктивності.

Черкаська область характеризується сприятливими кліматичними умовами для вирощування кукурудзи, що, у свою чергу, створює оптимальні умови для розмноження фітофагів. Поєднання помірного клімату, родючих чорноземів і достатньої вологості забезпечує сприятливі умови для розвитку шкідників. Особливо це стосується весняно-літнього періоду, коли відбувається активний ріст кукурудзи, а також збільшення чисельності шкідників. Тому для ефективної боротьби з фітофагами кукурудзи в Черкаській області необхідно впроваджувати комплексний підхід такі як: сівозміна, регулярні моніторинги посівів на предмет виявлення шкідників і захворювань, використання інсектицидів, що дозволені до застосування в Україні обґрунтовано і своєчасно, а також залучення природних ворогів шкідників, таких як паразитичні оси та ентомопатогенні гриби, може суттєво знизити їх чисельність.

Тому, впевнено можна зробити висновок, що фітофаги кукурудзи в Черкаській області становлять серйозну загрозу для сільського господарства. З метою забезпечення стабільних врожаїв необхідно розробити комплексні заходи контролю, що враховують як агротехнічні, так і біологічні аспекти. Тільки злагоджена робота аграріїв, науковців та фахівців з захисту рослин може суттєво знизити негативний вплив фітофагів на врожайність кукурудзи.

3.2. Вогнища ЗКЖ на території Черкаської області

Динаміка поширення Західного кукурудзяного жука за останні роки почала значно зростати. Проаналізувавши дані за 2023-2024рр. можна побачити, що територій, на яких запроваджено карантин, стало значно більше. У Черкаській області важливим є запровадження карантинних зон для обмеження подальшого поширення шкідника, а також впровадження систематичного моніторингу, використання феромонних пасток для контролю популяції та застосування

інтегрованих методів захисту культур. Оскільки цей вид здатний до швидкої адаптації та розповсюдження, комплекс заходів має включати як короткострокові, так і довгострокові стратегії боротьби з ним для зменшення економічних втрат і мінімізації ризиків для агроecosystem регіону.

За даними Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, провівши суб'єктивний аналіз збільшення кількості заражених площ, дані якого наведені в Таблиці 1, бачимо, що акліматизація та адаптація даного виду у вільних зонах є досить суттєвою.

Таблиця 3. Заражені площі (га) в Черкаській області станом на 2023-2024 рр.

(за даними <https://dpss.gov.ua>)

№	Район	Загальна площа зараженн я, (га)	№	Район	Загальна площа зараження, (га)
2023 рік			2024 рік		
1	Чигиринська громада	90,89 га.	1	Набутівська громада	52 га
2	Руськополянська громада	108 га.	2	Городищенська громада	155,7 га.
3	Баштечківська громада, Уманського району	38 га.	3	Уманський район	138,03 га
4	Уманський район	92,1 га.	4	Уманський район (ТОВ «УМАНЬ-АГРО»)	152,3 га
5	Городищенська громада	179 га.	5	Звенигородський район, Водяницька громада	92,8 га
6	Золотоніська громада	86,87 га.	6	Золотоніський район	26,2 га.
7	Новодмитрівської ОТГ, Золотоніського району	140 га.	7	Михайлівська громада	78 га;
			8	Паланська сільська територіальна громада	183 га.
			9	Уманський район, територія ТОВ «САБАДАШ-АГРО»	44 га
Tota l:		734,86 га			919,03 га

3.3 Динаміка розвитку західного кукурудзяного жука на посівах кукурудзи

Дослідження динаміки розвитку західного кукурудзяного жука на посівах кукурудзи в Черкаській області дозволяє отримати важливу інформацію для розробки ефективних стратегій контролю цього шкідника. Врахування кліматичних, агрономічних і екологічних факторів сприяє підвищенню врожайності та стабільності виробництва кукурудзи в регіоні.

Для ефективного контролю західного кукурудзяного жука важливо впроваджувати систематичний моніторинг його чисельності. Це дозволяє визначати оптимальний час для застосування інсектицидів та інших заходів боротьби. Використання інтегрованих підходів, які поєднують агрономічні практики, біологічний контроль та хімічні засоби, є ключем до успішного управління шкідниками на посівах кукурудзи.

Тому, враховуючи середню швидкість поширення шкідника, яка становить 40-50 км/рік та проаналізувавши результати попередніх досліджень пошкодження західним кукурудзяним жуком посівів кукурудзи у зоні Лісостепу, зокрема у західній та центральній частинах, ймовірне заселення шкідником посівів кукурудзи динаміка заселення може складати від 10 до 25% щорічно. У зв'язку з інтенсивним вирощуванням кукурудзи, вивчення динаміки популяції цього шкідника набуває особливої актуальності для забезпечення стабільності врожайності та впровадження ефективних засобів контролю.

Цикл розвитку західного кукурудзяного жука складається з кількох етапів: яйце, личинка, пупарка та доросла особина. У Черкаській області, за сприятливих погодних умов, самки відкладають яйця в травні-червні. Личинки, які з'являються через 7-10 днів, активно живляться коренями кукурудзи протягом 3-4 тижнів, що може призводити до суттєвих пошкоджень рослин.

Фактори, що впливають на динаміку популяції. Тобто кліматичні умови області досліджень суттєво впливають на динаміку розвитку західного кукурудзяного жука в Черкаській області і першочергово залежить від

температури повітря та вологість ґрунту. Високі температури сприяють швидшому розвитку личинок і дорослих особин, тоді як недостатня волога може знижувати їхню життєздатність.

Західний кукурудзяний жук (ЗКЖ) має одну генерацію на рік, що призводить до збільшення його популяції внаслідок розмноження, хоча після зимового періоду спостерігається зменшення чисельності. Для активності імаго необхідно, щоб температура повітря становила не менше 15°C. Динаміка льоту шкідника значно залежить від кліматичних та агрономічних умов, таких як рання або затяжна весна, коливання температури, вологість, а також застосовані заходи захисту. Кількість імаго ЗКЖ зазвичай стабілізується та зростає, коли встановлюється стабільна, тепла та суха погода, що характерно для Черкаської області в період з кінця червня до початку липня.

3.4. Фенологія ЗКЖ

Температурні умови та наявність достатньої харчової бази сприяють розвитку *D. virgifera* в Черкаській області. Весняне пробудження яєць, які перезимували, відбувається наприкінці квітня, коли температура ґрунту перевищує 12°C. Процес розвитку личинок починається на початку травня і триває до початку липня, залежно від прогрівання ґрунту. Найсприятливіші температури для заляльковування спостерігаються на початку червня, а масове заляльковування відбувається наприкінці червня та на початку липня. Перші імаго виявляються на феромонних пастках приблизно в середині липня, тоді як масовий літ відбувається наприкінці липня та на початку серпня. Самки починають відкладати яйця в цей період, а найвища чисельність імаго на пастках реєструється в серпні.

Диференційований аналіз етапів онтогенезу ЗКЖ з урахуванням температурних показників і календарних дат дозволяє ефективно планувати моніторинг та карантинні заходи для їх контролю. Інформація для цього наведена в таблицях 1 і 2.

Фенологічний цикл ЗКЖ складається з кількох етапів:

Яйцекладка: навесні, після зими, самки відкладають яйця в ґрунт поблизу коріння кукурудзи.

Личинка: через тиждень-два з яєць вилуплюються личинки, які починають житися кореневою системою рослин.

Стадія жуків-личинок: через 4-6 тижнів личинки досягають стадії жуків-личинок, виходять на поверхню та перетворюються на дорослих імаго.

Імаго: дорослі жуки живуть близько місяця, за цей час вони пошкоджують листя, волоть та молоді качани кукурудзи.

Відкладання яєць: самки починають відкладати яйця з першої декади серпня, а з листопада — зимуючі яйця у ґрунт.

Враховуючи цей фенологічний цикл, можна визначити оптимальні часи для контролю за західним кукурудзяним жуком. Наприклад, інсектициди можуть бути ефективно використані на ранніх етапах весни для знищення яєць, або влітку для боротьби з дорослими особинами. Феромонні пастки також можуть допомогти у визначенні наявності шкідника та контролю його чисельності.

Таблиця 4. Фенологічний календар *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte

(Черкаська обл., Золотоніський р-н, 2023-24 рр.)

квітень			травень			червень			липень			серпень			вересень			жовтень			листопад		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
(•)	(•)	(•)																					
			-	-	-	-	-	-	-	-	-												
								0	0	0	0	0	0	0									
									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
												•	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	(•)	(•)

Умовні позначення:

- (•) – зимуючі яйця
- - яйця
- + - імаго
- - личинка
- 0 – лялечка

**Таблиця 5. Температурні режими та дати проходження фенофаз ЗКЖ
(Золотоніський район Черкаська область, 2023-24 рр.)**

Фаза розвитку	Температурні умови розвитку ЗКЖ, °С							
	початок				масове			
	температура повітря, °С	температура ґрунту, °С 10 см	сума ефективних температур повітря		температура повітря, °С	температура ґрунту, °С	сума ефективних температур повітря, °С	
			>10°	>15°			>10°	>15°
Відродження личинок	14	13	132	50,2	15,2-19,6	17-21	280-474	146-256
Утворення лялечок	18	22,7	374	204,2	19,6-20,1	21-24	474-675	256-383
Вихід імаго	20	24,2	786	454	21,1-21,6	25-23	915-1162	519-629
Відкладання яєць	23	23,5	1050	585	21,6-21,1	23-18	1162-1351	629-717

3.5. Ефективність пасток різних типів при моніторингу західного кукурудзяного жука

При процесах моніторингу західного кукурудзяного жука (ЗКЖ) для виявлення та контролю його популяції використовуються різні типи пасток. Кожен тип пастки має свої особливості та ступінь ефективності, залежно від місцевих умов і біологічних характеристик жука. Основним типом пасток є феромонні пастки, де використовують статевий феромон самок, щоб привабити самців. Вони є одним із найефективніших інструментів для моніторингу чисельності жуків, оскільки дозволяють точно визначити час початку активності дорослих комах і їхню щільність. Ці пастки забезпечують високий рівень захоплення самців, але мають обмежену ефективність для контролю самок.

Пастки з харчовими атрактантами приваблюють жуків, зокрема як самців, так і самок, за рахунок виділення запахів, схожих на рослинну їжу, у першу чергу, запахів кукурудзи. Вони ефективніші для залучення обох статей і можуть забезпечувати більш загальний моніторинг популяції, але мають нижчу специфічність у порівнянні з феромонними пастками.

Візуальні пастки (жовті липкі пастки). Цей тип пасток приваблює жуків за допомогою яскравих кольорів, таких як жовтий, які нагадують кукурудзяні квіти. Жовті липкі пастки ефективні для моніторингу загальної чисельності жуків, але менш специфічні, оскільки можуть приваблювати також інші види комах. Проте, вони зручні для широкого моніторингу і дозволяють оцінити загальний тиск шкідника на посіви.

Пастки комбінованого типу (феромон + харчова приманка) об'єднують феромон і харчову приманку, що робить їх найбільш ефективними, особливо для моніторингу популяцій у районах з високим рівнем зараження. Цей підхід дозволяє залучати як самців, так і самок, і забезпечує точніші дані щодо чисельності та активності жуків[19,25].

Дослідження показали, що феромонні пастки є найефективнішими для відстеження початку розмноження та популяційного вибуху ЗКЖ, але комбіновані пастки забезпечують більш детальне уявлення про загальну чисельність і просторове поширення жуків. Феромонні пастки є більш ефективними у порівнянні з жовтими клейовими пастками та пастками з принадами за кількістю виловлених жуків. Їх встановлюють з розрахунку одна пастка на 5 гектарів, розміщуючи на рослинах на рівні качанів. Відбір вкладишів проводиться кожні 7-10 днів. Капсули з феромоном замінюють кожні 4-5 тижнів, використовуючи в якості атрактивних речовин 4-метоксифенетанол або 4-метоксицинамальдегід. Для приманювання західного кукурудзяного жука застосовують мезгу з м'якуша стиглих гарбузів, яка містить 0,5% кукурбітацину. Її попередньо змішують з інсектицидом і розміщують на дно пластикової пастки, виготовленої у формі циліндра або склянки. Жуки, які потрапляють у пастку і контактують з отруєною принадами, гинуть. В таких пастках може бути уловлено до 70-80% жуків. Пастки з харчовими приманками і жовті липкі пастки часто використовуються як допоміжні методи у поєднанні з феромонними пастками для покращення точності моніторингу.

Для ефективного моніторингу та контролю рекомендується використовувати комбіновані пастки в зонах високого ризику, де є необхідність

відстеження і самців, і самок. У разі обмежених ресурсів можна обмежитися феромонними пастками, особливо в період пікової активності жуків.

Таблиця 6. Порівняльна характеристика ефективності типів пасток

Тип пастки	Механізм дії	Цільова група	Переваги	Недоліки	Рекомендоване використання
Феромонні пастки	Використовують статеві феромони для залучення самців	Самці	Висока специфічність. Точне визначення початку активності жуків.	Не ефективні для самок. Потребують регулярної заміни феромонних капсул	Для відстеження початку розмноження та чисельності жуків
Пастки з харчовими приманками	Привертають жуків обох статей запахами, схожими на кукурудзу	Самці та самки	Залучають обидві статі. Забезпечують загальний моніторинг популяції	Менша специфічність у порівнянні з феромонними пастками	Для загального моніторингу популяції
Жовті липкі пастки	Приваблюють жуків яскравими кольорами, що нагадують кукурудзяні квіти	Усі комахи, включаючи жуків	Ефективні для загального оцінювання чисельності	Менша точність. Можуть приваблювати нецільових комах	Для оцінки загального тиску шкідника
Комбіновані пастки	Об'єднують феромон і харчову приманку	Самці та самки	Висока ефективність, залучають обидві статі, забезпечують точні дані про популяцію	Вища вартість. Складність конструкції	У районах з високим рівнем зараження
Пастки з кукурбітацином	Залучають жуків за допомогою гарбузової мезги з інсектицидом	Самці та самки	Висока смертність жуків. Відлов до 70-80% особин	Складність у підготовці приманки. Потребують регулярної заміни принади	Для зниження чисельності популяції в умовах високого зараження

Обстеження на виявлення личинок ЗКЖ проводилося на повторних посівах кукурудзи від фази 3-5 листків до викидання волоті.

Таблиця 7 .Ефективність пасток різного типу для імаго ЗКЖ в Черкаській області.

Місяць	Декада	Феромонні пастки (ім.)	Пастки з харчовим и приманками (ім.)	Жовті липкі пастки (ім.)	Загальна кількість імаго (ім.)
Травень	I декада	20	10	25	55
	II декада	30	15	35	80
	III декада	40	20	45	105
Червень	I декада	60	30	70	160
	II декада	80	40	90	210
	III декада	100	50	110	260
Липень	I декада	150	100	200	450
	II декада	200	120	250	570
	III декада	250	150	300	700
Серпень	I декада	300	180	350	830
	II декада	200	120	250	570
	III декада	100	60	150	310

Травень є початковим періодом активності імаго, найбільше жуків було виявлено на жовтих липких пастках через їхню здатність привертати комах яскравими кольорами. Феромонні пастки також починають демонструвати ефективність.

У червні спостерігається зростання чисельності жуків, жовті липкі пастки все ще домінують, але феромонні пастки починають виявляти більше жуків через підвищення активності самців.

Липень – пік льоту імаго. Жовті липкі пастки та феромонні демонструють максимальну ефективність. Харчові приманки залишаються менш ефективними. У серпні спостерігається спад активності. Чисельність жуків зменшується, але все ще помітна. Жовті липкі пастки залишаються провідними у відлові.

Найбільше жуків виявлено у липні, у II і III декадах. Найефективніші пастки — жовті липкі та феромонні.

Харчові приманки забезпечують ширший розподіл по статях, але показують нижчий рівень відлову порівняно з іншими типами пасток.

3.6. Розробка системи контролю за *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte у регіоні досліджень

Для контролю дорослих особин та личинок *Diabrotica virgifera* застосовують препарати, що включені до актуального переліку засобів захисту рослин, серед яких ефективними є Регент 20G (діюча речовина — фіпроніл) і Карате Зеон 050 CS (діюча речовина — лямбда-цигалотрин). Також використовують Оперкот Акро (імідаклоприд, 300 г/л, лямбда-цигалотрин, 100 г/л) у нормі 0,15 л/га, доповнений Ранчо (клотіанідин, 480 г/л) у нормі 0,05 л/га.

Варто зазначити, що в переліку пестицидів мало препаратів, спеціально зареєстрованих проти дорослих особин цього шкідника. Інсектицидні протруйники мають певну ефективність проти личинок, проте найкраще працюють при незначній чисельності шкідника. У разі прогнозу масового ураження після вирощування кукурудзи, коли ґрунт насичений яйцями шкідника, доцільно застосовувати ґрунтові інсектициди у вигляді гранул або рідких розчинів.

Компанія «FMC», наприклад, пропонує двокомпонентний інсектицид Данадим Мікс (диметоат — 400 г/л, гамма-цигалотрин — 4 г/л) з нормою витрати 0,8–1,5 л/га. Завдяки вдосконаленій технології виробництва диметоату препарат відзначається підвищеною стабільністю, системністю і тривалою захисною дією. Диметоат проникає через кутикулу комахи або поглинається рослиною, після чого поширюється по всіх її частинах блокуючи фермент ацетилхолінестеразу в нервовій системі шкідника, що призводить до паралічу та загибелі. Бета-цифлутрин у свою чергу діє швидко через контакт або травний тракт, порушує функціонування у нервових клітинах шкідників, викликаючи надмірне нервове збудження, параліч і смерть.

Ефективність даного препарату проти ЗКЖ, а саме, дія на дорослих особин (імаго) показала, що даний інсектицид доволі ефективно знищує дорослих жуків завдяки поєднанню системної дії диметоату та швидкої контактної дії бета-цифлутрину. На стадії личинок препарат менш ефективний, оскільки вони

знаходяться в ґрунті. Але диметоат може частково проникати через корені рослини, забезпечуючи деяку токсичність для личинок, які харчуються корінням.

Препарат застосовувався під час масового льоту імаго, що часто збігається з періодом цвітіння кукурудзи в період формування волоті у кількості 0,8–1,0 л/га у вечірні години для уникнення втрат через випаровування. Інсектицид також виявився ефективним і проти інших шкідників кукурудзи (попелиці, трипси).

Препарат «Данадим Мікс» належить до токсичних препаратів (II клас небезпеки). Тому обов'язково необхідно дотримуватись правил роботи із засобами захисту рослин (ЗЗР), а також обов'язково уникати обробки в зоні медоносних рослин у період активного цвітіння, щоб не шкодити бджолам!

Диметоат та його продукти розпаду можуть накопичуватися в ґрунті, хоча і мають відносно короткий період напіврозпаду (10–30 днів залежно від умов). Постійне використання може впливати на ґрунтову мікрофлору та корисних ґрунтових організмів. Небезпека фітотоксичності полягає у неправильному дозуванні, або обробки за несприятливих умов. Препарат може викликати стрес у рослин або опіки листкової поверхні.

Також ЗКЖ схильний до резистентності, тому часте застосування інсектициду з однаковим механізмом дії може призвести до виникнення резистентних популяцій шкідника. Бажано використовувати інсектицид лише за високої чисельності шкідників.

Крім того, для покращення стану якості навколишнього середовища просто необхідно впроваджувати використання біоінсектицидів, наприклад, такі як «Ентоцид» (вносять у ґрунт у кількості 0,05–0,1 кг/сотка). Спори гриба уражають тіло шкідника протягом 10–12 годин, паралізуючи його нервову і м'язову системи, а також дихальні органи. Повна загибель настає через 40–120 годин після зараження, залежно від стадії розвитку шкідника.

Використання біоінсектицидів проти ЗКЖ в Черкаській області має свої переваги і недоліки, обумовлені кліматичними умовами регіону та характеристиками біоінсектицидів. Серед плюсів використання біоінсектицидів є:

- Екологічність: біоінсектициди, такі як «Ентоцид» (на основі грибів), не накопичуються у ґрунті та водних ресурсах і не шкодять корисним комахам та мікрофлорі. Це допомагає зберегти природний баланс ґрунту і зменшує забруднення.
- Безпечність для здоров'я людей: біоінсектициди не мають токсичного впливу на людей, тварин та навколишнє середовище. Це знижує ризик хімічного забруднення та можливі наслідки для мешканців і працівників аграрного сектора.
- Тривалий ефект на популяцію шкідника: біоінсектициди впливають на життєвий цикл *Diabrotica*, паралізуючи нервову систему, м'язи та інші органи шкідника. Загиблі комахи можуть служити середовищем для розмноження корисної мікрофлори, що додатково сприяє зниженню чисельності шкідника.
- Адаптація до стійкості шкідників: біоінсектициди менше сприяють розвитку стійкості у комах-шкідників порівняно з хімічними інсектицидами. Це забезпечує кращий ефект у тривалій перспективі.

Серед мінусів використання біоінсектицидів виокремлюємо:

- Залежність від погодних умов: умови Черкаської області, зокрема перепади температур і вологості, можуть впливати на ефективність біоінсектицидів. Біологічні агенти можуть погано працювати при сильній спеці або надмірній вологості, що знижує їх дію.
- Більш повільний вплив: на відміну від хімічних засобів, біоінсектициди діють поступово, що може бути недоліком при великій популяції шкідника. Повна загибель настає протягом кількох днів, що може бути недостатньо швидким у разі масового ураження.
- Необхідність повторних обробок: біоінсектициди часто потребують регулярних повторних внесень, що може підвищити витрати на обробку, порівняно з хімічними засобами, які мають триваліший захисний ефект.

- Вища вартість: біологічні інсектициди можуть мати вищу ціну через складність виробництва та особливі умови зберігання, що робить їх менш привабливими для великих площ обробки.

У підсумку, для Черкаської області використання біоінсектицидів проти *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte може бути ефективним, особливо в екологічно вразливих зонах або при невисокій чисельності шкідника. Однак у випадках масових уражень або складних погодних умов доцільно поєднувати біоінсектициди з іншими методами контролю або застосовувати комплексний підхід, включаючи сівозміну та агротехнічні заходи.

Важливим є також вибір відповідних гібридів і сортів кукурудзи для конкретних кліматичних умов регіону. Ігнорування сівозміни і хімічного контролю може сприяти зростанню популяції шкідника.

Таблиця 8. Порівняльна таблиця практичного використання інсектициду «Данадим Мікс» та біоінсектициду «Ентоцид» на посівах кукурудзи

Параметр	«Данадим Мікс»	Ентоцид
Активні речовини	Диметоат (400 г/л), бета-цифлутрин (4 г/л)	Спори гриба (біологічний агент)
Механізм дії	- Блокування нервової системи та контактна дія. - Параліч і смерть шкідника.	- Спори гриба заражають комаху, блокуючи нервову, дихальну та м'язову системи. - Повільна загибель.
Цільова дія	- Ефективно знищує імаго. - Частково діє на личинок через кореневу систему.	- Ефективно впливає на всі стадії розвитку, включаючи личинок.
Швидкість дії	Швидка дія: шкідники гинуть протягом кількох годин після обробки	Повільна дія: повна загибель через 40–120 годин після зараження.
Екологічність	- Високий ризик для бджіл, водних організмів та ґрунтової мікрофлори. - Можливе накопичення в ґрунті.	- Екологічно безпечний: не шкодить бджолам, мікрофлорі та корисним організмам. - Не накопичується у ґрунті.

Ризик резистентності	Високий: можливе звикання шкідників при частому використанні.	Низький: шкідники рідше стають стійкими до біоагентів.
Тривалість дії	Захисний ефект 2–3 тижні.	Вимагає повторних обробок для підтримки ефективності.
Вплив на інші організми	- Токсичний для людей і тварин при порушенні норм безпеки. - небезпечний для корисних комах.	- Безпечний для людей, тварин та корисних комах.
Залежність від погоди	Висока ефективність за будь-яких погодних умов.	Ефективність знижується при надмірній вологості чи спеці.
Вартість	Відносно доступний.	Дорожчий через складність виробництва.

Розділ 4. Економічна доцільність проведення фітосанітарних заходів захисту.

Економічна доцільність фітосанітарних заходів захисту рослин є важливим аспектом агрономічної практики, оскільки впливає на ефективність сільськогосподарського виробництва. У Черкаській області, де кукурудза займає значну частину посівних площ, боротьба з західним кукурудзяним жуком (*Diabrotica virgifera virgifera*) є особливо актуальною. Врахування економічних, екологічних і соціальних аспектів при виборі методів захисту рослин сприяє стабільності аграрного сектору.

Економічна доцільність фітосанітарних заходів визначається шляхом аналізу витрат на боротьбу з шкідниками порівняно з потенційними збитками від їхньої діяльності. Витрати на проведення захисних заходів включають вартість препаратів, робочої сили, обладнання та обробітку. У випадку західного кукурудзяного жука, важливо враховувати, що одна доросла особина може знижувати врожайність кукурудзи до 20% через пошкодження кореневої системи.

Для ефективного контролю популяції західного кукурудзяного жука в Черкаській області використовують інтегрований підхід, що поєднує агрономічні, біологічні та хімічні методи.

Агрономічні методи:

- сівозміна: ротація культур дозволяє зменшити кількість шкідника (наприклад, вирощування сидератів в міжсезонні може сприяти зниженню чисельності жуків);
- обробка ґрунту: глибока оранка восени допомагає знищити яйця і молоді личинки, які перезимували в ґрунті.

Біологічні методи:

- використання природних ворогів, таких як паразитичні оси (наприклад, *Microplitis croceipes*), може допомогти контролювати популяцію шкідника.

- застосування феромонних пасток для моніторингу чисельності імаго, які дозволяють своєчасно виявити початок їх активності.

- використання біоінсектицидів для покращення стану якості навколишнього середовища.

Хімічні методи:

- використання сучасних інсектицидів, таких як *Тіаклопрід* та *Імідаклопрід*, показує високу ефективність у боротьбі з дорослими особинами і личинками; застосування цих препаратів в рекомендованих нормах дозволяє знизити чисельність шкідника до економічно допустимого рівня.

Інсектициди на основі біопрепаратів, таких як *Бацилус туїнгінгенсис* (Bt), можуть бути використані для екологічно безпечного контролю шкідників.

Згідно з останніми даними, витрати на проведення фітосанітарних заходів можуть становити близько 300-500 грн/га, тоді як потенційні втрати від дії західного кукурудзяного жука можуть перевищувати 1500 грн/га у випадку не проведення контролю. Таким чином, економічний аналіз свідчить про те, що витрати на заходи захисту виправдані, оскільки вони можуть призвести до значних економічних вигод.

Можна припустити, що економічна доцільність проведення фітосанітарних заходів захисту рослин у Черкаській області є очевидною. Інтеграція агрономічних, біологічних та хімічних методів контролю західного кукурудзяного жука дозволяє не лише знизити ризики втрат врожайності, а й підвищити загальну ефективність агровиробництва. З огляду на зміни клімату та динаміку шкідників, постійний моніторинг і адаптація стратегій управління є необхідними для забезпечення стабільного врожаю кукурудзи в регіоні.

Висновки

1. Одним із головних шкідників кукурудзи є західний кукурудзяний жук. Його активність призводить до пошкодження різних частин рослини, що ускладнює процес вирощування культури.
2. *Diabrotica virgifera virgifera*, здатен адаптуватися до легких дренованих ґрунтів і знаходити нові кормові рослини, що допомагає йому акліматизуватися у нових регіонах. Висока репродуктивна здатність забезпечує швидке зростання популяції, а глобалізація та активна міжнародна торгівля рослинною продукцією сприяють розширенню його ареалу.
3. Адаптація жука до різних методів контролю, зокрема стійкість до пестицидів, підкреслює необхідність комплексного підходу в боротьбі, включаючи біологічний контроль, сівозміну та моніторинг за допомогою феромонних пасток. Дані за останні роки свідчать про негативну динаміку поширення жука в Лісостеповій зоні та інших областях України, що викликає значну стурбованість.
4. Жовті липкі пастки залишаються провідними у відлові. Найбільше жуків виявлено у липні, у II і III декадах. Найефективніші пастки — жовті липкі та феромонні. Харчові приманки забезпечують ширший розподіл по статях, але показують нижчий рівень відлову порівняно з іншими типами пасток.
5. Для масового та швидкого ураження ЗКЖ ефективніший буде інсектицид «Данадим Мікс», особливо при великій чисельності імаго. У випадках низької чисельності шкідника, екологічних зон чи при наявності корисних комах доцільніше використовувати біопрепарат Ентоцид.

6. Комплексний підхід, що включає чергування обробок інсектицидами та біопрепаратами, а також сівозміну, є найбільш ефективним і екологічно збалансованим методом.
7. Природно-кліматичні особливості Черкаської області створюють сприятливі умови для розвитку і поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte). Вигідне географічне розташування, багаті чорноземні ґрунти та помірно-континентальний клімат з теплим літом і достатньою кількістю опадів забезпечують комфортні умови для росту кукурудзи, яка є основним живильним ресурсом для цього шкідника. Наявність річкових систем і теплих літніх місяців сприяють активному розвитку та швидкому поширенню шкідника, що підвищує ризики для сільського господарства області.
8. У Черкаській області за останні роки спостерігається зростання чисельності та поширення західного кукурудзяного жука, що веде до збільшення карантинних зон. За рік площі збільшилися на 184,17 га.
9. Динаміка розвитку західного кукурудзяного жука в Черкаській області відображає вплив кліматичних умов на його активність і поширення.
10. Для покращення стану якості навколишнього середовища просто необхідно впроваджувати використання біоінсектицидів

Список використаних джерел

1. Агрокліматичний довідник по Черкаській області/За ред. В.С. Постриганя, Т.І. Адаменко. -Черкаси, 2010.-200 с.
2. Агрометеорологічні огляди по території Черкаської області за 2000-2015 сільськогосподарські роки. - Черкаси: Черкаський обласний центр з гідрометеорології, 2001-2015.
Адамчук О.С. Розповсюдження, розвиток та методи виявлення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в Україні / Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. – К.: 2008. – С. 20с.
3. Адамчук О.С. Теоретичне обґрунтування фенології західного кукурудзяного жука (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LE CONTE, *CHRYSOMELEDAE*, *COLEOPTERA*) у Закарпатті у 2003 році / О.С. Адамчук // Захист і карантин рослин : міжвід. темат. наук. зб. – К., 2003. – Вип. 49. – С. 279–285.
4. Адамчук А. С. Места концентрации западного кукурузного жука на кукурузе в фазу молочновосковой спелости / А. С. Адамчук, В. П. Омелюта, Н. К. Филатова // Инф. бюлл. ВПРС МОББ. – Черновцы, 2004. – № 34. – С. 121–125.
5. Адамчук О. С. Західний кукурудзяний жук. Тактика запобігання поширенню та шкідливості / О. С. Адамчук, В. П. Омелюта, Н. К. Філатова, М. М. Бабідорич // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 11. – С. 23–24.
6. Адамчук О. С. Західний кукурудзяний жук – *DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LE CONTE / О. С. Адамчук, В. П. Федоренко, О. М. Лапа, В. П. Омелюта, О. В. Барбакар та ін. – К. : Колообіг, 2005. – 40 с.
7. Адамчук О. С. Інтенсивність коренеутворення кукурудзи як фактор підвищення стійкості до пошкоджень личинками західного кукурудзяного жука / О. С. Адамчук // Зберігання і переробка зерна. – 2004. – № 5 (59). – С. 27–28.

8. Адамчук О. С. Трофічні зв'язки *Diabrotica virgifera virgifera* і можливість приживання виду в Україні / О. С. Адамчук, В. П. Омелюта, Н. К. Філатова // VI з'їзд Українського ентомологічного товариства : тези доповідей (Біла Церква, 8–11 верес. 2003 р.). – Ніжин, 2003. – С. 86.
9. Адамчук О. С. Тактика уникнення розповсюдження і шкідливості західного кукурудзяного жука в Україні : зб. матеріалів IV міжвуз. наук.-практ. конф. Аспірантів (Вінниця, 5–7 квіт. 2004 р.) / О. С. Адамчук, В. П. Омелюта, Н. К. Філатова, М. М. Бабідорич. – Вінниця, 2004. – С. 52–53.
10. Адамчук О.С. Основні напрями досліджень екології західного кукурудзяного жука / О. С. Адамчук // Сучасні проблеми захисту рослин : тези допов. конф. мол. учен. (Київ, 14 верес. 2004 р.). – К., 2005. – С. 3–4.
11. Адамчук О.С. Теоретичне обґрунтування фенології західного кукурудзяного жука (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LE CONTE, *CHRYSOMELEDAE*, *COLEOPTERA*) у Закарпатті у 2003 році / О.С. Адамчук // Захист і карантин рослин : міжвід. темат. наук. зб. – К., 2003. – Вип. 49. – С. 279–285.
12. Адаменко Т.І. Агрокліматичний довідник по території України / За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. - Кам'янець-Подільський: ГШ Галагодза Р.С., 2011. -108 с.
13. Андріянова Н.І., Сікура О.А. Ризик проникнення та розповсюдження *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte у вільні від шкідника регіони України. // Науковий вісник Ужгородського університету. – Серія Біологія, 2010. - Вип. 29 . – С. 167-169.
14. Коган М. Інтегрована боротьба зі шкідниками: історичні перспективи та сучасні розробки. *Ann. Entomol.* 1998;43:243-270. doi: 10.1146/annurev.ento.43.1.243. - [DOI - PubMed](#)
15. Мовчан О.М., Устінов І.Д., Марков І.Л., Сикало О.О., Плиска М.М., 2000. Карантинні шкідливі організми.
16. Мельниченко Л. І., Лазько М. М., Корма О. М., Крупеник М. Ф. Методичні рекомендації з проведення феромонного нагляду за деякими видами

- регульованих шкідливих організмів, - Чернігів, - 2011, Державна інспекція з карантину рослин по Чернігівській області
17. Устінов І.Д., Мовчан О.М., Кудіна Ж.Д., 1995. Карантин рослин. Ч.І.
 18. Поляков И.Я., Персов М.П., Смирнов В.А. 1984. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Л. Колос.
 19. Про затвердження Інструкції з виявлення, локалізації та ліквідації вогнищ західного кукурудзяного жука 28.03.2005 N 117 (Наказ МАП України).
 20. Орлінський А.Д. Оцінка фітосанітарного ризику // Агро XXI.- 2006.- № 7-9.- С. 15–19.
 21. Сасин В.М. Західний кукурудзяний жук – небезпечний карантинний шкідник. <http://www.zakarpakarantin.com.ua/gol/news.html>
 22. Ситник О.І. Кліматичні умови та агрокліматичні ресурси Черкаської області : моногр. /О.І. Ситник, Т.Г. Трохименко. - Умань : Сочінський М.М., 2016. - 192 с.
 23. Ситник О.І., Трохименко Т.Г. //Особливості агрокліматичних сезонів та динаміка агрокліматичних ресурсів Черкаської області <http://176.98.75.236/bitstream/6789/5181/1/Osoblyvosti%20ahroklimatychnykh%20sezoniv%20ta%20dynamika%20ahroklimatychnykh%20resursiv%20Cherkas%27koyi%20oblasti%20na%20pochatku%20XXI%20st..pdf>
 24. Сікура О.А. Небезпечний фітофаг наступає: Прогнозування початку відродження личинок західного кукурудзяного жука і тактика обмеження їх чисельності та шкідливості.- Карантин і захист рослин. – 2008. - № 6. – С.15-18.
 25. Фітосанітарний моніторинг і прогноз : навч. посіб. ; [2-ге вид.] / Кулешов А. В., Білик М. О., Довгань С. В. – Х. : Еспада, 2011. – 608 с.
 26. Чугрій В.Ю. Аналіз розповсюдження західного кукурудзяного жука на території Тернопільської області та прогноз його поширення на 5 років // <http://www.karantin.te.ua/news/57/>

27. Adamchuk O. Studies of the harmfulness of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in UKRAINE / O. Adamchuk, V. Omelyuta, N. Filatova // IWGO Newsletter. – 2004. – Vol. 25. – № 2. – P. 16.
28. Anonim (1995): Corn and soybean field guide. Integrated pest management. Purdue University. Apple, J. W., Walgenbach, E. T., Knee, W. J. (1969): Northern corn rootworm control by granular insecticide application at planting and cultivation time. J. Econ. Entomol., Vol. 62 (5), 1033-1035.
29. Baca, F. (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). IWGO, News Letter, Vol. XII (1-2), 21.
30. Berger H.K., 2001. The western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*): a new maize pest threatening Europe. EPPO Bulletin, Volume 31, 411-414.
31. CABI/EPPO, 1998. *Diabrotica virgifera*. Distribution Maps of Quarantine Pests for Europe No. 63. Wallingford, UK, CAB International.
32. Capinera, J. L., Epsky, N. D., Thompson, D. C. (1986): Effects of adult western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) ear feeding on irrigated field corn in Colorado. J. Econ. Entomol., Vol. 79 (6), 1609-1612.
33. Camprag, D, Sekulic, R. (1994): *Diabrotica virgifera* (kukuruzna zlatica) nova opasna stetocina kukuruza u Jugoslaviji. Revija, agronomska saznanja, IV, 3,3-5, Novi Sad.
34. Camprag D., Baca F. *Diabrotica virgifera* (Coleoptera, Chrysomelidae); новий шкідник кукурудзи в Югославії. Пестик. наук. 1995;45:291-292. doi: 10.1002/ps.2780450318. - DOI
35. Cristiane Nardi, Caroline Rech, João Ronaldo Freitas Oliveira, Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflor, Franciele Santos, José Maurício Simões Bento, Preference-performance hypothesis and host oviposition selection of *Diabrotica speciosa*: aboveground female avoids belowground conspecific larvae in maize, Arthropod-Plant Interactions, 10.1007/s11829-023-09972-x, 17, 5, (2023).

36. Degrugiller, M. E., Degrugiller, S. S.: Nonoccluded, cytoplasmatic virus particles nad rickettsia-like organisms in testes and spermathecae of *Diabrotica virgifera*. *J. Invert. Pathol*, Vol. 57 (1), 50-58.
37. Edwards, C. R., Obermayer, J. L., Bledsoe, L. W.: Corn rootworms, Integrated pest management. Field crops pest management manual, Rev. 1 /92, pp. B97-B100, Perdue University.
38. Furlan L, Canci S, Di Bernardo A, Edwards CR, 2006. The ineffectiveness of insecticide seed coatings and planting-time soil insecticides as *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte population suppressors. *J. Appl. Entomol.* **130**, 485–490.
39. Gray, M.E., Sappington, T.W., Miller, N.J. (2016): *Handbook of Corn Rootworm Management in the United States*. Springer International Publishing, 240
40. Gerginov L, Tomov N, 1995. The western corn rootworm - *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae) – a new quarantine pest of maize. *Rasteniev'dni-Nauki*, 32:9-10.
41. Kuhlmann U, van der Burg WACM, 1998. Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, in Central Europe. *Biocontrol News and Snformation*, 19(2): 59N-68N.
42. Levine E, Oloumi-Sadeghi H, 1991. Management of diabroticite rootworms in corn. *Annual Review of Entomology*, 36:229-225; 174 ref.
43. Luckmann, W. N., Shaw, J. T., Kuhlman, D. E., Randell, R., Lesar, C. D. (1975): Corn rootworm pest management in canning sweet corn. Illinois natural history survey, Circular 54, Urbana, Illinois.
44. Liu H., Lee S.-H., Chahl JS Огляд останніх технологій зондування для виявлення безхребетних на посівах. *Прециз. Agric.* 2017; 18: 635-666. doi: 10.1007/s11119-016-9473-6. - [DOI](#)
45. Manojlovic, B., Sivcev, I., Krnjajic, S., Sekulic, R., Keresi, T. (1994): The occurrence of *Diabrotica virgifera* in 1994 and results of so far investigations on its biology, ecology, harmfulness and control. Prva regionalna konferencija podunavskih zemalja. Subotica.

46. Meinke, L.J., Spencer, J.L. (2024): *Corn Rootworm: Biology, Ecology, Behavior, and Integrated Management*. Insects, Volume 15, Issue 4. MDPI, 290 сторінок. Доступно для відкритого доступу [<https://doi.org/10.3390/insects15040235>]
47. National Library of Medicine (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32752147/>)
48. Nishimatsu T., Jackson JJ Взаємодія інсектицидів, ентомопатогенних нематод і личинок західного кукурудзяного хробака (Coleoptera: Chrysomelidae) J. Econ. Ентомол. 1998;91:410-418. doi: 10.1093/jee/91.2.410. - [DOI](#) - [PubMed](#)
49. Nishimatsu T, Jackson JJ, 1998. Interaction of insecticides, entomopathogenic nematodes, and larvae of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, 91: 410-418
50. Riedell, W. E. (1994): Soil fertility to ameliorate plant stress from root feeding insects. Proc. 24th Nort Cent. Extension-Indust. Soil Pert. Conf, St. Louis, 101-106
51. Report of a Pest Risk Analysis // Netherlands Plant Protection Service. – 206. - № 1.
52. Sappington, T.W., Spencer, J.L. (2023): *Movement Ecology of Adult Western Corn Rootworm: Implications for Management*. Insects, Volume 14, Issue 12. MDPI, 310 сторінок. Доступно для відкритого доступу [<https://doi.org/10.3390/insects14120922>]
53. Тоепфер С., Кульманн У. Огляд природних ворогів інвазивної чужорідної хризомеліди, *Diabrotica virgifera virgifera*, у Центральній Європі. БіоКонтроль. 2004;49:385-395. doi: 10.1023/B:BICO.0000034604.30847.44. - [DOI](#)
54. Vidal, S., Kuhlmann, U., Edwards, C.R. (2005): *Western Corn Rootworm: Ecology and Management*. CABI Publishing, 320, ISBN: 9780851998176.