

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

НУБІП України

06.02 – МКР. 202 «С». 2023.02.13. 014 ГЗ

ШЕВЧУК РОМАН ЄВГЕНІЙОВИЧ

НУБІП України  
2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології  
УДК 632.937

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Декан факультету Завідувач кафедри  
захисту рослин, біотехнологій та екології Ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин

Коломієць Ю.В. Доля М.М.  
« / » 2023 р. « / » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука»  
Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»  
Освітня програма (код і назва) «Карантин рослин»  
Орієнтація освітньої програми (назва) освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи  
К. С.-Г. наук, доцент Сикало О.О.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав Шевчук Р.Є.  
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ-2023

Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Кафедра ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ентомології,  
інтегрованого захисту та  
карантину рослин

Микола ДОЛЯ

“ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ

МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шевчуку Роману Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука»

керівник роботи к.с.-г.н., доцент Сикало Оксана Олексіївна,

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

2. Строк подання студентом роботи 1 листопада 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: біологія західного кукурудзяного жука, хімічні засоби захисту рослин

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

4.1. Опрацювання літературних джерел по темі магістерської роботи.

4.2. Встановити шляхом моніторингу фітосанітарний стан посівів кукурудзи в умовах регіону проведення досліджень.

4.3. Уточнити біологічні особливості західного кукурудзяного жука в умовах Золотоніського району Черкаської області та прорахувати ризики акліматизації фітофага

### 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 2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів вступної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми, вивчення питання у науковій літературі, складання плану роботи	Вересень – жовтень 2022	
2	Опрацювання літературних джерел по темі дослідження	Листопад 2022 – лютий 2023	
3	Планування дослідження, моніторинг посівів кукурудзи на наявність ЗКЖ	Березень – травень 2023	
4	Розробка системи фітосанітарного захисту посівів від ЗКЖ та визначення ефективності засобів захисту рослин	Червень – липень 2023	
5	Збір та аналіз результатів дослідження	Серпень 2023	
6	Подача електронного варіанту роботи для перевірки на плагіат	01.11.2023	
7	Попередній захист роботи на кафедрі		

Студент

Шевчук Р.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Сикало О.О.

(ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

# НУБІП України

## I. Огляд літератури

1.1. Географічне поширення в світі та видовий склад роду *Diabrotica*

1.2. Поширення західного кукурудзяного жука в Україні

1.3. Систематичне положення та біологічні особливості виду

1.4. Морфологічні особливості

1.5. Шкідливість західного кукурудзяного жука

1.6. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука

1.7. Застосування хімічного контролю

1.8. Використання генетично модифікованих культур для боротьби з *Diabrotica*

1.9. Використання стійких рослин проти *Diabrotica*

1.10. Контроль за допомогою методів біологічного контролю

## II. Методика проведення досліджень

2.1. Місце та умови проведення досліджень

2.2. Матеріали та методика обліку західного кукурудзяного жука

## III. Результати досліджень.

3.1. Виявлення

## Висновки

Літературні джерела

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

# НУБІП України

Серед всіх зернових саме кукурудза виділяється високою потенційною продуктивністю, тому вона є однією з важливих культур у сучасному землеробстві. Посівні площі в Україні зростають з кожним роком і наразі

# НУБІП України

становлять оплизько 5 млн га, (рис. 1) за останній 10 років площі зросли майже удвічі. За результатами наукових рекомендацій, оптимальна площа посіву кукурудзи на зерно і силос в Україні має становити в межах 3 млн га. [90].

# НУБІП України

На жаль на більшій частині цих площ агровиробники практикують повторне або незмінне вирощування кукурудзи. Окремі господарства, особливо фермерські, дотримуються традиційної багатопольної сівозміни, але кількість нульових скоротились до трьох-чотирьох.

Але принципи плодозмінності не весь час дотримуються при їх чергуванні.

# НУБІП України

Набір культур формується виключно на тимчасових ринково-кон'юнктурних інтересах без урахування біологічних, екологічних та ґрунтово-ценотичних наслідків.

# НУБІП України

Здебільшого на ріст продуктивності монокультур негативно впливали кореневі виділення самих рослин та продукти життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів. Застосування добрив дещо гальмує процес наростання



Рис.1. Динаміка посівних площ кукурудзи в Україні від 2003-2021рр. [91]

токсичності ґрунту при беззмінному вирощуванні сільськогосподарських культур, але не припиняє.

Беззмінні й повторні посіви також призводять до розмноження шкідників, що спеціалізуються на певних культурах (буряковий довгоносик, хлібна жужелиця), а це також є однією з причин зниження врожайності.

Негативна післядія повторних посівів ослаблюється застосуванням органічних і мінеральних добрив, засобів боротьби з хворобами, шкідниками і бур'янами. Проте найбільш надійним агротехнічним заходом зниження ґрунтової є науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні в поєднанні з іншими ланками системи землеробства. В той же час повторне вирощування кукурудзи, за практичними результатами агровиробників, не зумовлює прояв зазначених негативних змін. Тому важливим завданням є агроекологічна оцінка можливості повторного вирощування кукурудзи [90].

В якості сільськогосподарської культури кукурудза відома з давніх часів. Батьківщиною вважають райони Центральної та Південної Америки, місцеве населення вирощувало її за кілька тисяч років до нашої ери. Наприкінці XV століття кукурудзу завезли в Іспанію, звідки вона швидко поширилась у Францію, Італію, Китай, Індію та решту країн. В Європу кукурудза була завезена Христофором Колумбом. На території сучасної України зерно кукурудзи потрапило з Туреччини в XVIII столітті. В той час її називали турецькою пшеницею.

Існує теорія, що сучасна назва сільськогосподарської культури перейшла до нас у спадок від турків «кокороз» з турецької означає «висока рослина». Є також варіант – запозичення угорського «кикотіса», що в перекладі має значення «солодка», «цукрова». У більшості інших країн кукурудзу називають маїсом. З мови індіанців перекладається як «священна мати» чи «дарувати життя».

Кукурудза – популярна зернова, кормова і технічна культура, для якої характерна висока врожайність та універсальність використання.

В Україні кукурудзу вирощують переважно як кормову культуру. Зерно цінне й концентрований корм для всіх сільськогосподарських тварин та птиці. 1

кілограм кукурудзяного зерна відповідає 1,34 кормовій одиниці, а нутритивна цінність складає близько 70 грам протеїну.

Організм тварин добре перетравлює та засвоює поживні речовини із зеленої маси, силосу та зерна. 100 кілограм зеленої маси кукурудзи, що була зібрана у фазу молочно-воскової стиглості, відповідають 32 кормовим одиницям, а 100 кг сухого стебла, що збиралось на зерно відповідають 37 кормовим одиницям і містять 1,5 кг перетравного протеїну. Перемелені стрижні качанів також згодують тваринам, 100 кг стрижнів дорівнюють 35 кормовим одиницям.

В сухому зерні міститься 9-12% білка, 4-6 % жирних кислот та 65-70% без азотистих екстрактивних речовин. Зерно жовтих сортів кукурудзи містить багато каротину.

Кукурудзу використовують у продовольчій промисловості. З її зерна виготовляють крупу, пластівці, борошно та різну іншу продукцію. Качани та зерно молочно-воскової стиглості використовують у вареному вигляді в їжу та для заготівлі консервування.

Зерно кукурудзи використовують для виробництва спирту, крохмалю, глюкози. З зародків кукурудзи виробляють олію, в лікувальних цілях. Стебла та обгортки качанів використовують у виготовленні паперу, клею, фарби, штучної смоли.

Для організаційно-господарського сектору вирощування кукурудзи має велике значення. Кукурудзу сіють та збирають пізніше, ніж інші ярі зернові культури тому наявна можливість доцільного використання робочої сили та сільськогосподарських машин. Після того як були внесені органічні та мінеральні добрива, за старанного догляду за посівами та належного міжрядного обробітку ґрунту поля кукурудзи залишаються чистими, а ґрунт розпушеним. У районах підвищеної засухи з незначним сніговим покривом куліси з кукурудзи сприяють затримці снігів, підвищенню вологості в ґрунті та врожайності озимих і ярих зернових культур.

Кукурудзу на силос збирають при вмісті в рослині 30-35% сухої речовини (СР). Перевищення показнику сигналізує виробнику про ризик нагрівання корму у сховищі під час зберігання і після відкриття через розвиток мікроорганізмів



(ферменти і пліснява) у надто сухій силосній масі. Даний ризик зростає якщо збирання врізають з більш, ніж 35% СР, особливо якщо стебла подрібнені на великі фракції та погано ущільнені.

Мінеральні речовини становлять у середньому 4% в структурі СР силосної кукурудзи. Якщо їх більш як 6%, то це значить, що в силосі присутня земля (пил, бруд), отже – є ризик поширення масляно-кислих бактерій.

Якщо оцінювати кукурудзу з огляду потреб худоби, то вона відносно бідна на білок (6-7% СР). Більше того, його вміст зменшується зі збільшенням урожайності культури. Можна зробити висновок, що низький вміст азотистих сполук у кукурудзі пов'язаний з високою врожайністю [18]. Для належного балансу азоту в раціоні жуйних тварин важливо визначати рівень білка в кукурудзі.

Вміст вуглеводів у кукурудзі варіюється залежно від періоду збирання кукурудзи або умов зберігання зразків. Для того, щоб силос бродив, важлива наявність вуглеводів, які під дією бактерій в анаеробному середовищі перетворюються на органічні кислоти, зокрема молочною. В силосі, що перебродив та згодовується худобі, вони майже відсутні. Кінцевою формою накопичення вуглеводів у зерні є крохмаль. У рослині міститься в середньому 30% крохмалю та кількість може варіюватись від 0-40%. Вміст крохмалю та кількість зерна взаємопов'язані, протягом дозрівання зерна, кількість крохмалю зростає [32].

В Україні основні площі під кукурудзу на зерно розміщують в Лісостепу та Степу, на силос і зелений корм – у всіх зонах. Оптимальною площею посіву кукурудзи на зерно та силос в Україні є 3 млн. га. Урожайність кукурудзи на силос досягає 600-700 ц/га [95].

Північноамериканські кукурудзяні кореневі червці у групі видів *virgifera* зимують як діапазуючі яйця, є унівольтинними та мають вузьке коло личинок-господарів, обмежене кукурудзою та кількома травами, їх життєвий цикл тісно пов'язаний з фенологією одного або дуже небагатьох однорічних видів-господарів. Це забезпечує можливість для використання різних стратегій управління, щоб зменшити рівень пошкодження вразливих культур, таких як

свівозміна та маніпулювання датами посіву [45, 44], очікувані функції щільності на основі попередніх даних про щільність [46] та очікування появи дорослої людини за моделями градус-день [47].

Оскільки яйця можуть знаходитись в будь-якій частині ґрунту до того, як культура була посаджена, можна застосовувати різні методи обробки ґрунту, щоб перешкодити личинкам досягти коренів, наприклад, ущільнення ґрунту між рядами, таким чином можна впливати на рух новонароджених личинок [48]. Крім того, фактори, відновлення та завершення ембріонального розвитку після зими у одновольтинних жуків *Diabrotica* вивчені доволі добре, тому можуть надаватись оцінки «фіксованої точки» або інтервалу для завершення ембріонального розвитку банку яєць, відкладених протягом попереднього періоду в будь-якій місцевості [49]. Однак жоден з варіантів не розроблений для мультивольтинних видів.

Польова біологія мультивольтинного виду північноамериканського шкідника *Diabrotica* вивчена відносно добре. Але все ж, на відміну від унівольтинних видів, передбачити захворюваність мультивольтинних видів непросто. Єдиний інструмент прогнозування, про який знають автори, використовувався розрахувати ймовірну шкоду *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber на арахісі. Цей індекс використовував такі дані як текстура ґрунту, клас дренажу ґрунту, дата посіву, стійкість сорту та польова історія пошкодження кореневими червцями, щоб визначити, коли застосовувати ґрунтові інсектициди. Хоча індекс рекомендував застосування інсектицидів для 98,5% полів, що дійсно потребували застосування інсектицидів. Він також рекомендував їх застосування для 50% полів, які цього не потребували [51].

Хоча точно відомо, що південноамериканські шкідники *Diabrotica* багатовольтинні, сезонна поведінка розмноження цих видів невідома.

Температури ґрунту та повітря, що використовували в лінійній моделі градус-день у лабораторних і тепличних експериментах, щоб передбачити появу дорослих особин *D. speciosa*.

За допомогою досліджень було виявлено, що температура ґрунту та повітря забезпечує значно інший прогноз появи комах, ніж ті що були створені

експериментально. Дослідження, проведене в Аргентині на основі колекцій місцевості в різних регіонах свідчить, що найбільш важливим чинником появи дорослих особин *D. Speciosa* були середньо тижневі температури вище 13°C.

Завдяки цьому в районах помірного поширення даного виду може давати близько трьох поколінь на рік, а в субтропічних регіонах – не менше п'яти. Та не вдалось спостерігати очевидної моделі чи розділених етапів вольтинізму, які б виражали безперервні покоління [50].

Інформація відома про репродуктивну біологію двох інших видів шкідників, може свідчити про ті самі очікування для них. За цих обставин можливо передбачити появу першого покоління після зими, на територіях, де розвиток личинок може бути обмежений температурою, але такий прогноз може бути недостатньо точним, щоб розрахувати дати посіву, звичайно, непридатним для визначення передбачуваної когорти. Практичні наслідки цього дослідження полягали в тому, що модель життєвої історії цього шкідника, здається, залишає мало альтернатив управління. У помірних регіонах поширення цього виду.

Ранній посів кукурудзи може гарантувати, що перше покоління личинок зустрінуться з більш зрілими, а отже менш сприйнятливими стадіями культури.

Окрім цього, сезонна дисперсія та непередбачуваність спалахів *D. speciosa* свідчить про те, що єдиною доступною запобіжною дією для захисту посівів кукурудзи від цього шкідника є вирощування *Bacillus thuringiensis* (Bt) кукурудзи, тобто певних модифікованих сортів [53].



Пошкодження кукурудзи від живлення личинок *D. speciosa* не можна відрізнити від *D. viridula*, тому заходи боротьби з личинками *D. speciosa* застосовуються також і до личинок *D. viridula* також (рис. 2-4).

Рис. 2, 3, 4. Верхні малюнки типові пошкодження на кукурудзі спричинені *D. speciosa* і *D. viridula*. Знизу личинка *D. speciosa* на картоплі з типовими пошкодженнями «уколами» [13].

НУБІП України

НУБІП України

## I. Літературний огляд

### 1.1. Географічне поширення в світі та видовий склад роду

#### *Diabrotica*

Рід *Diabrotica* налічує понад 400 описаних видів [1], більшість з них неотропічні, тільки 7 видів і шість підвидів вважаються шкідниками сільського господарства в Америці [2]. З них лише три види вважаються шкідниками сільського господарства в Південній Америці: *D. speciosa* (Germar) з підвидами *speciosa* і *vigens*, *D. balteata* (LeConte) і *D. viridula* (F.) (рис. 5.1). Рід *Diabrotica* поділяється на три видові групи: *virgifera*, *fucata* і *signifera* [3, 4]. Однак дослідження південноамериканських видів групи *virgifera* показують, що ці групи не так добре досліджені, як вважалося раніше [5, 6].

*D. speciosa* і *D. balteata* належать до групи *fucata*, яка є групою з найбільшою кількістю видів. Види в цій групі, які були вивчені, є багатоїдними шкідниками як у дорослому стані, так і на стадії личинок. Іншою характеристикою північноамериканського шкідника *Diabrotica* з групи видів *fucata* є те, що вони зимують у дорослому стані та не мають стійких стадій для боротьби з суворими кліматичними умовами [2]. *D. viridula* входить до групи *virgifera*, тієї самої класи північних, західних і мексиканських кукурудзяних черв'яків (*Diabrotica barberi*, *Diabrotica virgifera virgifera* і *Diabrotica virgifera zeaе*). Личинки північноамериканських видів у групі *virgifera* харчуються виключно злаковими культурами (*Poaceae*) [7], хоча діапазон хазяїв спостерігався або перевірявся лише для кількох видів у групі [8]. Північноамериканські види шкідників у групі видів *virgifera* є унівольтинними, а іноді напіввольтинними, і мають діапазуючі яйця, які дозволяють їм зимувати в помірному кліматі або переживати сухі сезони в субтропіках [9, 10], в обох випадках, протягом яких доросла особина не може знайти харчування або вижити в екстремальних умовах.



*Diabrotica balteata* (photo Stephen Cresswell)



*Diabrotica speciosa* adult feeding on a bean leaf (photo Dirceu N. Gassen)



*Diabrotica viridula*

Рис. 5. Види Діабротики. [11]

*D. speciosa* поширена по всій Південній Америці, від сільськогосподарських ділянок у помірних степах Патагонії до тропіків, за винятком Чилі, та висоти понад 2500 м над рівнем моря [2, 12] (рис. 6). *Diabrotica speciosa* найкраще вивчений вид в Південній Америці через його вплив на більшість сільськогосподарських культур. Понад 132 зареєстровані види господарів у 24

різних родин рослин на яких може жити доросла особина [12-15]. Рослин-господарі для личинок не настільки добре відомі, а от *D. speciosa* має щонайменше п'ять підтверджених личинкових рослин-господарів: кукурудза

(*Zea mays* L.), пшениця (*Triticum spp.*), Сорго Алепське (*Sorghum halepense* Persoon), арахіс (*Arachis hypogaea* L.), і картопля (*Solanum tuberosum* L.).



Рис. 6. Поширення

*Diabrotica speciosa* в Південній Америці [11]

Інші чотири види рослин були досліджені за повного циклу розвитку у лабораторії [12–16]. Однак факт того, що личинки можуть розвиватися на рослинних видах у чотирьох родинях трьох різних порядків, свідчить про те, що може бути набагато більше личинкових хазяїв, які просто не були виявлені через гіпогеозну звичку личинок.

*D. speciosa* задокументована на більшості культур у Південній Америці, але в основному доросла особина вважається шкідником садівництва, а личинка шкодить на культурах картоплі, кукурудзи та арахісу [12, 14, 17]. Та звичайно є винятки. У Бразилії даний вид вважається шкідником кукурудзи як личинка, а

доросла особина незначним шкідником [19, 18]. Його також вважають значним шкідником картоплі як на стадії дорослої особини, так і на стадії личинки, хоча це все залежить від рослини [20]. Окрім того, доросла особина значно пошкоджує сходи та молоді рослини деяких екстенсивних культур, наприклад як соя, квасоля (*Phaseolus vulgaris*), бавовник, соняшник, кукурудза, тютюн, пшениця та ріпак [21–23] та столового винограду [24] (табл. 1).

*D. balteata* можна зустріти від субтропічної Північної Америки включаючи Центральну Америку та Карибські острови, а також Кубу, Еспаньолу та Пуерто-Ріко, до Південної Америки, хоча його поширення в Південній Америці обмежене Венесуелою та Колумбією [2, 25], де він може зустрічатися на висотах від 0 до 2000 м [26]. Але даних не достатньо, щоб зробити висновок про закономірності поширення видів в обох країнах. Доросла особина *D. balteata* має надзвичайно широкий спектр рослин-господарів, було виявлено її на понад 140 видах рослин [27]. Також є інформація, що описує 50 видів у 23 сімействах і перевага віддається рослинам гарбузових, розоцвітих, бобових та капустяних [27].

Дорослу особину *D. balteata* вважають шкідником кабачків (*Cucurbita* spp., Cucurbitaceae), кількох видів квасолі (*P. vulgaris*, *Glycine max*, *Mucuna pruriens* і *Vigna unguiculata*, Fabaceae), салату (*Lactuca sativa*, Asteraceae), цукрової тростини (*Saccharum officinarum*, Poaceae), картоплі [28]. Дорослі особини також причетні до передачі вірусу коричневої ругози томатів (*Tobamovirus*, ToBRPV) до

*P. vulgaris* [29] та інших вірусів *P. vulgaris* і *calapo* (*Calorogonium mucunoides* Desv.) [30, 31].

**Таблиця 1.** Основні культури, що вражаються Південно Американським шкідником виду *Diabrotica*, сучасні та потенційні методи контролю

Культура господар	<i>D. balteata</i>		<i>D. Speciosa</i>		<i>D. viridula</i>		Методи Контролю		Перспективні методи контролю	
	Доросла особина	личинка	Доросла особина	личинка	Доросла особина	личинка	Доросла особина	личинка	Доросла особина	личинка
Бобові	X	X	X		X		К,Оф,Нн, Фп		Проміжні культури стійкі рослини	
Гарбузові	X		X				К,Оф,Нн, Фп		кукурбітаційні приманки	
Кукурудза		X	X	X		X	К,Оф,Нн, Фп	Обробка насіння кукурудзи (Нн,К,Ді)	Силікон кукурбітаційні приманки	РРК, Обробка насіння фунгіцидами Стійкі види, нематоди
Арахіс		X	X	X			К,Оф,Нн, Фп			
Картопля	X		X	X			Нн		Стійкі види	Стійкі види, нематоди
Соеві боби Табак			X X				К,Оф,Нн, Фп К,Оф,Нн, Фп			

<sup>1</sup>К – Карбамати; Оф – органіфосфати; Нн - Неонікотиніоїди; Фп - Фенілпіразоль; Ді - діаміди; Ррк - регулятори росту комах



Дорослу особину *D. balteata* вважають шкідником кабачків (*Cucurbita* spp., Cucurbitaceae), кількох видів квасолі (*P. vulgaris*, *Glycine max*, *Mucuna pruriens* і *Vigna unguiculata*, Fabaceae), салату (*Lactuca sativa*, Asteraceae), цукрової тростини (*Saccharum officinarum*, Poaceae), картоплі [28]. Дорослі особини також причетні до передачі вірусу коричневої ругози томатів (*Tobamovirus*, ToBRFV) до *P. vulgaris* [29] та інших вірусів *P. vulgaris* і *calapo* (*Calopogonium mucunoides* Desv.) [30, 31].

В Колумбії цей вид атакує квасолю, але вважається незначною проблемою [32], кукурудзу, на ній він вважається локально проблематичним [33, 34] та арахіс, на якому він серед 10–12 найшкідливіших шкідників Колумбії [35] (табл. 1). Також відомо, що личинка пошкоджує солодку картоплю (батат) в США [36]. Той факт, що ці рослини господарі також належать до трьох родин у трьох порядках, свідчить про те, що рослин на яких харчуються личинки може бути набагато більше. Окрім того, філогенетичні дослідження вказують на те, що *D. spectosa* і *D. balteata* є сестринськими кладками.

*D. viridula* поширений від Мексики до північної Аргентини і, мабуть, відсутній в Уругваї та Чилі, за винятком острова Пасхи, де він був інтродукований [2, 14, 37] (рис. 7). Поширений переважно в тропіках і субтропіках. Імаго *D. viridula* вважається незначним шкідником квасолі в Перу [38], а от личинка локально вважається небезпечною для кукурудзи в Центральній Америці та Перу [39].

Під час досліджень, що проводились в теплицях, було виявлено, що і личинки, і дорослі особини даного виду можуть передавати кукурудзі вірус хлоротичної плямистості кукурудзи (МСМV).

Під час випробувань у теплицях як личинки, так і дорослі особини цього виду змогли передавати кукурудзі вірус хлоротичної плямистості кукурудзи (МСМV), вважається, що личинки є найбільш сприятливим вектором цього вірусу.

*D. viridula* вважається важливим, хоча й новим, шкідником коренів кукурудзи в Аргентині, Парагваї та Бразилії [11, 41], але його пошкодження

складно відрізнити від пошкодження *D. speciosa*. Досліджень для уточнення, яка частка шкоди припадає на кожен вид (наприклад, збір личинок безпосередньо в полі) не було проведено. Виявлено, що личинка харчується лише коренями кукурудзи, а в лабораторії вона успішно розвивалась на пшениці, але не на жодному з видів, поза Злаковими культурами, про що можна зробити висновок, що він є стенофагом на личинковій стадії [2, 42].



Рис. 7.

Поширення *Diabrotica viridula* в Південній Америці (область позначена пунктиром) [11]

У дорослому віці даний шкідник стає поліфагом, хоча й пристосований до меншої кількості рослин-господарів, ніж *D. speciosa* та *D. balteata*, оскільки він був зареєстрований лише на 21 виді рослин у *Poleaceae*, *Cucurbitaceae* та *Asteraceae* [11] (табл. 1). На цьому схожість із північноамериканським видом у групі *virgifera* закінчується, оскільки яйця *D. viridula* не діапазують. Цей вид вирощували в лабораторії протягом багатьох поколінь, і яйця ніколи не виявляли будь-якої затримки вилуплення за оптимальної температури розвитку ( $8 \pm 1$  день при  $25 \pm 1$  °C), незалежно від попереднього фотоперіоду та температурних умов ( $0 \pm 1$ ,  $5 \pm 1$ ,  $13 \pm 1$  °C; 10:14, 12:12, 14:10 год (L:D)) [14, 41, 42]. Яйця дорослих

особин, зібраних у полі, включаючи дорослих особин, які перезимували, також не виявили затримки вилуплення [43]

Distribution

Last updated: 2023-09-28

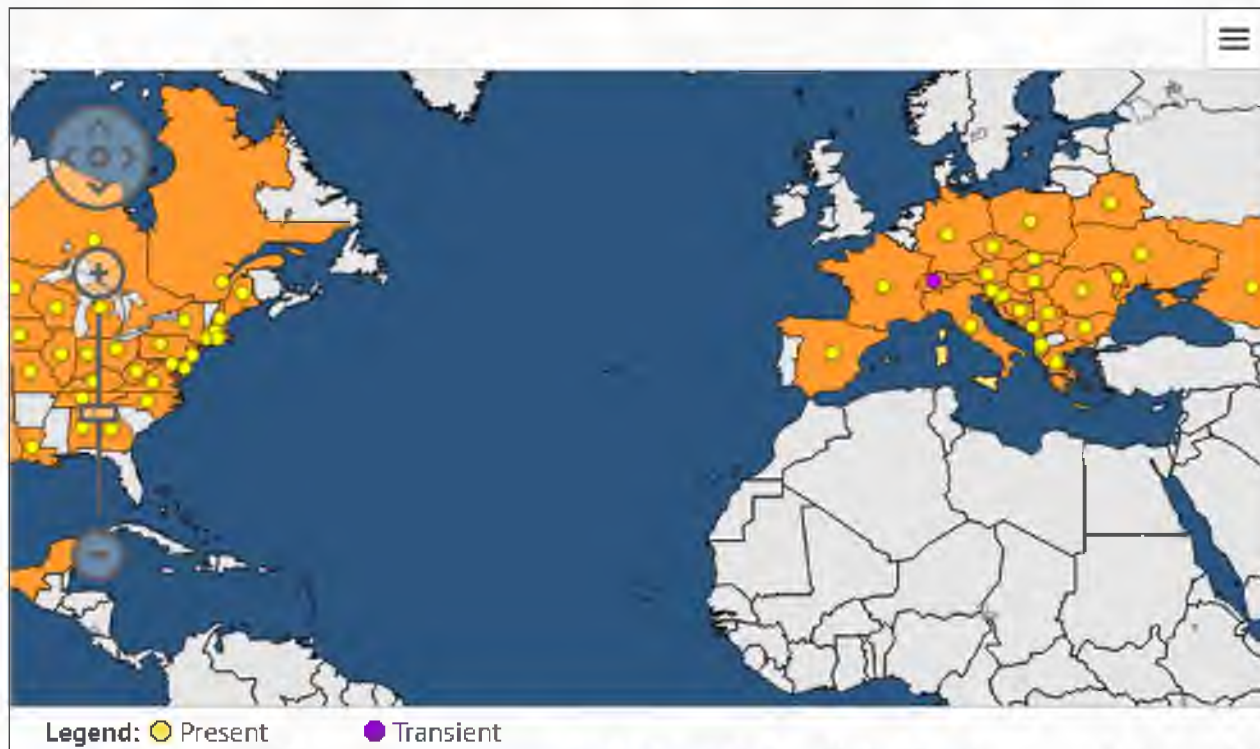


Рис. 8. Поширення *Diabrotica virgifera virgifera* на світовій мапі [89]

Докази свідчать про те, що три південноамериканські шкідлики *Diabrotica* зимують у дорослому стані є мультивольтинними і не мають діапаузуючих яєць. Репродуктивна діапауза спостерігалася для *D. speciosa*, принаймні для популяцій із помірних і вищих субтропічних зон, але той факт, що її можна перекрити шляхом маніпулювання температурою та світловими годинами, свідчить про те, що вона може не існувати в нижніх широтах [43].

## 1.2. Поширення кукурудзяного жука в Україні

Вперше західного кукурудзяного жука зловили у 2001 році на Закарпатті поблизу кордонів Угорщини та Румунії, на території України

У 2003 р. в тих же районах його було помічено, а в 2004 році заражена площа сягала 3000 км<sup>2</sup>. Поширення було на північний захід від румунського та угорського кордонів.

Спеціалістами карантинної служби за допомогою феромонних пасток відловлено 22 140 імаго самців та 297 імаго самок на присадибних ділянках, на полях господарств та в населених пунктах 13 районів Закарпатської області. Було виявлено вогнища ЗКЖ у трьох нових районах Закарпаття, тобто шкідник був поширений та виявлений в усіх районах Закарпатської області і територія під карантинним режимом по кукурудзяному жуку збільшилась на 11 373 га [97].

Станом на 1 січня 2006 року шкідник розповсюджений в 13 районах, 8 містах та 452 населених пунктах Закарпатської області на площі 14 148 га [97].

В 2012р. Федоренко В. П. та Пилипенко О. І. Підтвердили офіційним контролем, що шкідника було знайдено у 5 регіонах на 23 000 га.

Служба звітності ЕРРО, у 2014р., прокоментувала, що загальна заражена площа оцінюється в 33 047 га (у 7 областях), а також те, що вони знаходяться під офіційним контролем.

В Україні станом на 01.01.2023 року зареєстровано 427 вогнищ, на яких запроваджено та офіційно підтримується карантинний режим по діабротиці в 16 областях (Вінницькій, Волинській, Дніпропетровській, Житомирській, Закарпатській, Івано-Франківській, Київській, Кіровоградській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Рівненській, Тернопільській, Хмельницькій, Черкаській та Чернівецькій) на загальній площі майже 144,2 тис. га [86].

Відповідно до наказу Міністерства аграрної політики України від 29.11.2006 № 716 «Про затвердження Переліку регульованих шкідливих організмів» західний кукурудзяний жук віднесений до списку А-2: Карантинні організми, обмежено поширені в Україні [87].

На території Чернігівської області ЗКЖ відсутній, але ризики та загрози його занесення туди значні. Адже він здатний поширюватись за допомогою транспортних засобів, рослинних вантажів, з ґрунтом, насінням, знаряддями праці. У пошуках їжі імаго перелітають з полів кукурудзи на інші культури та

нові райони. Жуки мають розвинені крила та добре літають, швидкість активного льоту сягає до 10 км за годину. Вітер сприяє перенесенню жуків також.

Західний кукурудзяний жук обмежений поліфаг. Крім кукурудзи, живиться рослинами з родини гарбузових (огірки, гарбузи, кабачки, патисони), також ін. злаковими, бобовими й айстровими культурами.

Станом на 2023р. за даними Держпродспоживслужби України Західний кукурудзяний жук був зафіксований на території України в 16 областях (таб. 2)

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

Таблиця 2. Поширення ЗКЖ на території України [88].

Назва КО	ЗАРАЖЕНО					Площа зараження (га)				
	Областей	Районів	Населених пунктів	Присадибних ділянок	Господарств всіх форм власності	Присадибна ділянка	Господарств всіх форм власності	Інші землі	Всього	К-ст. карантинних зон
ЗКЖ	16	60	871	82800	616	43645,3076	99118,1	104,4	144167	427

### 1.3. Систематичне положення та біологічні особливості виду

Царство Тварини (*Animalia*)

Тип Членистоногі (*Arthropoda*)

Підтип Шестиногі (*Hexapoda*)

Клас Комахи (*Insecta*)

Ряд Твердокрилі (*Coleoptera*)

Родина Листоїди (*Chrysomelidae*)

Підродина Козявки *Galerucinae*

Рід (*Diabrotica*)

Вид Кукурудзяний жук *Diabrotica virgifera*

Підвид Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte)



Рис. 9, 10. Самка (праворуч) та самець (ліворуч) *Diabrotica virgifera virgifera* [92]

Західний кукурудзяний жук належить до жуків-листоїдів багаточисельної родини, до неї також належить колорадський жук та багато інших видів.

Ідентифікація видів роду доволі не проста та переважно проводиться за зовнішніми знаками

У 1868 р. комаху описали як *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, але таксономічна історія даної комахи трічі піддавалась змінам: *Diabrotica filicornis*

(Horn, 1893), *Diabrotica virgifera* var. *filicornis* (Gillette, 1910) і *Diabrotica virgifera virgifera* (Krysan et al., 1980).

Різними шляхами, з Центральної та Південної Америки, різновиди роду *Diabrotica* проникали в Північну Америку, здатні перезимовувати та успішно акліматизуватися, вдалось тільки шістьом видам. Один з них розподілений на два підвиди: *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Western corn rootworm (WCR) – “західний кукурудзяний кореневий черв’як”) і *Diabrotica virgifera zea* Krysan & Smith (Mexican corn rootworm (MCR) – “мексиканський кукурудзяний кореневий черв’як”). *D. virgifera virgifera* Le Conte, а також *D. barberi* Smith & Lawrence (North corn rootworm (NCR) – “північний кукурудзяний кореневий черв’як”) та *D. undecimpunctata howardi* Barber (South corn rootworm (SCR) – “південний кукурудзяний кореневий черв’як”) стали в Північній Америці небезпечними шкідниками кукурудзи (Рис. 9, 10).

Дорослі особини західного кукурудзяного жука мають маленький розмір. Тіло в середньому 5-6 мм в довжину, блідо-жовте, у самок на надкрилах три поздовжні темно-сині, майже чорні смужки (центральна – посередині, уздовж шва). Смужки самця зливаються, і весь верх окрім країв надкрил та їх вершини темного кольору. Голова, вусики та ноги темні, а черевце знизу жовтувате.

Навіть попри досить характерне забарвлення, щоб достовірно визначити даний вид, варто, щоб це робили фахівці-ентомологи. Адже в природі існує велика кількість комах, які зовнішньо подібні до західного кукурудзяного жука, але різняться за ознаками дуже тонкими, тому побачити можливо їх тільки з допомогою мікроскопу та маючи певний досвід в цій сфері. Інакше існує ризик помилкової класифікації цього виду. Мертві екземпляри можуть змінювати колір, деформуватися після загибелі і тофу людина без досвіду в сфері ентомології не зверне увагу на такі деталі. Саме через це важливо доставити зразки комах до профільною установи, якою є фітосанітарна лабораторія, щоб достовірно провести процедуру визначення виду шкідника.





Рис. 11 Західний кукурудзяний жук на феромонних пастках [92].

*Diabrotica virgifera virgifera* розвивається тільки в одній генерації на рік. Імаго виходять з ґрунту в кінці липня – на початку серпня, їх поява співпадає з періодом цвіту кукурудзи. Самки після спарювання протягом 8-10 днів відкладають яйця. Через два тижні самки, продовжують відкладати яйця, періодично живляться. Жуки мігруючи в пошуках корму надають перевагу кукурудзяним полям, які приваблюють їх кольором та запахом. Вони там живляться і відкладають яйця.

Самки відкладають яйця за температури вище 10 °С, в поверхневий шар ґрунту, біля основи стебла рослини, віддаючи перевагу вологим ділянкам. Якщо яйця відкладені в іншому місці, личинки, які відродились, не знайшовши поблизу кормової рослини, загинуть. Щоб відкласти яйця самки віддають перевагу чорноземам чи ґрунтам з підвищеним вмістом глини, менше всього приваблюють їх піщані ґрунти. На глибину розміщення яєць впливає вологість. Яйця будуть відкладені ближче до поверхні ґрунту, якщо дуже висока вологість. Дощова погода стимулює процес відкладення яєць. Яйця витримують затоплення до 10 днів. В сухий ґрунт самки не відкладають яєць. Основна маса відкладених яєць знаходиться в поверхневому шарі ґрунту, на глибині 5 см, максимальна глибина їхнього розташування не перевищує 15 см. Тому відродження личинок може відбуватись на другий рік з частини яєць, які опинились на значній глибині.

Плодючість самки близько 1000 яєць. Тривалість життя самки від 19 до 126 днів, в середньому близько 95 днів. Репродуктивний період триває 10-15 днів.

Відкладання яєць закінчується наприкінці серпня, в кінці вересня основна маса жуків гине. Та іноді дорослі особини можуть зустрічатись в природі до листопада.

Морозостійкість яєць доволі висока вони витримують температуру до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Цьому виду притаманна факультативна ембріональна діапауза, вступ в яку починається за температури  $4-5^{\circ}\text{C}$  [76]. Після того як пройшла діапауза яйця впадають в холодове заціпеніння, що триває до весняного відродження личинок. Весною за прогрівання ґрунту до  $11,2^{\circ}\text{C} - 12,8^{\circ}\text{C}$  личинки відроджуються та починають живлення.

Молоді личинки рухаються в напрямку найближчих коренів кормової рослини. В пошуках корму вони здатні долати відстань 50-80 см. Основна кількість личинок знаходиться біля основи рослини на відстані до 10 см. Молоді личинки живляться переважно кореневими волосками та тканинами кореневої системи рослини. Проходячи періоди розвитку личинки починають вгризатися в корінь, живляться серцевинною тканиною, яка містить судинні пучки. Дорослі личинки прогризають отвори в товстому корінні та здатні потрапляти таким чином в стебло рослини.

Живлення личинок триває 3-4 і розвиваються в трьох віках. Період відродження від личинок до дорослої особини за температури  $29^{\circ}\text{C}$  - 27 днів, при  $22^{\circ}\text{C}$  - 38 днів і при  $15^{\circ}\text{C}$  - 71 день. Личинки третього віку заляльковуються в земляних колисочках, з середини червня та до кінця липня. Більшість лялечок знаходиться в поверхневому шарі ґрунту, та іноді вони можуть знаходитись на глибині до 20 см. Розвиток триває від 2-3 до 7 днів. Лялечки не витримують тривалого затоплення. За рясного зрошення в період заляльковування вихід імаго може знизитись до 50%. Морозостійкість яєць доволі висока вони витримують температуру до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.4. Морфологічні особливості

**Яйце.** Яйця овальної форми, світло-жовтого кольору, щойно відкладені, перед вилупленням стають коричневими; вони мають 0,6 мм у довжину та 0,35 мм у ширину. Поверхня яєць шкідників коренеплодів покрита первинними багатокутниками, а іноді й вторинними ребрами, це є корисним індикатором для

ідентифікації за допомогою скануючого електронного мікроскопа. *D. virgifera virgifera* і *D. virgifera zeaе* легко відрізнити від *D. longicornis* (найбільш схожий вид) за відсутністю вторинних хребтів всередині кутових багатокутників у перших двох видів; ямки всередині багатокутників *D. longicornis* округлі, рівномірно розташовані, їх десь 6-12 шт на багатокутник. Скульптура хоріона *D. virgifera virgifera* не відрізняється від форми *D. virgifera zeaе*.

**Личинка.** Личинки, які тільки вилупилися напівпрозорі та майже безбарвні, в той час як зрілі личинки кремово-білого кольору, голова та кінець черевця темно-коричневі. Личинки мають 2-3 мм в довжину на момент появи і мають шість дуже маленьких ніжок, останній вік досягає 12-19 мм (це має урогомфа (парного виросту останнього сегмента тіла). Ідентифікаційний ключ Мендози та Пітерса (1964) можна використовувати для диференціації зрілих личинок *D. virgifera* від личинок *D. undecimpunctata howardi* та *D. longicornis*. Наскільки відомо, за морфологічними ознаками відрізнити личинки двох підвидів *D. virgifera* неможливо.

**Лялечка.** Лялечка має довжину близько 7,5 мм і ширину 4,5 мм, білого кольору, але з віком жовтіє та виглядає як доросла особина з рудиментарними вусиками, ногами та крилами. На кінчику черевця є пара товстих шипів, на інших черевних сегментах дорсально розташовані маленькі шипи. Є статевий диморфізм на стадії лялечки. Самки-лялечки мають пару характерних сосочків на вентрі біля верхівки черевця, а самці не мають таких сосочків (Krusan and Miller, 1986). Лялечки знаходяться в земляних клітинах в ґрунті біля коренів рослин.



Рис. 12 Ляляка  
ЗКЖ [92]

**Доросла особина.** Довжина жука 4,8-5,4 мм. Основні надкрила зеленого кольору, плямисті, з двома округлими сіро-жовтими плямами на кожній надкрилці. Голова має забарвлення жовтого кольору з ниткоподібними вусиками, передньоспинка зелена чи блідо-оливкова, підквадратна, глибоко подвійна, щиток жовтий або янтарно-жовтий. Лапка жовта або жовто-вокриста. Гомілка двоколірна, жовта, зовнішній край з гострою (глянцево-чорною або глянцево-коричнево-чорною) або тістоподібною (цегляно-червоною або коричнево-червоною) лінією або майже повністю затемнений. Стегнова кістка двоколірна, жовта чи зелена, зовнішній край від каштанового до чорного. *D. virgifera zea* легко відрізнити від номінального підвиду, *D. virgifera virgifera*, за зеленими надкрилами без поздовжніх ліній. Від подібних *D. longicornis* і *D. barberi* його можна відокремити двоколіровими стегновими кістками *D. virgifera zea* з темним, каштановим або чорним зовнішнім краєм, тоді як у *D. longicornis* і *D. barberi* стегнові кістки односклірно-зелені або прозорі жовті.

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 13. Імаго ЗКЖ [92].



НУБІП України

Рис. 14. Повний цикл перетворення *D. virgifera virgifera* від яйця до жука

[55].

# НУБІП України

## 1.5. Шкідливість західного кукурудзяного жука

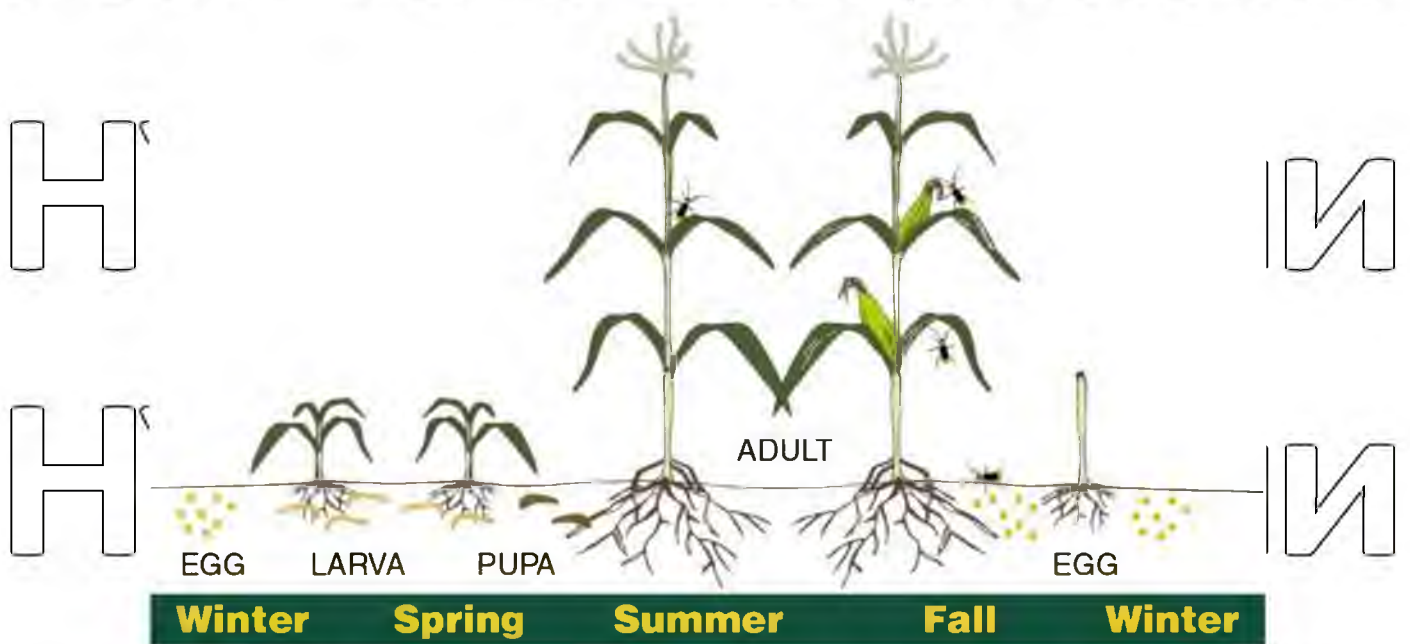


Рис. 15. Періоди та стадії шкоди *D. virgifera virgifera* на кукурудзі [55].

На рисунку 15 зображені стадії та періоди року коли кукурудзяний жук завдає шкоди культурі. Взимку яйця в стані діапаузи перебувають у ґрунті.

Навесні з'являються лялечки та личинки, вони харчуються підземними органами рослини. Взлітку на кукурудзі вже шкодять жуки, це продовжується до осені та початку збору врожаю, якщо є що зібрати. В період коли рослини починають жовтішати та скидати листя, жуки відкладають яйця в ґрунт для подальшого циклу розвитку.

Дорослі жуки харчуються маточковими стовпчиками, пилком, незрілими зернами, листям кукурудзи. Також жуки, лише на стадії імаго, можуть харчуватися пилком інших рослин (гарбузових, злакових, бобових і складноцвітих). Хоча дорослі особини віддають перевагу саме живленні на кукурудзі. Вони об'їдають зерно в фазу молочної стиглості під листям качана та на його верхівці, вигризують паренхіму між жилками листя часом обгризають саме молоді качани також пошкоджують стовпчики жіночих суцвіть і самі пильники на волоті.



Рис. 16. Живлення ЗКЖ [55]

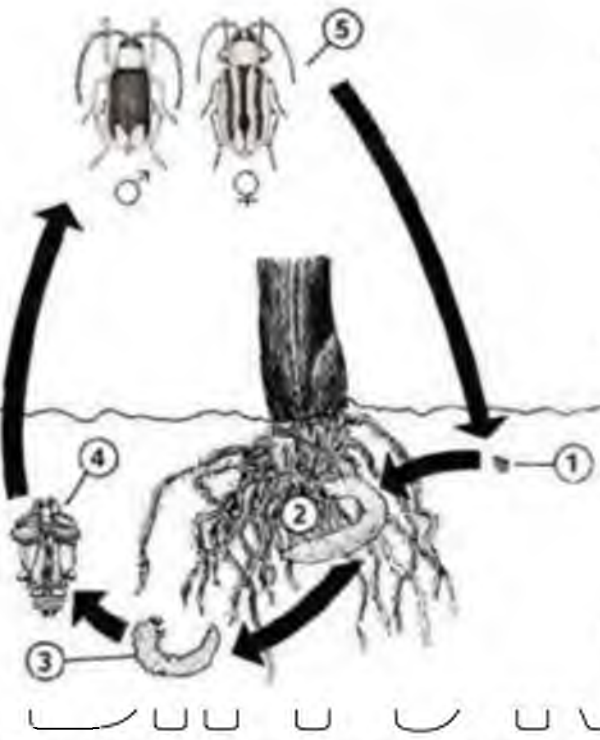
Самки відкладають в верхній шар ґрунту, на глибину до 35 см, зазвичай поблизу нижньої частини стебла кукурудзи, максимальна щільність яєць в ґрунті спостерігається до серпня-вересня. Яйця витримують взимку температуру до  $-10^{\circ}\text{C}$ , а навесні при прогріванні ґрунту з основної маси яєць відроджуються личинки. Личинки моментально починають харчування. Личинки харчуються в середньому 3-4 тижні, за цей час тричі линяють. Спочатку вони об'їдають коріння, потім переходять на серцевину кореня, таким чином можуть навіть проникати в стебло. Заляльковуються в ґрунтових колісочках в верхньому шарі ґрунту. За 2-3 дні завершується розвиток лялечки. А з лялечки відроджуються дорослі жуки.

Вихід їх розтягнутий, а пік збігається з цвітінням кукурудзи. За 10-14 днів жуки починають відкладати яйця, а живуть до 3 місяців. На рік розвивається одне покоління західного кукурудзяного жука. Для них оптимальною температурою розвитку є  $21-30^{\circ}\text{C}$ .

Імаго можуть порушувати запилення кукурудзи, харчуючись маточковими нитками, підгризаючи живі тканини. Також вони є переносниками збудників бактеріальних, вірусних та грибних захворювань кукурудзи. Врожайність падає внаслідок живлення жуків на генеративних органах.

На рисунку 17 зображена схема життєвого циклу ЗКЖ: 1 – яйце, 2 – личинка, 3 – передлялечка, 4 – лялечка, 5 – імаго (самець та самка).

Рис. 17. Схема життєвого циклу *Diabrotica virgifera virgifera* на кукурудзі [92]



Хоча основною шкодою для врожаю становить пошкодження коренів личинками. На ранніх стадіях заселення відбувається непомітно. А при сильному ураженні коренів, коли личинка вже на пізніх стадіях розвитку, кукурудза вилягає, а також висмикується з ґрунту без зусиль, форма стебла стає подібною до «гусячої ший». Щоб зруйнувати кореневу систему рослини достатньо 25 личинок на рослину. Пошкоджене коріння має забарвлення червонувате чи буревате і часто вражається кореневою гниллю, згодом рослина гине через це.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ





Рис. 18. Пошкоджене коріння кукурудзи *Diabrotica virgifera virgifera* [92].

## 1.6. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука

Доречно звернути увагу, що ЗКЖ не живиться стиглим насінням кукурудзи, отже з насінням кукурудзи не переноситься.

Якщо б *Diabrotica virgifera virgifera* виявили на території України, то потрібно вжити всіх необхідних заходів для ліквідації первинного вогнища згідно з чинним фітосанітарним законодавством. У ньому передбачено агротехнічні, хімічні, організаційні, біологічні та запобіжні заходи, а також використання стійких сортів, в даному випадку кукурудзи.

Агротехнічні заходи – це дотримання сівозміни в якій включені багаторічні трави, бобові та інші зернові культури, окрім кукурудзи, люцерни, конюшини.

Вони є доволі ефективними. Поля кукурудзи, після збирання врожаю, потрібно переорати, а на наступний рік засіяти іншими культурами. На полях, де були виявлені первинні вогнища *Diabrotica* заборонено висівати кукурудзу протягом трьох років. Оранка відвальним плугом, малосніжні та холодні зими призводять до більш глибокого промерзання ґрунту і часткової загибелі яєць карантинної

комахи. По периферії проводять посіви гібридними та стійкими сортами, вони мають добру регенеративну здатність швидко відновлювати кореневу систему та глибоко проникати в ґрунт. Якщо ж недотримуватись сівозміни у господарствах чи на присадибних ділянках, кількість личинок кукурудзяного жука у заражених регіонах може сягнути критичного порогу чисельності, що призведе до значних економічних збитків, тому проведення хімічних заходів (в першу чергу, проти личинок) стане вкрай потрібним [69].

Хімічні засоби - це застосування ґрунтових інсектицидів, які допомагають контролювати чисельність личинок Діабротики, оскільки весь свій життєвий період вони проводять у ґрунті, живлячись коренями кукурудзи. Інсектициди можуть застосовуватись до висіву, під час висіву або після нього (у період вегетації). Гранульована форма препаратів на практиці широко застосовується в США, вони також більш ефективні, ніж препарати у рідкій формі потрібним [70].

Організаційні заходи - це заходи карантинного режиму на території, де було виявлено шкідника, а саме карантинний організм. Встановлюють розмір та межі виявленого вогнища, регламентують перевезення вантажів із карантинної зони, надають інформацію адміністрації та населенню району, де виявляють карантинний організм [69].

Біологічні заходи – це заходи в першу чергу, які включають використання природних ворогів, тобто комах-ентомофагів. Природних ефективних ворогів *D. v. virgifera* не багато, але вони, добре допомагають врегулювати чисельність шкідника, наприклад ентомопатогенний гриб *Beauveria bassiana*, що добре зарекомендував себе, він розвивається всередині дорослої особини кукурудзяного жука. Щоб оцінити весь потенціал шкодочинності кукурудзяного жука вчені провели дослідження впливу на *D. v. virgifera* нематод *Stenemema carposapsae* або *Heterorhabditis bacteriophora* в поєднанні з ґрунтовим інсектицидом тифлутрин, що мало гарні результати випробування. В США ентомофагами *Diabrotica virgifera virgifera* являються комахи родин: Tachinidae (*Celatoria diartocae*, *Chaetophleps setosa*), Cantharidae (*Chauliognathus marginalis*), Carabidae (*Harpalus* sp.), Braconidae (*Syrrhizus* sp.) [70].

Запобіжні заходи - заходи, які спрямовуються на заборону ввезення на територію України із зон зараження, а саме країн поширення кукурудзяного жука, качанів в стані молочної та воскової стиглості, зелених частин рослин, що завозяться в той же рік коли було вирощування (місяці з серпня до листопаду); абсолютно всі партії зерна кукурудзи підлягають ретельному огляду, особливо, ті, що надходять з країн поширення *D. v. virgifera* [71].

Внесення ґрунтових інсектицидів разом із висівом набуло більшої популярності. Гранульовані інсектициди розміщують у борознах або смугах 15 см в ширину, в шар ґрунту над насінням, потім заглиблюють його у ґрунт тракторами з ребристими колесами або важкими ланцюгами. Препарати в рідкій формі вносять за допомогою розпилювачів низького тиску [71].

У Сполучених Штатах обробку насіння інсектицидами не часто застосовують для управління розвитком та поширенням Діабротики.

Застосування інсектицидів не завжди є ефективним, для обробки насіння, що також не залежить від типу активної речовини препарату. Цей метод рекомендований у разі низького чи середнього ступеня зараженості західним кукурудзяним жуком. Обробку насіння більше застосовують для захисту коренів, а не як інструмент для зменшення чисельності популяції. До того ж,

встановлено, що інсектициди з групи неонікотиноїдів становлять загрозу для життєдіяльності бджіл.

В даний час для контролю кукурудзяного жука використовують суміші препаратів: хлоректоксифос + біфентрин, тебупіримфос + цифлутрин, хлорпірифос, клотіанідин, тербуфос, тефлутрин, біфентрин, Тефлутрин (Force) і тебупіримфос + цифлутрин (Aztec) переважно застосовують у вигляді гранул. Ті ж інсектициди були зареєстровані на території Європейського Союзу. У зв'язку із законодавством, яке не підтримує використання гранульованих інсектицидів до використання рекомендовано переважно їхні рідкі форми [69].

Щоб виявити локалізацію та ліквідувати вогнище, а також здійснити заходи запобігання розповсюдження карантинного організму - Західного кукурудзяного жука - *Diabrotica virgifera virgifera*, потрібно дотримуватись наступних заходів:

- провести моніторинг у прикордонній зоні Західного та Південно-Західного кордону України та в районах міжнародних аеропортів;

- моніторинг популяцій вогнищ ЗКЖ у 30 км зоні за допомогою комплексних та феромонних пасток;

- донести інформацію до керівників та спеціалістів господарств усіх форм власності, власників присадибних ділянок та населення доступними засобами інформації про шкідливість виду *Diabrotica virgifera virgifera*;

- впровадити широкомасштабний моніторинг із залученням обстежувачів з громади, використовуючи феромонні пастки;

- при виїзді/перетині населених пунктів, на перевалах, основних транспортних шляхах та виїздах з області в сусідні регіони України, в яких були виловлені дорослі особини шкідника, створення постів з метою профілактичної обробки транспортних засобів у період з кінця липня по вересень;

- впровадити науково-обґрунтованої сівозміни максимально наближені до умов області;

- проведення хімічних обробок с/г техніки (знарядь праці, машин, транспортних засобів);

- обов'язково застосовувати протруєння насіння/зерна інсектицидами, щоб певною мірою знизити пошкоджуваність кореневої системи; ○○

- вносити інсектицидів у міжряддя кукурудзи у вогнища карантинного організму – проведення державних випробувань нових препаратів інсектицидів, якими можна проводити хімічні обробки, як для імаго, так і для личинок ЗКЖ;

- застосовувати інсектицидні обробки дорослих особин ЗКЖ на всіх полях кукурудзні, де були виявлені вогнища (піретроїди та фосфорорганічні препарати). Проводять два обприскування: перше на початку липня; друге наприкінці;

- заборонено збирати врожай кукурудзи до 1 жовтня;

- заборонено перевозити ґрунт чи свіже зерно з вогнищ шкідника, у яких вирощували кукурудзу за межі регіону;

- встановлюють обмеження: вирощування кукурудзи як монокультури;

- вводяться у програму селекції науково-дослідних установ завдання стосовно виведення стійких сортів та гібридів кукурудзи, сої та ін. культур *Diabrotica virgifera virgifera* [72].

### 1.7. Застосування хімічного контролю

Найбільше зусиль контролю в сільському господарстві Південної Америки спрямовано на листяних та стеблових шкідників. Існують опубліковані рекомендації щодо порогових значень обробки на основі протоколів відбору зразків дорослих видів *Diabrotica* та рівня пошкодження листя для бобів та сої відповідно [52, 53]. Тим не менш, деякі заходи контролю для коренеплодів були випробувані, головним чином обробка насіння, обприскування в борозні та застосування гранульованих пестицидів [54, 55]. Не має опублікованих розрахунків внесення пестицидів для кукурудзи, квасолі, картоплі, але вважається, що вони мають бути високими. В Бразилії до використання на *D. speciosa* зареєстровано 129 пестицидів на кукурудзі, картоплі, квасолі, включаючи позакореневе обприскування, внутрішньо борозне, обробку насіння та 4 біологічні препарати на основі *Beauverian Bassiana* та один на основі *Heterorhabditis bacteriophora* (табл 1) [56].

Посилання на хімічний контроль *Diabrotica* в Аргентині, Перу та Уругваї дотримуються майже тієї ж тенденції, що рекомендує кілька пестицидів широкого спектру дії для боротьби з дорослими: хлорпірифос, метоміл, інші карбамати, фенітроціон і кілька ніретроїдів більше або менше такої ж тенденції [57, 58]. Не було знайдено посилань на дослідження про боротьбу хімічними препаратами з личинками і насправді занепокоєння щодо пошкодження личинок *Diabrotica* виникло недавно і всі комахи, що пошкоджують коріння, об'єднують в одну групу в разі обробок.

Їх контроль в основному довіряють обробці насіння карбаматами, неонікотинамідами, такими як клотіанідин, тіаметоксам та імідаклопрід, нещодавно в поєднанні з діамідами (ціантраніліпролом і хлорантраніліпролом) і генетично модифікованою (ГМ) кукурудзою [59, 60] (табл. 1).

Однак, обробка насіння є неефективним способом боротьби з личинками *D. speciosa* на кукурудзі в Бразилії [62]. Кілька спеціалістів повідомляли, що найбільш ефективною обробкою є рідке внесення органофосфатів і фенілпіразолових інсектицидів на кукурудзу та неонікотиноїдів на картоплю [61-63].

Гранульоване внесення також виявилось перспективним, але не рекомендуються через технічні обмеження, пов'язані з вартістю та ефективністю гранульованих аплікаторів і ризику токсичності. Відомо, що застосування кремнію допомагає зменшити пошкодження дорослих особин *D. speciosa* та *Liriomyza spp.* (Diptera: Agromyzidae), листових мінерів в органічній картоплі [64].

Інсектициди, що перешкоджають розвитку незрілих форм комах (регулятори росту комах (IGR)) також можуть спричиняти ефект стерилізації на дорослих твердокрилих, впливаючи на їх плодючість і

життєздатність яйцеклітини [65, 66]. Дорослі особини *D. speciosa*, яких годували листям квасолі, оброблене регулятором росту дуфенураном, показали значне зниження народжуваності та життєздатності яєць [67, 68]. Цей згубний вплив на потомство може зменшити їхній біотичний потенціал у полі без використання обробки ґрунту (табл. 1), хоча це ще має бути підтверджено.

Посилання на розвиток резистентності до інсектицидів у південноамериканських комах *Diabrotica* відсутні в літературі. Однак це не означає, що він не зустрічається, а, можливо, що і не вивчений.

## 1.8. Використання генетично модифікованих культур для боротьби з *Diabrotica*

Генетична модифікація культур є одним із найпоширеніших варіантів боротьби з комахами-шкідниками в Південній Америці. Генно модифікована кукурудза, бавовна та соя широко вирощуються в Бразилії та Аргентині, вони є другою та третьою країною з найбільшим виробництвом генно модифікованих культур у світі після США [73]. ГМ кукурудза, що містить ген Csy3Bb1, доступна і в Аргентині, і в Бразилії з 2010 року [55]. В Бразилії до 90% кукурудзи є ГМ, а

в Аргентині до 96%, в основному для боротьби з лускокрижими. Польові випробування доводять, що рівень пошкодження коренів був, нижчим за економічний поріг, а врожайність була на 2–5% вищою, ніж у сприйнятливої кукурудзи того ж сорту [55]. Кілька ліній кукурудзи, що містять гени *Cry3Bb1* і *Cry1Ab*, були протестовані в тепличних тестах для кормівлі *D. speciosa* в Аргентині в 2004 році. Також застосовувалась 15-ступенева система оцінки, яка показала, що обидва випадки забезпечували певний захист від пошкодження личинок порівняно з тим, що спостерігалось в їхніх майже звичайних ізолініях.

Однак у тестах лінії з геном *Cry3Bb1* зазнали значно нижчого рівня пошкодження. Інші країни Південної Америки демонструють схожу картинку, наприклад Парагвай (практично 100% кукурудзи) та Уругвай, де немає офіційних даних, але площа посівів ГМ кукурудзою, складає до 86% [74]. Нові білки *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), спеціально призначений для боротьби з личинками *D. speciosa*, були доступними для виробників кукурудзи протягом сезону 2013–2014 років, особливо в південно-центральної частині Бразилії. Цей трансгенний сорт містив два білки *Bt*, що експресуються в надземних частинах рослини, спрямовані на гусениць, і інший специфічний білок (*Cry3Bb1*) для контролю личинок *D. speciosa* [75]. Ефективність білка *Cry3Bb1* присутнього в кукурудзі, для контролю личинок *D. speciosa*, було підтверджено вищою врожайністю, ніж у чутливої до шкідника сорту кукурудзи, і меншою кількістю личинок у ризосфері [76].

Також оцінювалась ефективність генотипів кукурудзи, які експресують білок *Cry3Bb1*, для контролю личинок *D. speciosa*, і дослідники повідомили, що обидва випробувані генотипи були ефективними щодо зменшення пошкодження коренів кукурудзи порівняно з іншими генотипами, вільними від цього токсину. Картопля, що експресує гени *Cry3A* і *Cry11a1*, була розроблена, випробувана в польових умовах і визнана ефективною для контролю *D. speciosa* [76]. Однак ці сорти картоплі так і не вивели на комерціалізацію.

## 1.9. Використання стійких рослин проти *Diabrotica*

Пошкодження *D. speciosa* на картоплі може бути серйозним локально, як від пошкодження імаго надземних частин, так і від пошкодження личинками коренів і бульби [78]. Було проведено роботу з підвищення природної стійкості картоплі.

Це може відбуватися через хімічні засоби захисту, такі як лептини (які є інсектицидними пептидами) і природні глікоалкалоїди, які можуть надати стійкість як дорослим, так і личинкам. Крім того, щільність і тип трихом, виражених рослиною, можуть впливати на харчову поведінку дорослих. Ці механізми захисту від комах можна вибирати з різних сортів або включати з різних видів дикої картоплі [82].

Початкова стійкість кукурудзи до південноамериканської *Diabrotica* не була перевірена, але її слід вивчити, враховуючи велику кількість місцевих сортів кукурудзи в Південній Америці. Експерименти в США вказують на те, що деякі генотипи кукурудзи виражали природний антибіоз, який значно зменшив живлення *D. virgifera virgifera* порівняно з більш чутливими генотипами. Пошкодження все ще були вищими, ніж для контролю ГМ кукурудзи, але розвиток личинок не мав істотних відмінностей між ГМ контролем та більш стійкими генотипами кукурудзи [78] (Таб.1).

Існують деякі докази зниження захворюваності та шкоди від кількох шкідників квасолі, включаючи *Diabrotica sp.*, на *P. vulgaris*, на основі проміжного вирощування цукрової гротини в Колумбії [78]. Спільний посів квасолі з бананом, кукурудзою та ін. культурами показав неоднозначні, хоча часто сприятливі результати в Центральній Америці [79] (таб. 1).

### 1.10. Контроль *Diabrotica virgifera* за допомогою методів біологічного захисту

Незважаючи на велику кількість видів роду *Diabrotica* і те, наскільки поширені деякі види, для всього роду відомо лише п'ять видів паразитоїдів [80]. Це не результат відсутності зусиль з обстеження, оскільки багато ентомологів протягом багатьох років проводили обстеження на наявність паразитоїдів і патогенів по всій Америці, і за 60 років був виявлений лише один новий вид [80].



Виникає припущення, що дефіцит паразитоїдів у дорослих представників роду пояснюється накопиченням кукурбітацинів у жирових тканинах [81]. Ці тригерлени часто зустрічаються в *Cucurbitaceae*, звичайних господарів, що харчуються імаго цього роду, як відомо, вони мають протипоживні властивості, але діють як стимулятори живлення для *Diabrotica spp.* [80]. Згадок про хижаків личинок або паразитоїдів південноамериканського виду *Diabrotica* нема. Однак, виходячи з широкого спектру хижаків, виявлених проти *D. virgifera virgifera* в Північній Америці [77], можна сподіватись, що існують хижаки яєць і личинок, які ще будуть виявлені. Було знайдені личинки *Diabrotica virgifera virgifera*, що мають потужний захист гемолімфи від хижаків [82], який також може бути присутнім в інших *Diabrotica spp.* Відомо, що два види паразитів, *Centistes gasseni* (Hymenoptera: Braconidae) і *Celatoria bosqi* (Diptera: Tachinidae), паразитують на *D. speciosa* та *D. viridula*.

Лабораторними та польовими дослідженнями біологічних препаратів ентомоцидної дії *Bacillus thuringiensis* (штам 32/2), *Beauveria bassiana* та біопрепарату Вітоксисацілін проти ЗКЖ встановлено здатність викликати значну смертність личинок та імаго шкідника [93].

Рівень природного паразитизму в *D. speciosa* становить від 1 до 28%, а в рідкісних випадках понад 30% [82]. Крім того, більш високі рівні паразитування завжди реєструються ближче до кінця вегетаційного періоду, коли завдано більшої шкоди посівам, що свідчить про те, що природний рівень контролю не має великого значення для боротьби зі шкідниками [82]. Малоімовірно, що біологічний контроль за допомогою макроорганізмів може забезпечити значне полегшення для с/г або матиме великий потенціал на цьому етапі для планів біоконтролю затоплення, враховуючи їх низький рівень відтворення, порівняно тривалий розвиток і залежність від дорослих особин, вирощених у лабораторії. Однак нові досягнення в розведенні паразитів можуть змінити цю ситуацію в майбутньому [79]. Біологічна боротьба з патогенами та нематодами пропонує іншу перспективу з кількома багатообіцяючими лабораторними та тепличними результатами. Кілька штамів *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii* (Hypocerales: Cordycipitaceae) і *Metarhizium anisopliae* (Hypocerales: Clavicipitaceae) були

ефективними в боротьбі з личинками *Diabrotica virgifera virgifera* протягом 21 дня після застосування [84]. Подібні результати були отримані для південноамериканських видів.

У Бразилії вважається, що мікробний контроль личинок *D. speciosa* за допомогою ентомопатогенних грибів або нематод має великий потенціал, оскільки ґрунт є відносно стабільним середовищем з точки зору температури та вологості, особливо при нульовій обробці землі. Аргентинські штами *M. anisopliae* і *B. bassiana* знищили *D. speciosa* третього віку в лабораторії.

Бразильські штами *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Clavicipitaceae) і *Purpureocillium lilacinum* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) вбивали яйця цих видів, також у лабораторії [84]. Двадцять штамів ентомопатологічних грибів (*B. bassiana*, *M. anisopliae* і *P. lilacinum*) були колонізовані як ендوفіти в тютюні з північної Аргентини. Проте тести не показали суттєвих відмінностей між годуванням імаго *D. speciosa* обробленими рослинами та рослинами без ендوفітів [84] (Таб. 1). Кілька досліджень також було переведено на польові умови для біологічного контролю *D. speciosa* у виробничих системах [84].

Багатообіцяючими результатами були отримані зі штамом *B. bassiana* ESALQ PL63, який використовувався для обробки насіння, що зменшив дефоліацію, спричинену дорослими *D. speciosa*, у квасолі протягом більш ніж трьох тижнів після посіву. Подібні результати були отримані для кукурудзи, коли ґрунт обробляли *Pseudomonas* (Pseudomonadales: Pseudomonadaceae) [17] і *Bacillus pumilus* [84]. Рабдитидні нематоди (*Steinernematidae* і *Heterorhabditidae*) вивчалися для боротьби з кукурудзяними черв'яками протягом десятиліть, часто з багатообіцяючими результатами.

У полі *Heterorhabditis bacteriophora* Poimar (Rhabditida: Heterorhabditidae) були такими ж ефективними, як і тейфлутрин, у боротьбі з *Diabrotica virgifera virgifera* в посівах кукурудзи та з тривалим ефектом дії в ґрунті [84]. 11 місцевих і екзотичних ізолятів ентомопатогенних нематод (*Steinernematidae* і *Heterorhabditidae*) були протестовані проти *D. speciosa* в лабораторних і тепличних умовах у Бразилії на яйцях, третьому (останньому) віці та лялечках.

Високі показники смертності були отримані від *Heterorhabditis* sp. RSC01 і

IPM04, *Steinernema glaseri* і *Heterorhabditis amazonensis* на личинках і лялечках, тоді як яйця не постраждали [84]. Вважається, що ці нематоди мають великий потенціал для боротьби з *D. speciosa* на зрошуваній кукурудзі та картоплі [84] (табл. 1). Корені кукурудзи приваблює ентомопатогенним нематодам через (E)- $\beta$ -каріофілену, коли ними харчуються види *Diabrotica*, виробництво цієї хімічної речовини посилюється певними бактеріями, що колонізують корені [85].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## II. Методика проведення досліджень

### 2.1. Місце та умови проведення досліджень

Черкаська область (Черкащина) – область у центрі України, розташована у центральній лісостеповій частині країни по обидва берега середньої течії Дніпра та Південного Бугу.

На півночі межує з Київською областю, на півдні з Кіровоградською, на сході з Полтавською та на заході з Вінницькою. Протягається з південного заходу на північний схід на 244 км, з півночі на південь – 150 км.

На території області міститься географічний центр України на північній околиці села Мар'янівка неподалік від міста Ілпола. Площа області 20,9 тисяч км<sup>2</sup>, що становить 3,46% території держави. Сільськогосподарські угіддя становлять 14,548 тисяч км<sup>2</sup> (70% загальної площ), з них на ріллі – 12,736 тисяч км<sup>2</sup> (88% площі сільськогосподарських угідь) [96].

Більшість території Черкаської області знаходиться на рівнинах та умовно поділяється на дві частини – лівобережну та правобережну. Більша частина правобережної території розміщена в межах Придніпровської височини з найвищою точкою області, що має абсолютну висоту 275м над рівнем моря (поряд з Монастирищем), горбиста, з рінками, ярами, балками. У прилеглій до Дніпра частині правобережжя знаходиться заболочена Ірдино-Тясминська підвищення рельєфу надають території гірського характеру. Цей район називають Канівськими горами і Мошногорами [96]. Лівобережна частина області має рельєф низини та заболочення.

Ґрунтовий покрив на правобережній частині на піднесених місцях покривають сірі і світло-сірі ґрунти. На лівобережжі поширені дерново-глеєві, лучні, дерново-підзолисті ґрунти.

В Черкаській області клімат помірно континентальний. Зими м'які з частими відлигами. Влітку тепло та спекотно, західні вітри приносять опади. Пересічна середня температура повітря  $+7 - 9^{\circ}\text{C}$ . Середня температура найхолоднішого місяця січня  $-3 - 5^{\circ}\text{C}$ . Опадів випадає близько 450 – 520 мм на рік. Температура  $+10^{\circ}\text{C}$  становить 160 – 170 днів.

## 2.2 Матеріали та методика обліку західного кукурудзяного жука

За основу взято фітосанітарний моніторинг на території Черкаської області. Спостереження за КШО включає в себе проведення весняних та літніх обстежень середовищ вирощування кукурудзи.

За період проведення дослідження було зібрано 308 проб, із них 208 проби імаго, решта 100 шт – це проби личинок. Облік Діабротики було проведено на тих полях, де вирощувалась тільки кукурудза протягом останніх 3 та більше років. Особливу увагу звертали на поля, що прилягають до автошляхів. Там було виявлено шкідливого організму та всі стадії його розвитку. На це вказували такі ознаки як пожовтіння рослин, відставання у рості, пошкодження кореневої системи спочатку не помітне. Саме тому ця ознака більше виділяється саме наприкінці літа, адже кукурудза з пошкодженою кореневою системою починає вилягати. Тому до того часу було проведені регулярні огляди та розкопки ґрунту.

Комахи були знайдені на молодих качанах кукурудзи (вже з моменту цвітіння рослин), на стеблах, листі, вологах. Жуки були зловлені за допомогою клейових пасток з атрактантом та без нього, використовувались жовті, прозорі та сині клейові пастки.

Клей пестифікс був використаний для відловлення жуків на феромонну пастку. Використовувались пастки панельного типу та круглої форми і перші виявились найбільш ефективними. Як атрактант був використаний 4-метоксифенетанол.

Візуально кореневу систему оглядали на перебування там яєць та личинок за допомогою методу розкопки ділянок, розміщували на полях рівномірно, вони охоплювали краї, середину та особливу увагу приділяли рослинам ослабленим, що відстають у рості. Проби на ділянках які підлягали розкопкам розміщували як «конверт», а на ділянках довгих та вузьких розташування проб було «змійкою».



Рис 19. 20 Клейова та феромонна пастки для вилову західного кукурудзяного жука

Строки відродження личинок та їх розвиток визначались із другої декади травня за допомогою ґрунтових розкопок у посівах кукурудзи, де сівозміна не проводилась. Розкопки проводили один раз у п'ять днів до завершення виявлення личинок. При цьому з кожної ділянки відбиралося не менше 10-ти зразків у вигляді куба (20 см<sup>3</sup>), які включали коріння рослин кукурудзи та ґрунт

навколо них. Відібрані зразки для покращення візуального виявлення личинок розміщувалися на плівці темного кольору. Ґрунт розминався, вивільняючи коріння та оглядався як на наявність личинок, так і на наявність лялечок.

Личинки старших віків здатні проникати всередину коріння та кореневу шийку рослини. Тому для їх виявлення промитою водою коріння розгиналось лезом.

Встановлення етапів льоту імаго та їх тривалість проводили за допомогою феромонних пасток, які експонувались від початку і до завершення льоту шкідника. Феромонна пастка у вигляді прямокутної панелі, виготовлялася із гнучкого безкольорового, прозорого пластика розмірами 30 x 20 см. Для фіксації жуків на їх поверхню пастки, з одного її боку, наносився ентомологічний клей «Пестифікс».

Пастки розміщені були з розрахунку 1 шт на 5га, встановлені на рівні качана. Вкладки вибирались кожні 7 – 10 днів, а капсули з феромонами змінювали кожні 4 – 5 тижнів.

### III. Результати дослідження

На території України чисельність та шкідливість ЗКЖ зростає з роками. За даними отриманими від Держпродспоживслужби України найбільшою площею, що була заражена жуком в Україні є 95 286,3 га, у 2016 році [95].

Протягом 2021-2022 рр. вогнища фитофага були виявлені в нових регіонах, що збільшило розселення на території 15 областей в порівнянні з 2018-2019 рр. на території 9 областей. В тих роках шкідника було зафіксовано у Київській, Кіровоградській, Сумській, Черкаській, Чернігівській та Вінницькій областях.

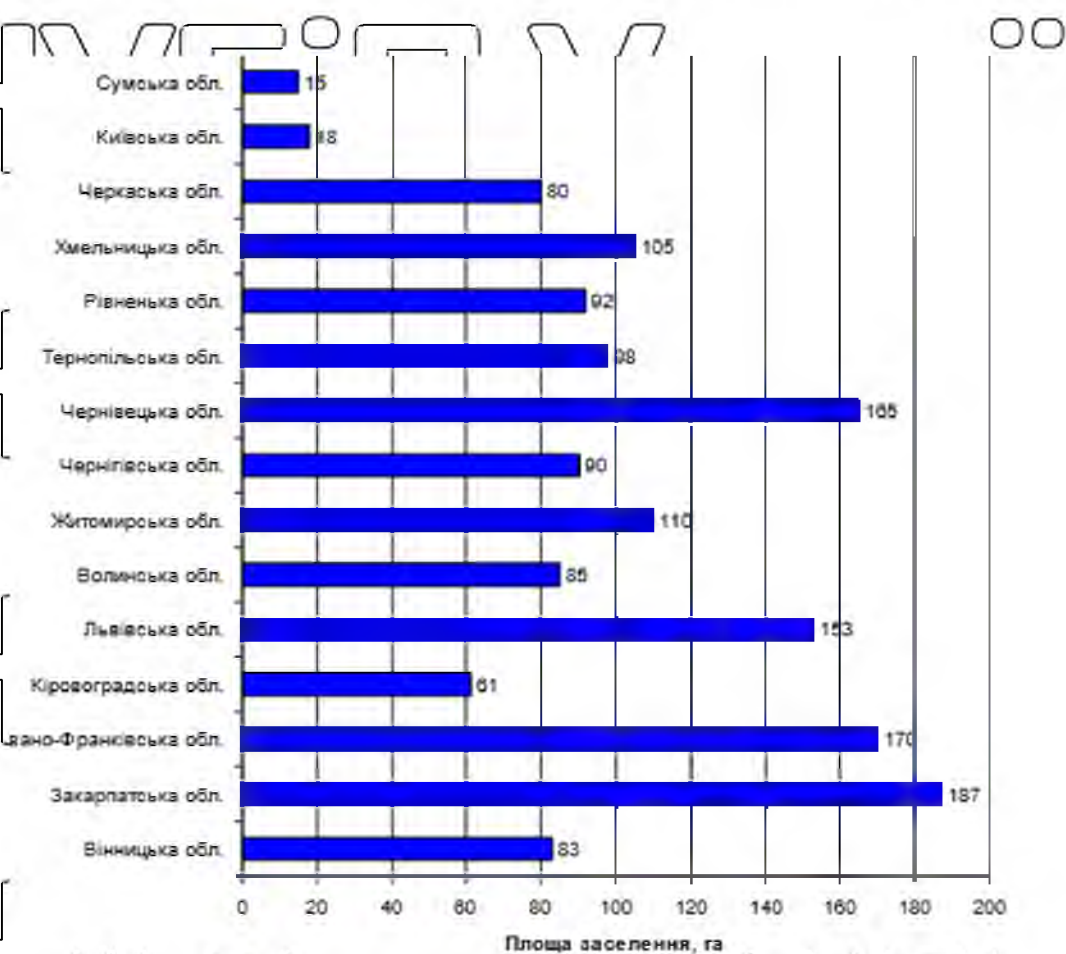


Рис. 21. Поширення ЗКЖ на території України в 2022-2023 р. [84]

Діабротика поширюється в середньому до 30 – 40 км на рік, шляхом природних перельотів або х транспортними засобами, як залізничними перевезеннями разом з зерном. За прогнозами фахівців через роки 5-7 ЗКЖ може заселити всі агроценози придатні для його розвитку, а саме кукурудзи [85].



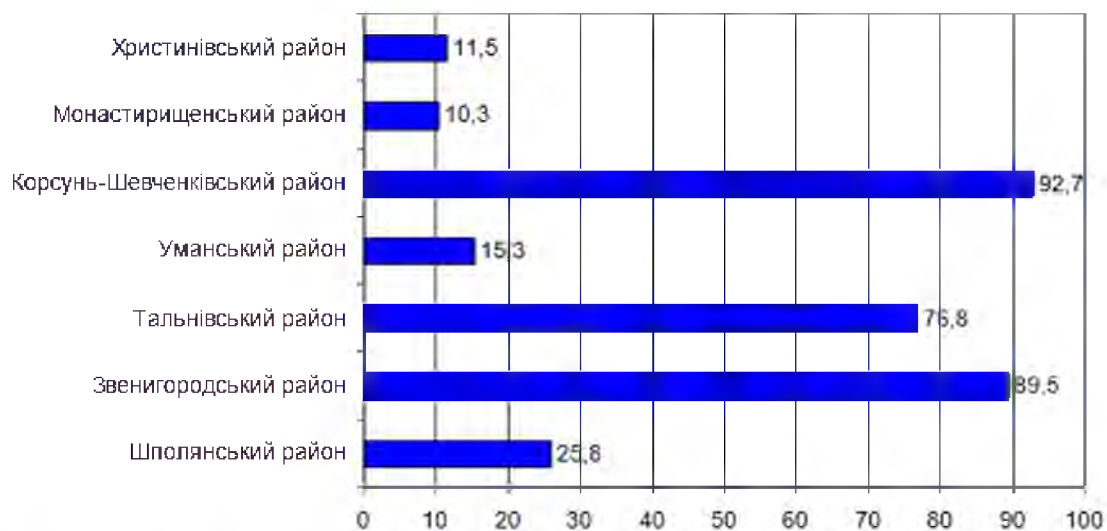


Рис. 22. Площа зараженої території в Черкаській області 2022-2023 р., га [84].

Провівши аналіз заселених площ кукурудзяним жуком в районах Черкаської області у 2022-2023р., можемо сказати, що найбільш зараженим районом були землі в Корсунь-Шевченківському 92,7 га, Звенигородському 89,5 га, Тальнівському районах 76,8 га. Трохи менш заселені у Шполянському 25,8 га, Уманському 15,3 га, Христинівському 11,5 га та Монастирищенському 10,3 га Районах. Дані результати отримані на посівник площах агрогосподарств с. Поташ Тальнівського району, с. Дубова Уманського району, м. Корсунь-Шевченківський, с. Стебне Звенигородського району, с. Капустяне Шполянського району, с. Аврамівка Монастирищенського району та в селищі міського типу Верхнячка Христинівського району.

На присадибних ділянках домогосподарств облік жуків не був проведений.

У 2022-2023 р. тільки у 7 районах області було виявлено вогнища зараження західним кукурудзяним жуком, та природно-кліматичні умови Черкаської області сприятливі для розповсюдження даного КШО, що має супроводжуватись постійним моніторингом появи вогнищ розповсюдження. За період спостережень фітофаг заселив поля прилеглі до заплав річок та низовинні місця [74]. В межах районів у 2021 р. інвазія майже не була відмічена в межах районів та було помічено різке збільшення чисельності на охопленій території. В Уманському та Шполянському районах відмічали поширення західного кукурудзяного жука вздовж траси [73]. Температурні умови Черкаської області

сприяють розвитку кукурудзяного жука, а протягом досліджень було встановлено, що за суми ефективних температур ( $\Sigma t_{\text{ef}}$ ) вище  $15^{\circ}\text{C}$  в межах  $750-850^{\circ}\text{C}$  відбувався початок льоту жуків шкідника.

Дорослі жуки заселяли посівні площі від першої декади липня до третьої декади жовтня. На початок льоту було відмічено 6 екземплярів на рослину. А пік чисельності був зафіксований у третій декаді липня, коли ( $\Sigma t_{\text{ef}}$ ) була близько  $880-960^{\circ}\text{C}$ . В той час відмічено 35 екз./ рослину. Згодом після тах льоту жуків спостерігалось поступове спадання чисельності. Перша декада серпня – інтенсивність льоту зменшилась до 20,5%, а в першій декаді вересня літ імаго знизився до 10%.

Через два тижні після початку льоту імаго почалось відкладання яєць. Самка в першій декаді серпня відкладає до 15% яєць, а в третій декаді вони відкладають близько 25%. Яйця відкладені самками у ґрунт, який прогрітий на понад  $20^{\circ}\text{C}$  на глибину до 25 см мали низький шанс вижити наступного року. До закінчення льоту ЗКЖ, самки можуть реалізувати свій репродуктивний потенціал лише на 50%, воно відбувається в третій декаді жовтня. Основні критерії є температура ґрунту та повітря. За допомогою цих чинників доходимо до розуміння чому за кілька років існування карантинного організму на території Черкаської області не вдалось виявити личинок.

Коли ґрунт прогрівається до температури від  $14^{\circ}\text{C}$ , відбувається відновлення життєздатності яєць, що перезимували на території Черкаської області, а в другій декаді травня у результаті подальшого прогрівання починається відродження личинок. Розвиток доволі розтягнутий в часі тому тримаєме десь до першої декади липня. Літературні дані свідчать, що перші личинки можуть з'являтися за температури  $11-12^{\circ}\text{C}$ .

Заляльковування було зафіксовано у першій декаді червня, а пік заляльковування припадав на кінець червня на початок липня. Етапи проходження окремих фаз онтогенезу ЗКЖ на території Черкаської області за температурними показниками дозволяють ефективно планувати проведення моніторингу КШО та карантинних винищувальних заходів.

Дорослі жуки для живлення віддають перевагу кукурудзі, вони пошкоджують пильники на волоті, прийомки маточок качанів, зерно у фазу молочної стиглості на верхівках качана і під обгорткою та іноді вигризують паренхіму між жилками листків.

З 25 гібридів кукурудзи високо стійким до західного кукурудзяного жука виявився 1 гібрид, стійким 3 гібриди. Ранньостиглі гібриди кукурудзи є найбільш стійкими до пошкоджень ЗКЖ (FAO 100-199) – Дельфін, ДКС 3476 ДМС 1915.

Частка недостатньо стійких і нестійких гібридів кукурудзи у групах FAO 400-499 FAO 500-600 сягала близько 80%.

Зі збільшенням тривалості вегетації рослин прослідковується тенденція до зростання пошкодження кукурудзи імаго. Найбільша частка нестійких гібридів – 500% належить до групи пізніх гібридів FAO 500-600 – ДМ Нейтив, Харківський 43 М (Донор М), Харківський 45 ДМС 1915М (Індустрія М, Любава МВ, Штандарт).

На пошкодженість кукурудзи КШО впливає рівень стійкості рослини, та тривалість вегетаційного періоду. Враховуючи ступені стійкості та врожайності за групами стиглості з усього масиву досліджуваних гібридів кукурудзи доцільно вирощувати в зонах підвищеної заселеності жуком ранньостиглі сорти – Дельфін, ДКС 3476, ЕС Паролі, ДКС 3871; середньостиглі – ЕС ЛАЙМС, НК Делітоп, НК Джигаго. Дані гібриди доволі стійкі до пошкодження шкідником, мають гарну врожайність та за більшого пошкодження більш витривалі в порівнянні з середнім у групі. Додатково проведені в 2020 р. дослідження попередньо відібраних гібридів різної стійкості до ЗКЖ за штучного заселення в лабораторних умовах допомогли встановити точніше стійкість гібридів, що підтверджується постійними високими показниками чисельності та шкідливості фітофага.

Усі відібрані гібриди кукурудзи виявили однакову стійкість, за природного та за штучного лабораторного заселення шкідником. Провівши аналіз результатів досліджень встановлено, що в середньому врожайність непошкоджених рослин високостійких та стійких гібридів була на 0,32-0,68 т/га більшою, ніж пошкоджених, середньостійких – 0,26-0,37 т/га. Вирощування

стійких гібридів в 2019 році в умовах підвищеної чисельності ЗКЖ забезпечило збереження 9-11% врожаю.

Стойким гібридам та сортам в агроценозі кукурудзи відводиться суттєва змінна роль по відношенню до кукурудзяного жука. Таким чином, стійкі гібриди та сорти в агроценозі кукурудзи відіграють суттєву модифікуючу роль стосовно західного кукурудзяного жука. Строки сівби також мають значення, вони впливають на густоту і висоту стебел, які в свою чергу визначають мікроклімат в посівах, а отже фізіологічний стан рослин і популяцію ЗКЖ.

Личинки західного кукурудзяного жука найбільш завдають шкоди у фазу проростання насіння та росту рослин кукурудзи. За більш пізніх строків сівби посіви знищуються до 22,8%. Гібриди пізньої групи є найбільш нестійкими.

**Таблиця 3.** Пошкодженість паростків кукурудзи личинками *Diabrotica virgifera virgifera* протягом 2020-2023 рр.

Гібрид	Строк сівби		
	I (8-10°C)*	II (10-12°C)	III (12-14 °C)
	Пошкодженість,%		
ДКС 3476	10,4	13,7	13,7
ДКС 3472	9,4	13,8	14,1
Сенсор	5,1	11,9	15,4
ДКС 4685	8,9	13,5	17,7
ДКС 4590	10,2	15,3	14,2
ДМС 4010	13,0	16,1	22,9
ДМ Санрайз	12,1	15,4	21,9
ДМС 3111	13,5	16,4	19,7
Середнє	10,3	14,5	17,7

Примітка \* температура ґрунту на глибині загортання насіння

За даними з таблиці 3 найнижчий рівень пошкодженості сходів рослин ЗКЖ був на ранніх строках сівби кукурудзи (12.04-20.04) – 5% у гібриду Сенсор.

Трохи більше пошкоджені сорти ДМ Санрайз – 12,1%, ДМС 4010 - 13,0 та ДМС 3111 - 13,5%.

За пізніх строків сівби рослини більш пошкоджені. Сорти ДМС 4010 та ДМ Санрайз пошкоджені на 22,9% і 21,9%. За відтермінування посівів на 18-19 днів пошкодженість рослин буде збільшуватись до 40%.

За високого рівня чисельності Діабротики для моніторингу комах рекомендують використовувати жовті клейові пастки кількістю 12 штук, що не залежить від площі посівів кукурудзи. В Україні для моніторингу жуків за допомогою феромонних пасток рекомендують використовувати 1 пастку на 5 га посівів кукурудзи. Для оптимізації кількості застосованих феромонних пасток,

щоб визначити динаміку льоту та чисельності імаго на 3 дослідних ділянках з посівами кукурудзи, що були розташовані на відстані не менше 1 км одна від одної у низинній агрокліматичній зоні (Ужгородський район) виставлялась різна кількість феромонних пасток: на одній ділянці експонувалось три феромонні пастки, на другій – шість, на третій - дев'ять. Пастки з феромонами були розташовані на відстані 3 м від краю поля з інтервалом 50м одна від одної.

Одночасно з феромонними пастками на іншій стороні ділянок використовувались жовті клейові пастки для встановлення можливості їх використання як альтернативи феромонним. Кількість жовтих пасток та схема їх розташування була такою ж як при експозиції феромонних пасток. Феромонна

пастка панельного типу, виготовлена з гнучкого безкольорового, прозорого пластика розмірами 30\*20 см, до якої у верхній частині прикріплювалась капсула з статевими феромонами самиці кукурудзяного жука синтезованим у Молдові.

Для фіксації жуків у пастці на поверхню наносився ентомологічний клей «пестифікс». Жовта клейова пастка являє собою прямокутні панель з жовтого гнучкого пластика розмірами 30\*20 см, на поверхню якого наноситься ентомологічний клей. Обидва типи пасток розміщались на рослинах кукурудзи, оповиваючи їх стебла. Заміна феромонів проводилась один раз у два тижні, а заміна пасток та вибірка імаго щотижня.

Результати обліків чисельності імаго західного кукурудзяного жука, виловлених у варіантах з різною кількістю феромонних і жовтих клейових пасток, результати були оброблені статистичним методом дисперсійного аналізу при відсутності деяких повторів у варіантах.

Динаміку льоту жуків у варіантах досліджень виразили в графіку на основі кількості виловлених особин у середньому на одну пастку за один тиждень. Сезонні етапи льоту імаго кукурудзяного жука встановлені за допомогою графіків кумулятивної динаміки льоту імаго на основі відносної чисельності жуків на кожен дату обліків від загальної кількості виловлених.

Для фіксації початку льоту імаго кукурудзяного жука в третій декаді червня 2023р. на досліджуваних ділянках, де вирощується кукурудза було розміщено 6 сигнальних феромонних пасток. Перші жуки в пастках були виявлені 11 липня, а 18 липня було розміщені феромонні та жовті пастки для того, щоб дослідити чисельність шкідника за використання різної кількості. Результати обліків кількості виловлених пастками жуків наведені в таблиці.

**Таблиця 4.** Середня кількість імаго західного кукурудзяного жука, виловлених різними типами пасток у 2023 році.

Дата обліків	Виловлено імаго, екз/пастка					
	Феромонні пастки			Жовті клейові пастки		
	3 пастки	6 пасток	9 пасток	3 пастки	6 пасток	9 пасток
26.07	80,0	85,3	88,0	7,9	9,9	5,3
02.08	62,6	50,0	70,0	8,9	6,5	9,9
09.08	143,0	210,5	270,0	35,5	20,0	53,6
16.08	192,0	123,5	220,0	29,2	12,1	99,9
23.08	263,0	370,0	299,0	36	15,6	123,2
30.08	170,0	246,0	274,6	27,6	29,8	69,9
6.09	435,0	510,0	399,0	10,4	19,1	87,8
13.09	270,0	415,2	410,5	25,5	20,2	50,5
26.09	90,0	79,8	50,6	3,3	4,0	2,5
Разом	1 705,6	2 090,3	2 081,7	184,3	137,2	502,6

НУБІП України

$P=0,95$   $F_{0,05 \text{ факт}}$  8,87  
 $F_{0,05 \text{ табл.}}$  4,74  
 $НІР_{0,05}$  174

134,97  
4,74  
75

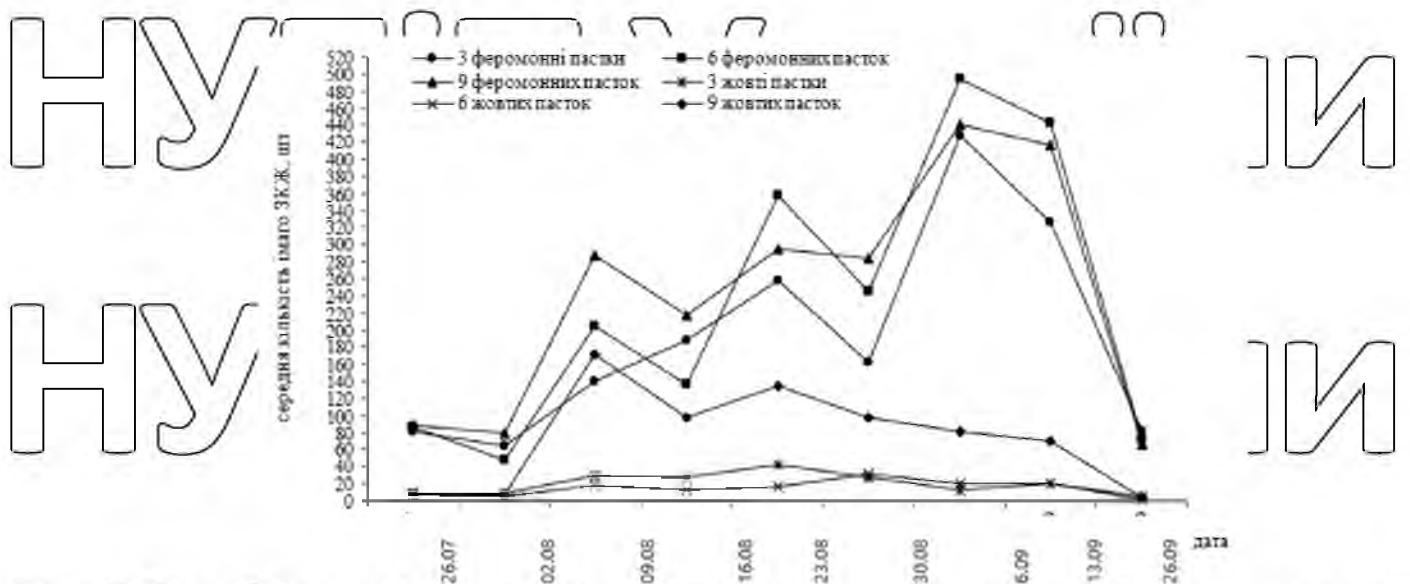
Обидва типи пасток використаних в різних кількостях відловили за сезон різну кількість жуків. Для того, щоб встановити наскільки істотними є різниці у чисельності жуків у різних варіантах результати досліджень були оброблені статистично. Дисперсійний аналіз показав, що при вірогідності  $P=0,95$   $F_{\text{факт}}$

перевищує табличне значення, яке для обох типів пасток становить 4,74. Так для феромонних пасток  $F_{0,05 \text{ факт}} = 8,87$ , а для жовтих клейових пасток  $F_{0,05 \text{ факт}} = 134,97$ , тобто результати достовірні.

Розрахунки істотної різниці між кількістю виловлених кукурудзяних жуків за використання різних варіантів пасток, показали, що  $НІР_{0,05}$  феромонних пасток становить 174 особин, а для жовтих клеєвих – 75 особин.

Виходячи з цих показників, при використанні феромонних пасток істотною є різниця між чисельністю жуків, виловлених трьома пастками та чисельністю, яку виловили 6 та 9 пасток, але різниця між ними відсутня. За використання жовтих пасток немає істотної різниці між чисельністю жуків, виловлених 3 та 6 пастками, але є істотна різниця між чисельністю жуків виловлених 3 та 6 пастками і чисельністю імаго виловлених 9 пастками.

Рис. 23. Динаміка чисельності льоту західного кукурудзяного жука



Показники, що наведені в таблиці 4 вказують на те, що найбільш адекватно загальну чисельність шкідника відображає використання шести і дев'яти феромонних та дев'яти жовтих клейових пасток. І графіки динаміки льоту жуків, побудовані за показниками таблиці 4, вони зображені на рис. 23.

З даних графіків видно, що криві динаміки чисельності, незалежно від кількості застосованих феромонних пасток, мають подібний характер – підйоми чисельності чергуються зі спадами. У всіх варіантах однаково відмічаються 3 піки 09.08, 23.08 та 6.09. 6.09 відмічено найвищий пік чисельності імаго західного кукурудзяного жука, коли чисельність жуків виловлених у середньому на одну феромонну пастку коливалась від 435,0 до 510,0 екземплярів (таб. 4). За використання жовтих клейових пасток криві динаміки чисельності мають трохи інший характер. При використанні трьох і шести жовтих клейових пасток криві динаміки чисельності жуків не відмічається – криві більш згладжені протягом всього періоду льоту.

На відміну від цього, при використанні дев'яти жовтих пасток у першій половині періоду досліджень (26.07 – 23.08), характеристика льоту імаго подібна до льоту жуків за використання феромонних пасток – перші два піки чисельності відмічені одночасно з піками феромонних пасток. Практикуючи організаційні заходи захисту урожаю кукурудзи важливого значення набуває сезонна динаміка льоту імаго. Економічний поріг шкідливості в середньому становить 50-40 жуків, виловлених феромонними пастками чи 10-15 жуків, виловлених жовтими клейовими пастками протягом будь-якого тижня в другій половині липня –



серпня. Якщо опустити перпендикуляри з кривих динаміки чисельності за датами обліків, то стане очевидним, що чисельність шкідника протягом всього періоду льоту перевищувала поріг шкідливості за використання феромонних та жовтих клейових пасток незалежно від їх кількості.

Тому використання трьох пасток дозволяє зробити висновок про необхідність проведення захисних заходів проти імаго. Доречне зауваження, що в періоди піку льоту імаго їх чисельність перевищувала поріг шкідливості від 3 – 5 до 10 – 12 разів, залежно від кількості використаних феромонних пасток.

У разі використання трьох та шести жовтих пасток показники чисельності імаго протягом їх льоту були на рівні порогу шкідливості або інколи перевищували його у два рази. А та тільки за використання дев'ятьох жовтих клейових пасток чисельність кукурудзяних жуків перевищувала поріг шкідливості у 4 – 10 разів і різні періоди льоту шкідника.

Динаміку появи комах у часі характеризують окремі її етапи та показники відносної чисельності імаго від загальної в даному сезоні, а поява поодиноких особин (5%), початок появи (до 20% особин), масова поява (50% та більше особин), завершення появи (більше 80% особин).

Для того, щоб розглянути як відображають етапи динаміки льоту імаго західного кукурудзяного жука жовті клейові пастки та феромонні за використання різної кількості. Було розраховано відносна чисельність виловлених кукурудзяних жуків на кожну дату обліків від загальної кількості виловлених жуків протягом всього періоду льоту. На основі цих розрахунків були побудовані графіки динаміки льоту імаго кукурудзяних жуків для відповідної кількості феромонних та жовтих клейових пасток рис. 24.

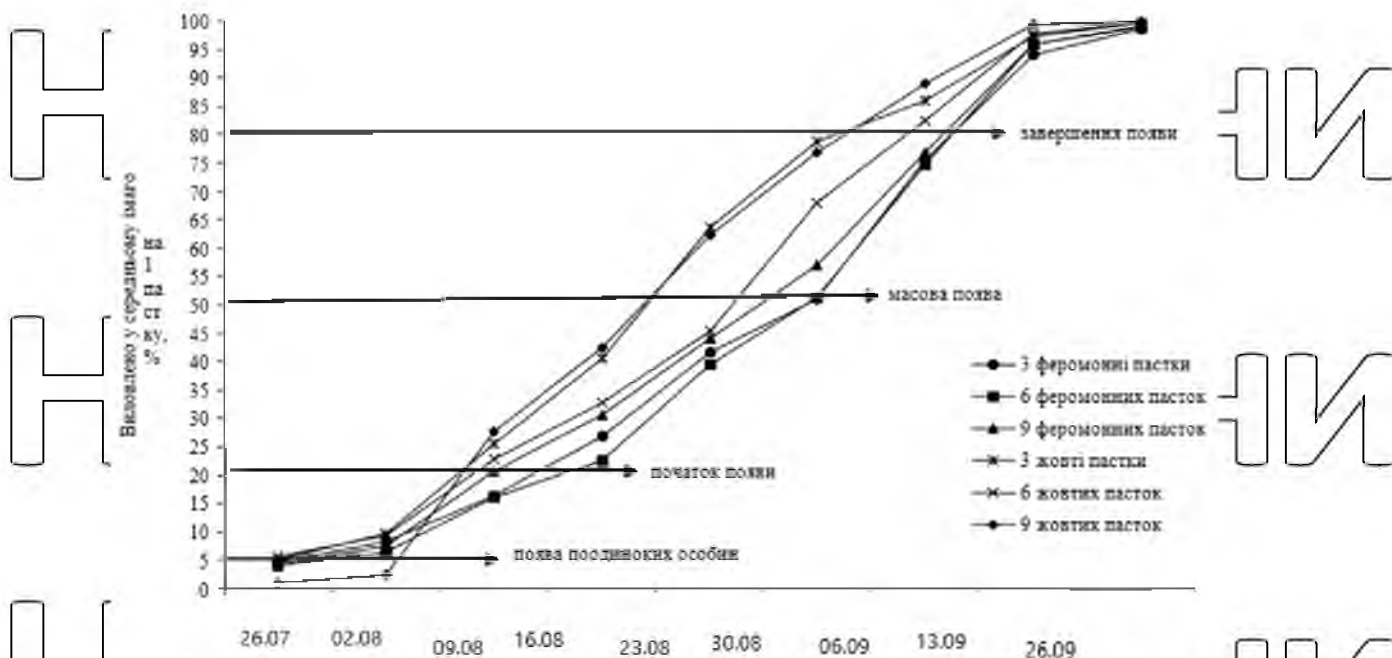


Рис. 24. Динаміка льоту імаго західного кукурудзяного жука за використання різної кількості жовтих клейових та феромонних пасток.

Якщо порівняти різну кількість виловів кукурудзяних жуків жовтими клейовими пастками та феромонними, помітно, що вони адекватно відображають динаміку льоту незалежно від кількості використаних пасток.

Саме тому, щоб отримати достовірну інформацію з динаміки льоту достатньо використовувати три феромонні чи жовті клейові пастки.

### 3. Прогноз розвитку західного кукурудзяного жука

За результатами аналізу літературних джерел фенології *Diabrotica* та термінів її розвитку у Черкаській області було встановлено, що строки появи стадій постембріонального розвитку фітофага залежить від швидкості акумуляції сум ефективних температур.

Сума ефективних температур необхідна для появи конкретної стадії розвитку в комах порівняно стала, хоча може мати певні відхилення в окремі роки — це доволі відомо.

Екстраполяція дат появи та СЕТ, за яких відбувається настання певної стадії західного кукурудзяного жука в Закарпатті, на Черкаську область дозволила нам уточнити терміни появи стадій ЗКЖ в цьому регіоні.

Так відродження личинок у Золотоніському районі Черкаської області було спостережено у третій декаді травня – першій декаді червня. Ймовірно, що такий розвиток буде спостерігатись і у районах зі схожими погодно-кліматичними умовами, а саме Кіровоградській, Київській, Сумській та Черкаській областях. При цьому слід відмітити те, що в разі заселення шкідником гірських районів

Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей відродження личинок першого віку буде відбуватись пізніше – у другій декаді червня там само, як і в гірській зоні Закарпаття, оскільки накопичення СЕТ у гірській місцевості відбувається найповільніше. Залляковування личинок відбувалося в третій декаді червня. У третій декаді червня – першій декаді липня можна спостерігати появу лялечок.

Початок льоту імаго, у лісостепових областях України початок льоту жуків можливий у першій декаді липня. Масовий літ фітофага ймовірний у першій-другій декадах липня.

Початок масового льоту жуків у Київській, Кіровоградській, Полтавській, Харківській і Черкаській областях.

Також необхідно зазначити те, що температурні умови не будуть обмежувати поширення та акліматизацію Діабротики в областях України.

Наприклад, у США шкідник поширений навіть у тих штатах, де середньорічна температура становить тільки 6,8 °С [6]. В Україні середньорічні температури в різних областях коливаються від 7,8 (Сумська область) до 11,6 °С (АР Крим), що сприятиме розповсюдженню шкідника у всіх регіонах країни.

Отже дослідження фенології ЗКЖ в Закарпатті дозволили спрогнозувати терміни його розвитку в регіоні досліджень

- Терміни появи певної онтогенетичної стадії *Diabrotica virgifera virgifera* у Золотоніському районі Черкаської області залежать від швидкості акумуляції необхідних для розвитку шкідника СЕТ. Найшвидше накопичення СЕТ

відбувається в низинній зоні, де розвиток фітофага відбувається на 7-10 днів раніше, ніж в інших вертикально-кліматичних зонах;

- Аналіз появи стадій розвитку ЗКЖ показав, що середні фенодати появи личинок 1-го віку припадають на  $5.06 \pm 5$  днів, лялькування – на  $1.07 \pm 7$  днів, початку льоту жуків –  $8.07 \pm 7$  днів;

- На основі досліджень тривалості розвитку стадій шкідника встановлено, що розвиток личинок першого та другого віків відбувається за  $7.9 \pm 1.1$  та  $8.2 \pm 0.3$  днів відповідно, розвиток личинок третього віку триває  $9.5 \pm 1.8$  днів, лялечок –

$9.1 \pm 1.0$ , від початку відродження личинок і до початку льоту імаго проходить  $30.1 \pm 4.8$  днів;

- Для сигналізації появи основних стадій фітофага в якості предиктора може використовуватись показники суми ефективних температур, які становить: для личинок 1-го віку  $161,7 \pm 13,1^\circ\text{C}$ ; лялечок –  $331,0 \pm 28,0^\circ\text{C}$ ; початок льоту жуків –  $380,2^\circ\text{C} \pm 31,5$ ;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4. Фенограма розвитку західного кукурудзяного жука в Закарпатській області (2022 – 2023 рр.\*)

квітень			травень			червень			липень			серпень			вересень			жовтень			листопад			зимівля
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
•	•	•	•	•	•	•	•																	
																								•
									+	+	+	+	+	+	+	+		+						
										•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

Умовні позначення: • – яйце; – личинка; 0 – лялечка; □ – імаго; – масовий літ імаго

## Висновки

1. Необхідно проводити систематичний моніторинг посівів кукурудзи за допомогою ґрунтових розкопок та феромонних пасток для своєчасного виявлення ЗКЖ та проведення своєчасних фітосанітарних заходів.

2. Контроль *Diabrotica* в Південній Америці перебуває в стагнації протягом кількох років. Окрім застосування інсектицидів, головним нововведенням у застосуванні за останні 30 років стало впровадження ГМ кукурудзи. Однак слід продовжувати досліджувати інші багатообіцяючі методи, такі як використання токсичних приманок із семіохімічними атрактантами для придушення дорослих популяцій із метою моніторингу, інсектициди регулятори росту, спрямовані на дорослих особин для зменшення кількості потомства, розвитку резистентності рослин та біологічного контролю проти личинок нематод *Heterorhabditis* та ентомопатогенного гриба. Інсектицид та приманки з кукурбітацину також заслуговують окремої згадки, оскільки ця комбінація виявилася ефективною технікою, яка, ймовірно, потребує подальшого розвитку.

3. Шкідники *Diabrotica* в Південній Америці широко вважаються важливими, але зазвичай їх не відрізняють від інших листових шкідників або коренеживителів, коли справа доходить до боротьби. Фермери не відносять їх до числа найстрашніших шкідників і рідко застосовують спеціальні заходи боротьби з цими жуками, за винятком картоплі в Бразилії, де виробники вважають кукурудзяного жука основним шкідником. Тим не менш, фактичний вплив личинок *D. speciosa* і *D. viridula*, особливо на кукурудзу, може не бути належним чином оцінений, і поки це не буде зроблено, ми не можемо бути впевнені в справжньому значенні цих шкідників.

4. У 2021 – 2023 роках, аналіз території Черкаської області стосовно поширення *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte засвідчує, що вогнища шкідника виявлені у 7 районах: Корсунь Шевченківському – 92,7 га, Звенигородському – 89,5 га, Тальнівському – 76,8 га. Менш зараженими є території у Шполянському – 25,8 га, Уманському – 15,3 га, Христинівському – 11,5 га та Монастирищенському районах – 10,3 га.

5. Встановлено, що найбільш стійкими до пошкоджень Діабротикою є ранньостиглі гібриди кукурудзи (FAO 100-199) – Дельфіні, ДКС 3476, ДМС 1915. Нестійкими є пізні гібриди (FAO 500-6000) – ДМ Нейтив, Донор М, Індустрія М, Любава МВ, Штандарт.

6. На ранніх термінах посіву кукурудзи визначено найнижчу пошкодженість сходів рослин західним жуком – 5% у гібриду Сенсор

7. На пізніх термінах посівів найбільш пошкодженими були сорти ДМС 4010 і ДМ Санрайз були пошкоджені на 22,8% і 21,7%.

8. Найсильніше шкода від кукурудзяного жука проявлена на полях де відсутня сівозміна. За беззмінного вирощування кукурудзи щільність популяції даного карантинного організму сильно зростає. Один з найбільш ефективних агротехнічних заходів боротьби з діабротикою є сівозміна.

9. Проведені дослідження показали, що за високої чисельності західного кукурудзяного жука, для моніторингу імаго комахи варто використовувати жовті клейові пастки як альтернативу феромонним пасткам.

10. Кількість пасток для проведення моніторингу жуків визначається характером інформації, яку необхідно одержати. Коли мета моніторингу збір інформації з загальною чисельністю імаго діабротики, тому варто використовувати більшу кількість пасток. А якщо мета отримати дані стосовно змін сезонної чисельності комах, щоб визначити терміни проведення захисних заходів, достатньо використовувати 3 феромонні чи жовті пастки.

11. Хоча жовті клейові пастки виловлюють набагато меншу кількість комах ЗКЖ, але в подальших дослідженнях, для визначення реальної чисельності імаго на основі кількості жуків, виловлених жовтими пастками, необхідно з'ясувати коефіцієнт перерахунку чисельності шкідника між показниками уловів жовтими та феромонними пастками.

НУБІП України

## Літературні джерела

1. Derunkov, A.; Konstantinov, A. Taxonomic changes in the genus *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae): Results of a synopsis of North and Central America *Diabrotica* species. *Zootaxa* 2013, 3686, 301–325

2. Krysan, J.L. Introduction: Biology, distribution, and identification of pest *Diabrotica*. In *Methods for the Study of Pest Diabrotica*, 1st ed.; Krysan, J.L., Miller, T.A., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 1986; pp. 1–23

3. Wilcox, J.A. Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini: Diabroticina; Pars. 78, Fasc. 2. In *Coleopterum Catalogus Supplementa*, 1st ed.; Wilcox, J.A., Ed.; Uitgeverij Dr. W. Junk's: Gravenhage, The Netherlands, 1972; pp. 296–343.

4. Krysan, J.L.; Smith, R.F. Systematics of the *virgifera* species group of *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). *Entomography* 1987, 5, 375–484.

5. Cabrera, N.; Sosa Gómez, D.; Micheli, A. A morphological and molecular characterization of a new species of *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae). *Zootaxa* 2008, 1922, 33–46.

6. Cabrera, N.; Cabrera Walsh, G. *Diabrotica collicola* (Coleoptera: Chrysomelidae), a new species of leaf beetle from Argentina. Discussion and key to some similar species of the *Diabrotica virgifera* group. *Zootaxa* 2010, 2683, 45–55

7. Branson, T.F.; Krysan, J.L. Feeding and oviposition behavior and life cycle strategies of *Diabrotica*: An evolutionary view with implications for pest management. *Environ. Entomol.* 1981, 10, 826–831.

8. Clark, T.L.; Hibbard, B.E. Comparison of nonmaize hosts to support western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval biology. *Environ. Entomol.* 2004, 33, 681–689.

9. Krysan, J.L. Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica*: Evidence for tropical origin and temperate adaptations. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 1982, 75, 136–142



10. Krysan, J.L.; Branson, T.F.; Díaz Castro, G. Diapause in *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): A comparison of eggs from temperate and subtropical climates. Entomol. Exp. Appl. 1977, 22, 81–89

11. Guillermo Cabrera Walsh, Crébio J. Ávila, Nora Cabrera, Dori E. Nava, Alexandre de Sene Pinto and Donald C. Weber - Review Biology and Management of Pest *Diabrotica Species* in South America, 2020

12. Cabrera Walsh, G.; Cabrera, N. Distribution and hosts of the pestiferous and other common Diabroticites from Argentina and Southern South America: A geographic and systematic view. In New Developments in the Biology of Chrysomelidae; Jolivet, P.H., Santiago-Blay, J.A., Schmitt, M., Eds.; SPB Academic Publishers: The Hague, The Netherlands, 2004; pp. 333–350

13. Ávila, C.J.; Parra, J.R.P. Desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes hospedeiros. Cienc. Rural 2002, 32, 739–743.

14. Cabrera Walsh, G. Host range and reproductive traits of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms, with notes on other species of Diabroticina. Environ. Entomol. 2003, 32, 276–285.

15. Cabrera Walsh, G. Sorghum halepense (L.) Persoon (Poaceae), a new larval host for the South American corn rootworm *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae). Coleopt. Bull. 2007, 61, 83–84

16. Ávila, C.J.; Bitencourt, D.R.; Silva, I.F. Biology, reproductive capacity, and foliar consumption of *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) in different host plants. J. Agric. Sci. 2019, 11, 1–9

17. Marques, G.B.C.; Ávila, C.J.; Parra, J.R.P. Danos causados por larvas e adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em milho. Pesqui. Agropecu. Bras. 1999, 34, 1983–1986

18. Gassen, D.N. Insetos Subterrâneos Perjudiciais às Culturas no Sul de Brasil Documentos, 13; Embrapa-CNPT: Passo Fundo, Brazil, 1989; pp. 32–33

19. Ávila, C.J.; Milanez, J.M. Larva alfinete. In Pragas de Solo no Brasil; Salvadori, J.R., Ávila, C.J., Silva, M.T.B., Eds.; Fundacep-Fecotriço: Passo Fundo/Dourados/Cruz Alta, Brazil, 2004; pp. 345–378.

20. Salles, L.A. Incidência de danos de *Diabrotica speciosa* em cultivares e linhagens de batata. *Cienc. Rural* 2000, 30, 205–209.

21. Haji, N.F.P. Biologia, dano e controle do adulto de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da batatinha (*Solanum tuberosum* L.). Ph.D. Thesis, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brazil, 1981.

22. Ávila, C.J. Principais pragas e seu controle. In A Cultura do Feijoeiro em Mato Grosso do Sul, Circular Técnica 17; Embrapa-UEPAE: Dourados, Brazil, 1990; pp. 54–56.

23. Ávila, C.J.; Santana, A.G. Cap. 4: Danos causados às culturas por adultos e larvas de *Diabrotica speciosa*. In *Diabrotica speciosa*, 1st ed.; Nava, D.E., Ávila, C.J., Pinto, A.S., Eds.; Occasio Editora: Piracicaba/São Paulo, Brazil, 2016; pp. 59–67.

24. Roberto, S.R.; Genta, W.; Ventura, M.U. *Diabrotica speciosa* (Ger.) (Coleoptera: Chrysomelidae): New pest in table grape orchards. *Neotrop. Entomol.* 2001, 30, 721–722.

25. Segarra-Carmona, A.E.; Flores-López, L.; Cabrera-Aserio, I. New report of a leaf beetle pest from North America in Puerto Rico: *Diabrotica balteata* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae) and its chemical control. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 2008, 92, 119–122.

26. Gonzalez, R.; Cardona, C.; Schoonhoven, A.V. Morfología y biología de los crisomélidos *Diabrotica balteata* LeConte y *Ceratomyza facialis* Erickson como plagas del frijol común. *Turrialba* 1982, 32, 257–264.

27. Clark, S.M.; LeDoux, D.G.; Seeno, T.N.; Riley, E.G.; Gilbert, A.J.; Sullivan, J.M. Host Plants of Leaf Beetle Species Occurring in the United States and Canada (Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnidae, Chrysomelidae, Excluding Bruchinae), Special Publication No. 2; Coleopterists Society: Sacramento, CA, USA, 2004; pp. 86–87.

28. Biology and Management of Pest *Diabrotica* Species in South America. Електронний ресурс [https://www.mdpi.com/2075-4450/10/7/421].

29. Morales, F.; Gámez, R. Beetle-transmitted viruses. In *Bean Production Problems in the Tropics*, 2nd ed.; Schwartz, H.F., Pastor Corrales, M.A., Eds.; CIAT: Cali, Colombia, 1989; pp. 363–378.

30. Cano Piedrahíta, C.A. Evaluación de tres Extractos Vegetales para el Control de Plagas en el Cultivo de Frijol Arbustivo *Phaseolus vulgaris* L. Master's Thesis, Universidad de Manizales, Caldas, Colombia, 2016.

31. Morales, F.J.; Castano, M.; Arroyave, J.A.; Ospina, M.D.; Calvert, L.A. A sobemovirus hindering the utilization of *Calopogonium mucronoides* as a forage legume in the lowland tropics. *Plant Dis.* 1995, 79, 1220–1224.

32. Cardona, C.; Gonzalez, R.; Schoonhoven, A.V. Evaluation of damage to common beans by larvae and adults of *Diabrotica balteata* and *Cerotoma facialis*. *J. Econ. Entomol.* 1982, 75, 324–327

33. Bandas, L.D.C.; Corredor, D.; Corredor, S. Efecto de la asociación patilla (*Citrullus lanatus*) con maíz (*Zea mays*) sobre la población y daño causado por tres insectos plaga y el rendimiento de estos cultivos en la Ciénaga Grande de Lórica, Córdoba. *Rev. Colomb. Entomol.* 2004, 30, 161–169.

34. Rodríguez Chalarca, J.; Valencia, S.J. Daño por larvas de *Diabrotica balteata* (Coleoptera: Chrysomelidae) en raíces de maíz en condiciones controladas. In *Proceedings of the 39 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, Ibagué, Universidad Cooperativa de Colombia, Bogota, Colombia, 11–13 June 2012; p. 93.

35. Tobar, J.A. Manejo Integrado de Insectos Plaga en el Cultivo de la Mani (*Arachis hypogaea* L.); Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Nariño, Colombia, 1990; p. 21

36. Pitre, H.N., Jr.; Kantack, E.J. Biology of the banded cucumber beetle, *Diabrotica balteata*, in Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 1962, 55, 904–906

37. Olalquiaga, F.G. Aspectos fitosanitarios de la Isla de Pascua. *Rev. Chil. Entomol.* 1980, 10, 101–102.

38. Anteparra, M.; Velásquez, J. Revisión de la familia *Chrysomelidae* asociada a leguminosas de grano en el trópico sudamericano. Invest. Amazonia 2015, 4, 62–69.

39. King, A.B.S.; Saunders, J.L. The Invertebrate Pests of Annual Food Crops in Central America, 1st ed.; Overseas Development Administration: London, UK, 1984; pp. 44–45.

40. Reyes, H.E.; Castillo, L.J. Transmisión del virus del moteado clorótico del maíz (maize chlorotic mottle virus -MCMV) por dos especies del género *Diabrotica*, familia *Chrysomelidae*. Fitopatología 1988, 23, 65–73.

41. Waquil, J.M.; Mendes, S.M.; Marucci, R.C. Comunicado Técnico 178: Ocorrência de Especies de *Diabrotica* em milho no Brasil: Qual a Predominante, *Diabrotica Speciosa* ou *Diabrotica Viridula*. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas/Minas Gerais, Brazil, 2010; pp. 1–6.

42. Cabrera Walsh, G. Laboratory rearing and vital statistics of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms. Rev. Soc. Entomol. Argent. 2001, 60, 239–248.

43. Cabrera Walsh, G. Crisomélidos Diabroticinos Americanos: Hospederos y Enemigos Naturales. Biología y Factibilidad de Manejo de las Especies Plaga, 1st ed.; Lap Lambert Academic Publishing GmbH & Co.: Saarbrücken, Germany, 2012; pp. 42–60.

44. Levine, E.; Oloumi-Sadeghi, H. Management of diabroticite rootworms in corn. Annu. Rev. Entomol. 1991, 36, 229–255.

45. Spencer, J.L.; Hibbard, B.E.; Mooser, J.; Onstad, D.W. Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Agric. For. Entomol. 2009, 11, 9–27.

46. Schaafsma, A.W.; Whitfield, G.H.; Ellis, C.R. A temperature-dependent model of egg development of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte (Coleoptera: Chrysomelidae). Can. Entomol. 1991, 123, 1183–1197.

47. Stevenson, D.E.; Michels, G.J.; Bible, J.B.; Jackman, J.A.; Harris, M.K. Physiological time model for predicting adult emergence of western corn rootworm

(Coleoptera: Chrysomelidae) in the Texas High Plains. J. Econ. Entomol. 2008, 101, 1584–1593.

48. Park, Y.; Tollefson, J.J. Spatial prediction of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adult emergence in Iowa cornfields. J. Econ. Entomol. 2005, 98, 121–128.

49. Meinke, L.J.; Sappington, T.W.; Onstad, D.W.; Guillemaud, T.; Miller, N.J.; Komáromi, J.; Levay, N.; Furlan, L.; Kiss, J.; Toth, F. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. Agric. For. Entomol. 2009, 11, 29–46

50. 53Cabrerá Walsh, G.; Sacco, J.; Mattioli, F. Voltinism of *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Argentina. Latitudinal clines and implications for damage anticipation. Pest Manag. Sci. 2013, 69, 1272–1279

51. Herbert, D.A., Jr.; Malone, S.; Brandenburg, R.L.; Royals, B.M. Evaluation of the peanut southern corn rootworm advisory. Peanut Sci. 2004, 31, 28–32.

52. Hoffmann-Campo, C.B.; Moscardi, F.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Oliveira, L.J.; Sosa-Gómez, D.R.; Panizzi, A.R.; Corso, I.C.; Gazzoni, D.L.; Oliveira, E.B. Pragas da Soja no Brasil e seu Manejo Integrado, Circular Técnica 30; Embrapa Soja: Londrina, Brazil, 2000; pp. 16–17.

53. Silva, C.C.; Peloso, M.J.D. Informações técnica para o cultivo do feijoeiro comum na região central-brasileira 2005–2007; Embrapa arroz e feijão: Santo Antônio de Goiás, Brazil, 2006; pp. 124–136.

54. Ávila, C.J. Eficiência do inseticida terbufós no controle de larvas de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) em milho (*Zea mays* L.). In Proceedings of the 15 Congresso Brasileiro de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil, 12–17 March 1995; p. 467.

55. Carvalho, R.A.; Dourado, P.M.; Oliveira Junio, J.A.; Martinelli, S. Cap. 6 Plants transgênicas no controle de *Diabrotica* spp. In *Diabrotica Speciosa*, 1st ed.; Nava, D.E., Ávila, C.J., Pinto, A.S., Eds.; Occasio Editora: Piracicaba/São Paulo, Brasil, 2016; pp. 85–103

56. Ávila, C.J.; Santana, A.G. Cap. 9: Controle químico de *Diabrotica speciosa*. In *Diabrotica speciosa*, 1st ed.; Nava, D.E., Ávila, C.J., Pinto, A.S., Eds.; Occasio Editora: Piracicaba/São Paulo, Brasil, 2016; pp. 139–149.

57. AGROFIT. Available online:

[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (accessed on 6 May 2020).

58. Programa de Hortalizas 2020. Available online: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas> (accessed on 30 March 2020).

59. INTA. Manejo de Plagas de Maíz. Available online: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intamanejo\\_de\\_plagas\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_maz.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intamanejo_de_plagas_en_el_cultivo_de_maz.pdf) (accessed on 22 April 2020).

60. On24. Available online: <https://www.on24.com.ar/negocios/agro/a-la-vanguardia-en-tratamientos-desem>

61. Ávila, C.J.; Gomez, S.A. Controle químico de larvas de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura do milho. In Proceedings of the 8 Reunião sul Brasileira de Pragas do Solo, Londrina, Brazil, 26–27 September 2001; Embrapa Soja: Londrina, Brazil, 2001; pp. 254–257.

62. Ávila, C.J.; Gomez, S.A. Diagnóstico de pragas de solo no Estado de Mato Grosso do Sul. In Proceedings of the 9 Reunião Sul-Brasileira de Pragas de solo, EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí, Camboriú, Brazil, 3–5 September 2005; pp. 30–34. Viana, P.A.; Marochi, A.I. Controle químico da larva de *Diabrotica* spp. na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Milho Sorgo* 2002, 1, 1–11.

63. Salles, L.A. Eficiência do inseticida thiamethoxam (actara) no controle das pragas de solo da batata, *Diabrotica speciosa* (Col., Chrysomelidae) e *Heteroderes* spp. (Col., Elateridae). *Rev. Bras. Agrociencia* 2000, 6, 149–151.

64. Ávila, C.J.; Botton, M. Aplicação de Inseticidas no Solo; FEALQ: Piracicaba, Brazil, 2000; pp. 24–26.

65. Lovestrand, S.G.; Beavers, J.B. Effect of diflubenzuron on four species of weevil attacking citrus in Florida. *Fla. Entomol.* 1980, 63, 112–115. [CrossRef]

66. Elek, J.A.; Longstaff, B.C. Effect of chitin synthesis inhibitors on stored-products beetles. *Pestic. Sci.* 1994, 40, 225–230

67. Ávila, C.J.; Nakano, O.; Chagas, M.C.M. Efeito do regulador de crescimento de insetos lufenuron na fecundidade e viabilidade dos ovos de *Diabrotica speciosa* (Germar), 1924 (Coleoptera: Chrysomelidae). Rev. Agric. 1998, 73, 69–78.

68. Ávila, C.J.; Nakano, O. Efeito do regulador de crescimento de insetos lufenuron na reprodução de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae). An. Soc. Entomol. Bras. 1999, 28, 293–299.

69. 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.

70. Західний кукурудзяний жук: реальна небезпека для вітчизняних виробників кукурудзи / Електронний ресурс <https://bit.ly/wS/ZhUKI>

71. Т.Д. Ющук, П.О. Мельник, Т.І. Мацьків, М.Г. Купчак, О.М. Мовчан, О.О. Сикало, Т.М. Рарова, С.Г. Фіалковський, С.А. Бурма, Р.Д. Федоряк. Методичні вказівки по виявленню західного кукурудзяного кореневого жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) та заходи боротьби. – Чернівці, 2006. – с.3-18.

72. ArgenBio. Available online: <http://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos> (accessed on 22 April 2020).

73. ISAAA. ISAAA Brief No. 53: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years; ISAAA: Ithaca, NY, USA, 2017; pp. 53–55

74. Silva, J.R.; Feldmann, N.A.; Muhl, F.R.; Rhoden, A.C.; Blabinot, M.; Asolin, L.; Pava, D. Avaliação da eficiência da biotecnologia no controle da larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*) na cultura do milho. Rev. Cienc. Agrovet. Aliment. 2016, 1, 1–11.

75. Gallo, P. Avaliação da eficácia do evento MON88017 (Cry3bb1) na redução do dano da larva de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na raiz do milho. Master's Thesis, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brazil, 2012

76. Lara, F.M.; Scaranello, A.L.; Baldin, E.L.L.; Boça Junior, A.L.; Lourenção, A.L. Resistência de genótipos de batata a larvas e adultos de *Diabrotica speciosa*. Hortie. Bras. 2004, 22, 761–765.

77. El Khishen, A.A.; Bohn, M.O.; Prischmann-Voldseth, D.A.; Dashiell, K.E.; French, B.W.; Hibbard, B.E. Native resistance to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval feeding: Characterization and mechanisms. J. Econ. Entomol. 2009, 102, 2350–2359.

78. Risch, S. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: The effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. J. Appl. Ecol. 1980, 17, 593–611.

79. Toepfer, S.; Cabrera-Walsh, G.; Eben, A.; Alvarez Zagoya, R.; Haye, T.; Zhang, F.; Kuhlmann, U. A critical evaluation of host ranges of parasitoids of the subtribe Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini) using field and laboratory host records. Biocontrol Sci. Technol. 2008, 18, 485–508.

80. Metcalf, R.L. Chemical ecology of Diabroticites. In Novel Aspects of the Biology of Chrysomelidae, Series Entomologica, 1st ed.; Jolivet, P.H., Cox, M.L., Petitpierre, E., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1994; Volume 50, pp. 153–169.

81. Lundgren, J.G.; Haye, T.; Toepfer, S.; Kuhlmann, U. A multifaceted hemolymph defense against predation in *Diabrotica virgifera virgifera* larvae. Biocontrol Sci. Technol. 2009, 19, 871–880.

82. Cagan, L.; Stevo, J.; Gasparovic, K.; Matusikova, S. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi. J. Cent. Eur. Agric. 2019, 20, 678–685.

83. Tigano-Milani, M.S.; Carneiro, R.G.; Faria, M.R.; Frazão, H.S.; McCoy, C.W. Isozyme characterization and pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* and *P. lilacinus* to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Meloidogyne javanica* (Nematoda: Tylenchidae). Biol. Control 1995, 5, 378–382.

84. Chiriboga, X.; Guo, H.; Campos-Herrera, R.; Röder, G.; Imperiali, N.; Keel, C.; Maurhofer, M.; Turlings, T.C. Root-colonizing bacteria enhance the levels of



(E)- $\beta$ -caryophyllene produced by maize roots in response to rootworm feeding. *Oecologia* 2018, 187, 459–468.

85. Діабротика – небезпека поширення! Електронний ресурс [https://bitly.ws/ZnU2]

86. Про затвердження Переліку регульованих шкідливих організмів/ Електронний ресурс [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1300-06#Text]

87. Огляд поширення регульованих шкідливих організмів в Україні станом на 01.01.2023 Електронний ресурс [https://bitly.ws/ZnU7]

88. Західний кукурудзяний жук. Електронний ресурс [https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution]

89. Західний кукурудзяний жук. Електронний ресурс [https://fitolab.kharkov.ua/?p=1185]

90. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПОВТОРНИХ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ В УКРАЇНІ Електронний ресурс [https://bitly.ws/ZnU9]

91. Сікура О. А. Перспектива застосування ентомопатогенів проти ЗКЖ (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 238-245.

92. Буткалюк Т. О. Аналіз зон поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera* Le Conte) в США, Європі та Україні. *Захист рослин*. 2016. № 4. С. 240–249.

93. Історія та поширення кукурудзи. Електронний ресурс [https://agrosience.com.ua/plant/istoriya-ta-poshyrennya-kukurudzy]

94. Черкаська область/ Електронний ресурс [https://bitly.ws/ZnTP]

95. Західний кукурудзяний жук. Електронний ресурс [https://bitly.ws/ZnTX]

НУБІП України