

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

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету
захисту рослин, біотехнологій
та екології

_____ Коломієць Ю.В.
« ____ » _____ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри
ентомології, інтегрованого
захисту та карантину рослин

_____ Доля М.М.
« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«Обґрунтування заходів захисту кукурудзи та моніторинг
на виявлення західного кукурудзяного жука»**

Спеціальність

202 «Захист і карантин рослин»
(код і назва)

Освітня програма

«Карантин рослин»
(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

Гарант освітньої програми,
к.с.-г.н., доцент

_____ Сикало О.О.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи,
доцент, кандидат с.-г. наук

_____ Сикало О.О.

Виконав

_____ Мазурак Д.А.

КИЇВ-2025

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та
карантину рослин,
доктор с.-г. наук**
_____ Доля М.М.
«_____» _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ**

МАЗУРАКУ ДМИТРУ АНАТОЛІЙОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по-батькові)

<u>Спеціальність</u>	<u>202 «Захист і карантин рослин»</u>
<u>Освітня програма</u>	<u>«Карантин рослин»</u>
<u>Орієнтація освітньої програми</u>	<u>освітньо-професійна</u>

Тема магістерської кваліфікаційної роботи

1. Тема роботи «Обґрунтування заходів захисту кукурудзи та моніторинг на виявлення західного кукурудзяного жука»

Затверджена наказом від «13» листопада 2024 р. № 2036 «С»

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру «14» листопада 2025 року

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

- дані з біології західного кукурудзяного жука;
- умови регіону, де проводили дослідження;
- методика обліку західного кукурудзяного жука;

Перелік питань, які підлягають дослідженню:

1. Моніторинг насаджень кукурудзи на виявлення західного кукурудзяного жука в умовах Одеської обл.;
2. Скласти фенологічний календар західного кукурудзяного жука в умовах Одеської обл.;

3. Встановити ефективні хімічні препарати проти ґрунтових фітофагів та проти західного кукурудзяного жука.
4. Економічна доцільність застосування фітосанітарних заходів захисту проти карантинного шкідливого виду.

Дата видачі завдання 10 вересня 2024 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Сикало О.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняла до виконання _____ **Мазурак Д.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	9
1. Огляд літератури	15
1.1. Ризики, що виникають при вирощуванні кукурудзи від жуків роду <i>Diabrotica</i> .	24
1.2. Поширення західного кукурудзяного жука в Україні та світі	25
1.3. Систематичне положення та біологічні особливості виду	30
1.4. Морфологічні особливості	35
1.5. Шкідливість західного кукурудзяного жука	40
1.6. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука	43
1.7. Застосування хімічного контролю	46
1.8. Використання генетично модифікованих культур для боротьби з <i>Diabrotica</i>	49
1.9. Використання стійких рослин проти <i>Diabrotica</i>	52
1.10. Контроль за допомогою методів біологічного контролю	55
II. Методика проведення досліджень	62
2.1. Місце та умови проведення досліджень	62
2.2. Матеріали та методика обліку західного кукурудзяного жука	69
III. Результати досліджень.	71
3.1. Прогноз поширення ЗКЖ в регіоні досліджень.	81
3.2. Система захисту кукурудзи від ЗКЖ.	82
Висновки	74
Літературні джерела	75

ВСТУП

Кукурудза (*Zea mays L.*) є однією з найважливіших кормових, продовольчих та технічних культур у світі. Її вирощують у більш ніж 150 країнах, а площа посівів постійно зростає завдяки високому врожайному потенціалу, універсальності використання та здатності адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов. В Україні кукурудза посідає провідне місце серед зернових культур за валовим збором, а також є ключовою складовою експорту зерна, що визначає її стратегічне значення для економіки країни. За даними USDA, у маркетинговому році 2024/25 площа під кукурудзою становила близько 4,10 млн га, тоді як на 2025/26 планується збільшення до 4,40 млн га[1].

Також є дані оцінки з іншого джерела *Fastmarkets* [2] за прогнозами якого площа посівів кукурудзи може бути на рівні 4,02 млн га, а це на 2 % більше, ніж у попередньому році.

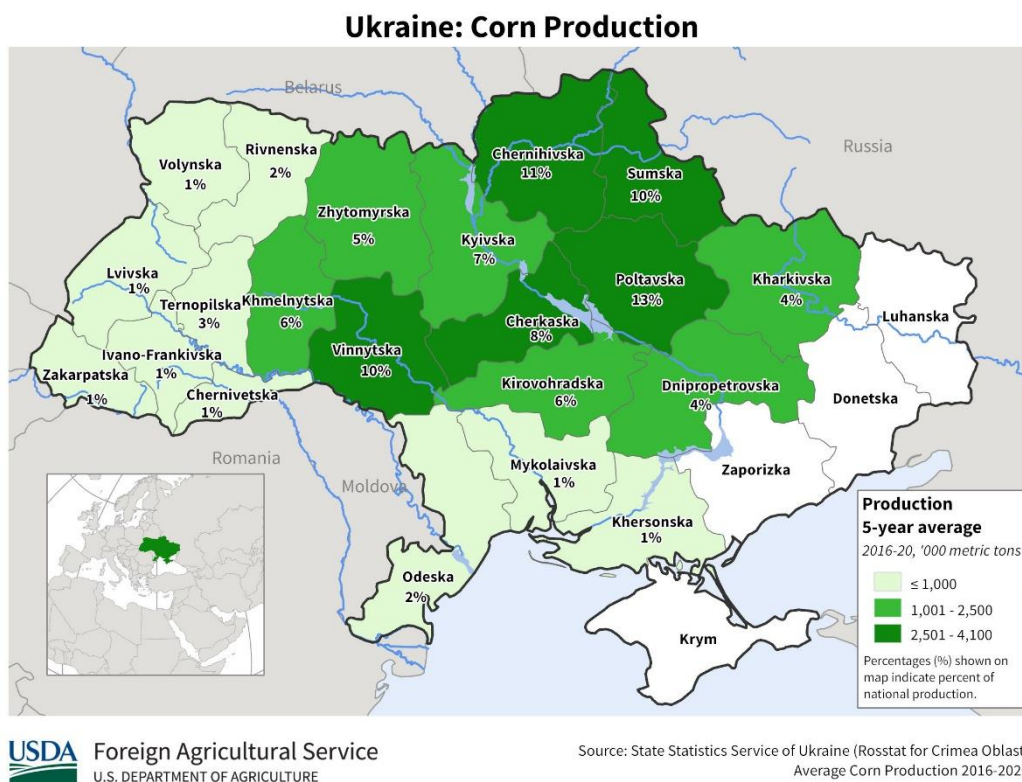


Рис. 1 Виробництво кукурудзи в середньому за 5 років (2016-2020рр.)[1]

Але зростають не тільки площі під кукурудзу, збільшується також і шкідливий тиск з боку комплексу фітосанітарних чинників — бур'янів, хвороб

та шкідників. Останні здатні суттєво знижувати врожайність та якість зерна, а в окремі роки завдавали значних економічних збитків.

Особливу загрозу становлять інвазивні види шкідливих організмів, які раніше не були поширені на території України, але за сприятливих умов здатні швидко розмножуватися та розширювати ареал.

Одним із таких небезпечних шкідників є західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) — карантинний організм, занесений з Північної Америки до Європи у кінці ХХ століття. За останні десятиліття він поширився у багатьох країнах ЄС, Балканського півострова та почав виявлятися у прикордонних з Україною регіонах.

На сьогодні *Diabrotica virgifera virgifera* адаптувався у значній частині Центральної та Південно-Східної Європи, із підтвердженою присутністю у 20 країнах, включаючи прикордонні з Україною регіони (1992–2007). Його щорічне поширення оцінюється на рівні 40–50 км, що робить можливим швидке проникнення в нові зони. Особливо вразливою є західна частина України, де умови відповідають сприятливій для розвитку шкідника екологічній зоні. За офіційними повідомленнями, станом на 2022 рік західний кукурудзяний жук був зафіксований у 18 регіонах України, що свідчить про його значне поширення[3].

Аналіз сучасної практики землеробства свідчить, що на значній частині посівних площ застосовується повторне або циклічне вирощування кукурудзи. Традиційна багатопільна сівозміна зберігається лише в окремих господарствах, головним чином фермерських, хоча її склад обмежується трьома–чотирма культурами

Нерідко при складанні сівозміни відсутнє дотримання принципів плодозмінності, оскільки набір культур визначається переважно тимчасовими економічними чинниками, а не екологічною чи біологічною доцільністю. Як наслідок, вирощування монокультур супроводжується пригніченням росту та зниженням продуктивності через алелопатичний вплив кореневих виділень і активність ґрунтової мікробіоти.

Застосування мінеральних добрив дещо гальмує процес наростання ґрунту при беззмінному вирощуванні сільськогосподарських культур, але не припиняє.

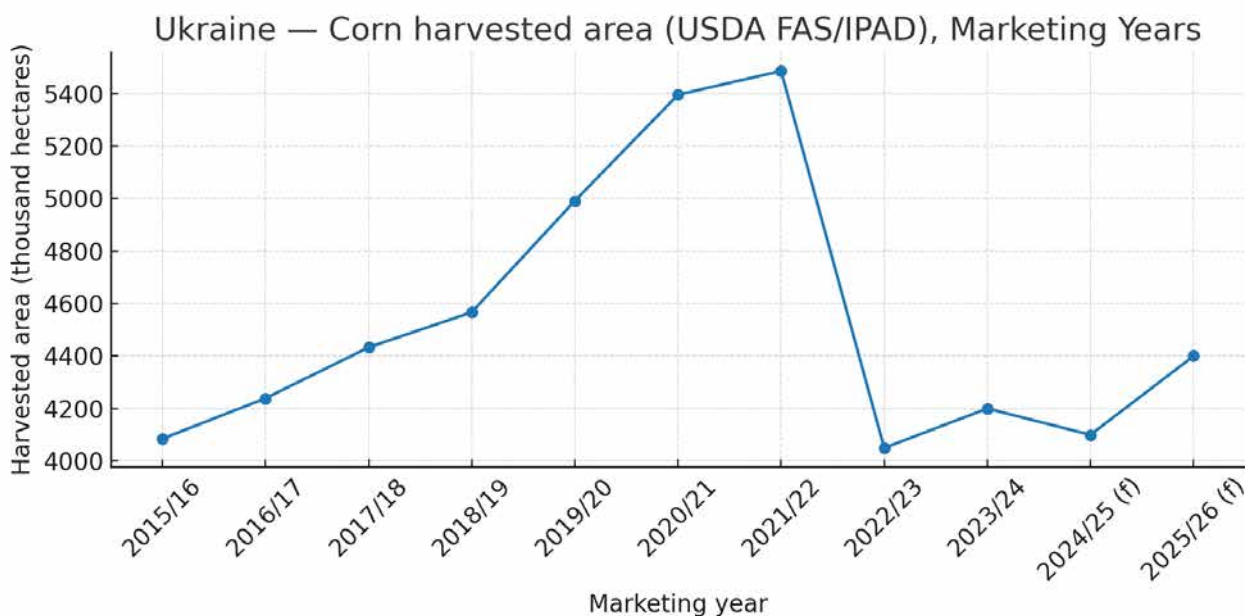


Рис.2 Урожайність кукурудзи в Україні в 2015-2025 роки [4]

У динаміці площ посівів кукурудзи в Україні простежується стійка тенденція до зростання у 2015–2021 рр. Так, якщо у 2015/16 маркетинговому році площа зібраної кукурудзи становила близько 4,1 млн га, то вже у 2020/21 вона перевищила 5,3 млн га, що свідчить про зростання інтересу агровиробників до даної культури. За таких умов можна зробити припущення, що основними факторами такого підйому були: висока рентабельність вирощування кукурудзи порівняно з іншими зерновими, стабільний попит на внутрішньому й зовнішньому ринках, сприятливі агрокліматичні умови в більшості регіонів.

У 2021/22 р., згідно з графіком (рис. 2) спостерігається пік, коли площі посівів кукурудзи сягнули майже 5,5 млн га. Але згодом у 2022/23 р. бачимо різке скорочення до 4,05 млн га, що зумовлене воєнними діями, зменшенням доступу до окремих земель та логістичними проблемами. У подальші роки відбувається повільна стабілізація площ — 4,2 млн га у 2023/24 та близько 4,1 млн га за прогнозом на 2024/25. Очікується незначне відновлення до 4,4 млн га у 2025/26 р. Тобто динаміка свідчить, що кукурудза залишається провідною зерновою

культурою України, але масштаби її вирощування сильно залежать від зовнішньоекономічних і соціально-політичних факторів. Загалом спостерігається довгострокова позитивна тенденція, хоча останні роки показали вразливість галузі до кризових явищ.

Надійним способом попередження ґрунтовтоми вважають науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні у комплексі з іншими заходами системи землеробства. [5].

Кукурудза (*Zea mays L.*) походить із Центральної Америки, де її вирощували ще близько 7–9 тис. років тому індіанські племена майя, ацтеків та інки. Після відкриття Америки Христофором Колумбом у XV ст. культура була завезена до Європи й швидко поширилася завдяки високій урожайності та широким харчовим можливостям. В Україні кукурудза з'явилася у XVI–XVII ст. через Балкани та Османську імперію.

Назва «**кукурудза**» походить від південно слов'янського *kukuruz* (через румун. *cucuruz*), яке ймовірно сформувалося під впливом турецько-балканського мовного середовища. За однією з версій, сучасна назва прийшла з турецького «**кокороз**» («висока рослина»); інша гіпотеза пов'язує її з угорським «**kukoriga**» («солодка», «цукрова»). У багатьох країнах уживають назву «**маїс**», що мовами корінних народів означає «священна мати» або «та, що дарує життя».

В Україні кукурудзу вирощують переважно як кормову культуру. Її зерно є високопоживним концентрованим кормом для всіх видів сільськогосподарських тварин і птиці: 1 кг кукурудзяного зерна відповідає в середньому 1,34 кормової одиниці, містячи близько 70 г перетравного протеїну. Поживні речовини із зеленої маси, силосу та зерна добре перетравлюються і засвоюються організмом тварин. Так, 100 кг зеленої маси, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості, еквівалентні 32 кормовим одиницям, а 100 кг сухих стебел, заготовлених на зерно, відповідають 37 кормовим одиницям і містять приблизно 1,5 кг перетравного протеїну. Подрібнені стрижні качанів також використовують для годівлі: 100 кг цієї сировини дорівнюють 35 кормовим одиницям.

1. Літературний огляд

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO, 2023), щорічно у світі засівається понад 200 млн га кукурудзи, а валовий збір зерна перевищує 1,2 млрд тон, що становить близько 40% у структурі виробництва зернових. Культура займає перше місце за обсягами вирощування, випереджаючи пшеницю та рис [10].

В Україні кукурудза є стратегічною культурою, яка визначає експортний потенціал аграрного сектору. За даними Державної служби статистики України, у 2021–2023 рр. площі під кукурудзою коливалися в межах 4,0–4,6 млн га, що становить близько 30% від загальної структури зернових посівів. Валовий збір у сприятливих роки перевищував 35 млн тонн, що забезпечувало країні статус одного з провідних світових експортерів [7]. Основними напрямками використання зерна є виробництво комбікормів, крохмалю, біоетанолу та експорт у країни ЄС, Азії й Африки.

Економічне значення кукурудзи для України полягає не лише в експортних поставках, але й у забезпеченні внутрішніх потреб тваринництва. Близько 60–65% урожаю щорічно використовується для виробництва кормів [8]. Це робить культуру ключовим елементом стабільності м'ясо-молочного сектору, а також чинником продовольчої безпеки держави.

Кукурудза як сільськогосподарська культура відома з давніх-давен. Її походження пов'язане з регіонами Центральної та Південної Америки, де корінне населення вирощувало її задовго до нашої ери. Наприкінці XV століття кукурудза була завезена до Іспанії, звідки швидко поширилась в Італію, Францію, Індію, Китай та інші країни; до Європи її привіз Христофор Колумб. На територію сучасної України зерно кукурудзи потрапило з Османської імперії у XVIII столітті; тоді її знали як «турецьку пшеницю».

За вмістом поживних речовин сухе зерно містить у середньому 9–12 % білка, 4–6 % жирів і 65–70 % без азотистих екстрактивних речовин; у жовтозерних форм високий вміст каротиноїдів. У харчовій промисловості кукурудзу переробляють на пластівці, крупу, борошно та інші продукти; качани

й зерно у фазі молочно-воскової стиглості споживають у вареному вигляді та консервують. Зерно також є сировиною для виробництва спирту, крохмалю та глюкози, із зародків отримують олію для харчових і лікувальних цілей. Стебла та обгортки качанів використовують у виготовленні паперу, клеїв, фарб, синтетичних смол.

В Україні основні площі кукурудзи на зерно зосереджені в Лісостепу та Степу, на силос і зелений корм — у всіх агрокліматичних зонах. Оптимальна площа вирощування на зерно й силос оцінюється у близько 3 млн га. Урожайність зеленого корму (силосу) може сягати 600–700 ц/га.

Північноамериканські «кореневі червці» кукурудзи з групи *virgifera* зимують у фазі діапаузуючих яєць, є унівольтинними та характеризуються вузькою трофічною спеціалізацією личинок, обмеженою кукурудзою й окремими видами злакових. Їхній життєвий цикл тісно синхронізований із фенологією одного або кількох однорічних рослин-хазяїв. Це відкриває можливості для застосування різних стратегій управління: сівозміни, маніпулювання строками сівби, моделей очікуваної щільності на основі попередніх спостережень і прогнозування появи імаго за температурними моделями (градусо-дні).

Оскільки яйця можуть бути розподілені в будь-якому горизонті ґрунту ще до висіву культури, можна застосовувати різні прийоми обробітку, що ускладнюють переміщення личинок до коренів (наприклад, ущільнення ґрунту міжрядь). Крім того, чинники, які визначають відновлення та завершення ембріонального розвитку після перезимівлі в унівольтинних *Diabrotica*, досліджені досить ґрунтовно; відтак можливе оцінювання «фіксованого моменту» або інтервалу завершення ембріогенезу банку яєць, відкладених раніше, для конкретної місцевості. Водночас подібні підходи ще не розроблені для мультівольтинних видів.

Наявні дані щодо репродуктивної біології двох інших економічно важливих видів *Diabrotica* дають підстави очікувати подібні закономірності. За таких умов імовірним є прогноз першої післязимової генерації у регіонах, де розвиток

личинок обмежує температура; однак точності цього прогнозу зазвичай недостатньо для оптимізації строків сівби або для визначення появи конкретних когорт. Практичний висновок полягає в тому, що життєва стратегія цих шкідників істотно звужує арсенал ефективних прийомів управління. У помірних регіонах рання сівба кукурудзи може забезпечити, що личинки першої генерації зустрінуть більш розвинені, отже менш уразливі фази культури. Додатково, висока мобільність і непередбачуваність спалахів *D. speciosa* свідчать, що одним із небагатьох превентивних заходів захисту може бути вирощування кукурудзи з ураженням білками *Bacillus thuringiensis* (Bt-гібриди), тобто використання певних модифікованих сортів[25].

Diabrotica speciosa поширена по всій Південній Америці, від сільськогосподарських ділянок у помірних степах Патагонії до тропіків, винятком є Чилі [26, 27] (рис. 2).



Рис. 3. Поширення *D. speciosa* у Південній Америці [29]

Вид *D. speciosa* зафіксований на більшості культурних рослин Південної Америки, проте вважається, що імаго переважно шкодить плодовим культурам, тоді як личинки пошкоджують посіви арахісу, картоплі та кукурудзи [25, 30, 31].

Але є певні винятки, адже у Бразилії даний вид розглядають насамперед як шкідника кукурудзи на личинковій стадії, тоді як дорослі жуки завдають незначної шкоди [32, 33].

D. speciosa вважається значним шкідником картоплі на обох стадіях розвитку — і личинки, і дорослі особини можуть пошкоджувати культуру [34].

Імаго також активно поїдає сходи та молоді рослини низки польових культур, зокрема ріпаку, сої, тютюну, бавовнику, квасолі (*Phaseolus vulgaris*), соняшнику, кукурудзи, пшениці [35, 36, 37], а також столових сортів винограду [38] (табл. 1).

Було виявлено, що на кукурудзні личинка харчується лише коренями, а в лабораторних умовах успішно розвивалась на пшениці, але на жодному іншому виді з родини Злакових ні, що дає нам припустити, що це стенофаг на личинковій стадії.

Імаго *Diabrotica balteata* вважають шкідником кабачків (*Cucurbita spp.*, *Cucurbitaceae*), салату (*Lactuca sativa*, *Asteraceae*), кількох видів квасолі (*P. vulgaris*, *Glycine max*, *Mucuna pruriens* і *Vigna unguiculata*, *Fabaceae*), цукрової тростини (*Saccharum officinarum*, *Poaceae*) [40]. 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].

Доросла особина *Diabrotica viridula* вважається незначним шкідником квасолі в Перу [38], а от личинка локально вважається небезпечною для кукурудзи в Центральній Америці та Перу [39]. Експериментально встановлено, що, личинки та імаго Діабротика Вірідула в тепличних умовах можуть передавати вірус хлоротичної плямистості кукурудзи рослині, що викликане бактерією *Erwinia stewartii*, бактеріальне в'янення (вілт) [39].

Під час випробувань у теплицях як личинки, так і дорослі особини цього виду змогли передавати кукурудзі вірус хлоротичної плямистості кукурудзи, личинки є найбільшим переносчиком цього вірусу. Досліджень, які б давали уточнення, яка частка шкоди припадає на кожен вид (наприклад, збір личинок безпосередньо в полі) не проводилось.

Дані свідчать про те, що три вищеописаних південноамериканські шкідники *Diabrotica* зимують у дорослому стані та є полівольтинними, а також у них відсутні діапазуюча стадія яйця. 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 [41].

Особливу небезпеку становить *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, личинки якої живляться кореневою системою кукурудзи, що призводить до вилягання посівів та значних втрат урожаю. У США цей шкідник визнаний одним із найшкідливіших для зернового виробництва, щорічні економічні втрати від його пошкоджень та заходів контролю оцінюють у понад 1 млрд дол. США [9]. Таким чином, хоча кукурудза залишається ключовою культурою для України та світу, її інтенсивне вирощування супроводжується зростанням ризиків, пов'язаних із поширенням небезпечних шкідників, зокрема західного кукурудзяного жука. Це обумовлює необхідність подальших досліджень системи моніторингу та розробки інтегрованих заходів захисту.

Таблиця 1. Основні культури, що вражаються Південно Американським шкідником виду *Diabrotica*, сучасні та потенційні методи контролю [39].

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 ¹		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
Соєві боби Табак			X X				К,Оф,Нн, Фп К,Оф,Нн, Фп			

¹К – Карбамати; Оф – органофосфати; Нн - Неоникотиноїди; Фп - Фенилпіразоль; Ді - діаміди; Ррк - регулятори росту комах

1.1. Ризики, що виникають при вирощуванні кукурудзи від жуків роду *Diabrotica*

Шкідники роду *Diabrotica* (зокрема *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte — західний кукурудзяний жук) є одними з найнебезпечніших інвазійних видів, поширення яких створює значні загрози для сталого виробництва кукурудзи. Шкідливість від них обумовлена біологічними особливостями розвитку, високим репродуктивним потенціалом та специфікою живлення личинок та імаго.

Біологічними передумовами ризиків від личинок *Diabrotica* є розвиток у ґрунті та живлення коренями кукурудзи, а це в свою чергу призводить до втрати тургору, пригнічення росту та розвитку рослин. Якщо ж відомі випадки масового заселення, то вилягання посівів. Дорослі жуки пошкоджують генеративні органи рослини (волоті, приймочки качанів), що знижує рівень запилення та формування зерна. Особливістю біології є відкладання самицями сотень яєць (до 1000 шт.), що забезпечує швидке наростання популяції в агроценозах.

До **господарських ризиків** відносять пошкодження кукурудзи личинками *Diabrotica*, за даними польових досліджень, втрати врожаю можуть становити 30–40%, а в умовах тривалої монокультури та високої щільності популяцій вони сягають 70–80%. Вилягання стебел ускладнює механізоване збирання врожаю, що призводить до додаткових втрат зерна. Імаго, пошкоджуючи приймочки, спричиняють формування неповноцінних качанів та зменшення маси 1000 зернин. Усе це істотно знижує економічну ефективність вирощування культури.

Карантинні та економічні ризики. Західний кукурудзяний жук є регульованим карантинним організмом у багатьох країнах, у тому числі в Україні. Наявність осередків цього шкідника на території господарств призводить до введення обмежувальних заходів, що ускладнює міжрегіональну торгівлю та знижує експортний потенціал зерна. До того ж, боротьба зі КШО вимагає додаткових витрат на моніторинг, інсектицидний захист, використання гібридів з вбудованим Vt-захистом, що збільшує собівартість виробництва.

Основним чинником, що підвищує загрозу від *Diabrotica*, є вирощування кукурудзи у монокультурі, яка створює сприятливі умови для накопичення шкідника – це **агрономічні ризики**. Проблемним є також виникнення резистентності до інсектицидів та випадки зниження ефективності трансгенних гібридів із Vt-токсинами. Формування ефективної системи інтегрованого захисту ускладнюється та вимагає комплексного підходу: сівозміни, агротехнічних прийомів, застосування біологічних і хімічних засобів захисту.

Екологічні ризики. Інтенсифікація хімічних обробок проти *Diabrotica* призводить до зростання пестицидного навантаження на агроєкосистеми, що негативно впливає на ґрунтову біоту, ентомофауну та якість довкілля. Зокрема, страждають корисні ентомофаги, що може призвести до вторинних спалахів інших шкідників.

Жуки роду *Diabrotica* становлять комплексну загрозу для виробництва кукурудзи, яка поєднує економічні, карантинні та екологічні аспекти. Їхня шкідливість вимагає системного підходу до організації захисту культури на основі інтегрованих методів та суворого дотримання сівозміни.

1.2. Поширення західного кукурудзяного жука в Україні та світі

Західний кукурудзяний жук (*D. virgifera virgifera* LeConte) є інвазійним шкідником кукурудзи, ареал якого протягом останніх десятиліть значно розширився. Первинно вид поширений у Північній Америці, де з кінця XIX ст. він набув статусу одного з найбільш небезпечних шкідників кукурудзи.

У США та Канаді *D. v. virgifera* є головним обмежувальним фактором у вирощуванні кукурудзи, щорічні економічні втрати від його пошкоджень та заходів контролю перевищують 1 млрд доларів США (Gray et al., 2022). Перші випадки виявлення жука на європейському континенті зафіксовано у 1992 році поблизу Белграда (Сербія). Подальше поширення відбувалося швидкими темпами завдяки інтенсивним транспортним потокам, переміщенню зерна та сприятливим кліматичним умовам. Уже через 15 років після першої знахідки вид було зареєстровано в більшості країн Центральної та Південно-Східної Європи,

зокрема в Угорщині, Румунії, Болгарії, Італії та Австрії (Važok et al., 2021). На початку 2010-х років випадки поширення фіксувалися і в країнах Західної Європи (Франція, Німеччина), що підтвердило високий інвазійний потенціал шкідника.

В Україні жука вперше виявлено у 2001 році в Закарпатській області, що межує з Угорщиною. З того часу ареал поступово розширювався у напрямку центральних і північних регіонів. За повідомленнями Держпродспоживслужби та результатами наукових дослідень, упродовж 2015–2023 рр. осередки жука фіксували у Львівській, Івано-Франківській, Тернопільській, Чернівецькій та Вінницькій областях, а також у центральних регіонах (Черкаська, Київська області) (ResearchGate, 2025).

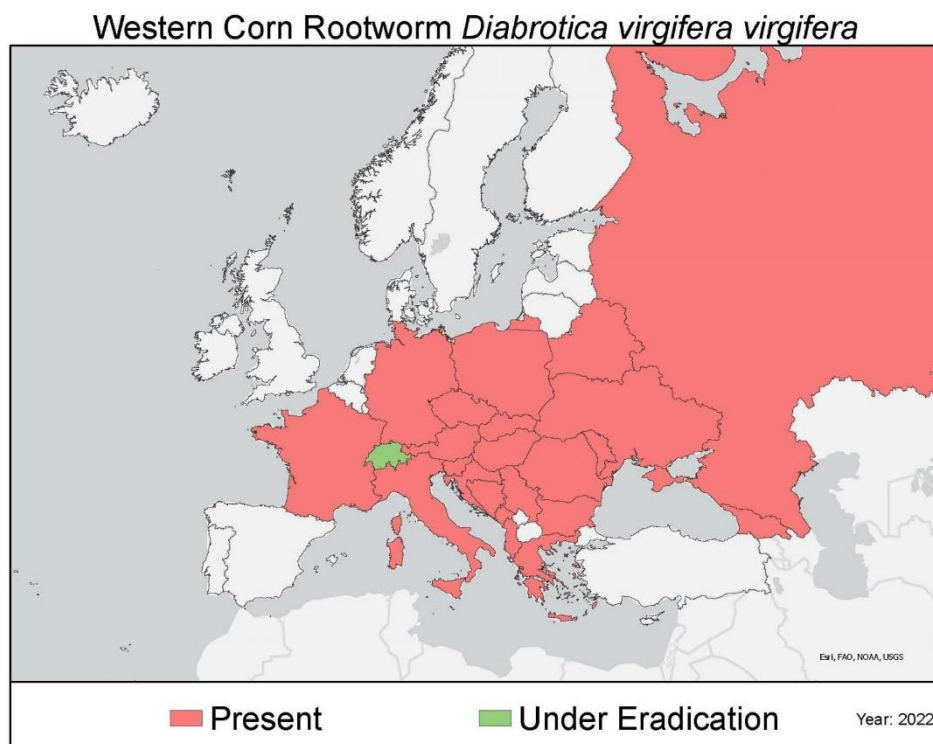


Рис. 4. Поширення діабротики на території Європи станом на 2022р.

[17]

На сьогодні *D. v. virgifera* вважається регульованим карантинним організмом у країнах ЄС та Україні. Європейська та Середземноморська організація із захисту рослин (EPPO) включила цей вид до списку A2 шкідливих організмів, поширення яких обмежене, але потенційно небезпечне для території країн-учасниць (EPPO, 2023). В Україні згідно з наказами Мінагрополітики визначено

обов'язкові заходи з фітосанітарного моніторингу, обмеження переміщення зараженої продукції та локалізації осередків шкідника.

За оцінками ЕРРО, через вантажні літаки та автомобільний транспорт з Північної Америки він потрапив у Сербію, а згодом його вже було зафіксовано у сусідніх країнах: Хорватії, Угорщині, Румунії та Болгарії. До початку 2000-х років *Diabrotica virgifera virgifera* поширився на більшість країн Центральної та Південно-Східної Європи – Італію, Словенію, Австрію, Словаччину, Польщу, Чехію, а також частково Францію.

Європейська та Середземноморська організація із захисту рослин внесла *D. virgifera virgifera* до переліку небезпечних інвазійних видів континенту (A2 List), що потребують постійного моніторингу. Згідно з даними Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA, 2023), сьогодні шкідник виявлений у понад 20 європейських країнах, а його ареал продовжує поступово розширюватися у північному та східному напрямках.

Факторами, що сприяють розселенню жука, є:

- відсутність природних ентомофагів;
- активне переміщення транспортом зерна, ґрунту та техніки;
- сприятливі кліматичні умови (тепле літо та м'яка зима);
- розширення площ монокультури кукурудзи.

Згідно з даними САВІ (2023), середній радіус природного поширення жуків становить 20–80 км на рік, а при транспортуванні вантажів може сягати сотень кілометрів.

У наступні роки ареал поширення розширювався у північно-східному напрямку – на територію Львівської, Івано-Франківської, Чернівецької та Тернопільської областей.

Станом на 2024 рік, згідно з офіційними звітами Держпродспоживслужби України, вогнища західного кукурудзяного жука зареєстровані у понад 10 областях: Закарпатській, Львівській, Тернопільській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Рівненській, Волинській, Хмельницькій, Вінницькій та частково Київській [14].

Спостерігається тенденція до поступового переміщення популяцій у центральні райони країни, де створені сприятливі умови – теплі літа, інтенсивне вирощування кукурудзи, наявність полів без сівозміни.

За даними Держпродспоживслужби у 2025 році карантинний режим запроваджено було у кількох регіонах країни:

- Київська область – 1 район, площа 64 га;
- Кіровоградська область – 1 район, площа 75 га;
- Одеська область – 2 райони та 1 місто, площа 46 га.

В Ізмаїльському районі Одеської області, на землях СВК «Авангард» (20 га), офіційно затверджені фітосанітарні заходи для локалізації та ліквідації вогнища. [18]. У 2025-му році діабротика масово поширювалась в центральних та західних областях.



Рис. 5 Мапа поширення ЗКЖ на території України у 2022 році [16]

1.3. Систематичне положення та біологічні особливості виду

Західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868) належить до типу членистоногих (*Arthropoda*) класу комах (*Insecta*) ряду твердокрилих (*Coleoptera*) родини листоїдів (*Chrysomelidae*) підродини галерукін (*Galerucinae*) роду *Diabrotica* Chevrolat.



Рис.6 *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868 [19]

Вид уперше описаний американським ентомологом Джоном Лі Контем у 1868 році на території Північної Америки, де він і сформувався як шкідник культурних посівів кукурудзи (*Zea mays* L.).

У межах роду *Diabrotica* відомо понад 400 видів, більшість яких поширені в Центральній та Південній Америці. Серед них лише кілька мають економічне значення, зокрема *D. longicornis*, *D. undecimpunctata* та *D. virgifera* (Рис 6).

Усі три види *Diabrotica* мають високу трофічну спеціалізацію – вони пристосовані жити переважно на культурних рослинах родини Злакових (*Poaceae*) або Гарбузових (*Cucurbitaceae*).

Отже, вони безпосередньо завдають шкоди сільськогосподарським культурам, а саме: гарбузам, кавунам, огіркам, кукурудзі.

- *D. virgifera virgifera* (західний кукурудзяний жук) – личинки живляться коренями кукурудзи → рослини вилягають, втрачають стійкість і дають менше качанів.
- *D. undecimpunctata howardi* (південний плямистий огірковий жук) – імаго живляться листям, квітами, зав'яззю гарбузових, пошкоджують сходи й переносять бактеріальні інфекції (*Erwinia tracheiphila*).

- *D. longicornis* (довговусий кукурудзяний жук) – пошкоджує листя та пилки кукурудзи, а личинки розвиваються на її коренях, подібно до *D. virgifera*.

Тобто всі три види здатні руйнувати як підземну, так і надземну частину рослин, що веде до втрат урожаю.



Рис. 7, 8, 9 види роду *Diabrotica*, що мають економічне значення *D. virgifera*, *D. undecimpunctata*, *D. longicornis* (розташовані з права на ліво) [20, 21, 22]

Самки виду Діабротика відкладають від 500 до 1200 яєць за сезон. Яйця можуть перезимовувати у ґрунті, вони витримують морози до -10°C , через це вид добре зберігається в помірному кліматі та швидко відновлює чисельність.

Так як жуки активно літають га 15-30 км та легко пристосовуються до нових умов у них висока міграційна здатність, що пояснює як потрапивши з Штатів він зумів поширитись на більшість країн Європи.

За оцінками **FAO** і **EPPO**, ці три види спричиняють найбільші втрати серед листоїдів у світовому землеробстві.

- *D. virgifera virgifera* — збитки в ЄС і США сягають понад 1 млрд доларів щорічно (через падіння урожайності кукурудзи).
- *D. undecimpunctata* — шкодить посівам гарбузових, у т.ч. в теплицях, зниження врожайності до 40–50 %.
- *D. longicornis* — пошкоджує кукурудзу в Центральній Америці, часто разом з *D. virgifera*, що ускладнює контроль.

Але Західний кукурудзяний жук є найбільш небезпечним підвидом, саме через те що пошкоджує і надземну і підземну частину кукурудзи та завдає значних економічних збитків.

Таксономічна історія тричі піддавалась змінам: *Diabrotica filicornis* (Horn, 1893), *Diabrotica virgifera var. filicornis* (Gillette, 1910) і *Diabrotica virgifera virgifera* (Krysan, 1980).

Хоча з 1868 році комаха має назву *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte. Акліматизуватись та перезимувувати вдалось тільки шістьом видам. Один з них поділений на два підвиди *Diabrotica virgifera zea* Krysan & Smith (Mexican corn rootworm (MCR) “мексиканський кукурудзяний кореневий черв’як”) та *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Western corn rootworm (WCR) – “західний 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 та 10.



Рис. 10, 11. *D. barberi* Smith & Lawrence та *D. undecimpunctata howardi* Barber [43, 44].

Імаго ЗКЖ має тіло завдовжки 5-6 мм в довжину, блідо-жовтого кольору. Самки мають на надкрилах поздовжні темно-сині, майже чорні смужки (центральна – посередині, уздовж шва). На рисунку 11 та 12 зображені самець та самка. Смужки у самця зливаються, темного кольору вся спинка окрім верха країв надкрил та їх вершини. Голова, вусики та ноги темні, а черевце знизу жовтувате.



Рис. 12, 13. Самка (ліворуч) та самець (праворуч) *Diabrotica virgifera virgifera* [42]

Західний кукурудзяний жук має одну генерацію на рік. В кінці липня та на початку серпня дорослі особини виходять з ґрунту, саме на цей період припадає період цвітіння кукурудзи. Після спарювання протягом 10-14 днів самки відкладають яйця, періодично живлячись. Дуже часто вони відкладають яйця на кукурудзяних полях, які знаходять мігруючи в пошуках їжі, вони приваблюють їх своїм кольором та запахом.

Самки відкладають яйця за температури вище +10°C, в поверхневий шар ґрунту, біля основи стебла рослини, віддаючи перевагу вологим ділянкам. Якщо яйця відкладені не поруч з рослиною, то личинки не знайдуть корм і загинуть.

Також на глибину розміщення яєць впливає вологість ґрунту і вид, найменш привабливим є піщані ґрунти, а перевагу віддають ґрунтами з підвищеним вмістом глини чи чорноземам.

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. [45]

Самка може давати до 1000 яєць, тривалість її життя 19 – 126 днів, у середньому 95 днів. Репродуктивний період 10-15 днів. В кінці серпня завершується відкладення яєць, а в кінці вересня переважна більшість жуків відмирає. Та час від часу можна зустріти поодинокі особини до листопада.

Яйця кукурудзяного жука витримують температуру до -10°C . Даному виду притаманна факультативна ембріональна діапауза, в яку вони входять за температури $+4-5^{\circ}\text{C}$ [45]. Факультативна ембріональна діапауза – це фізіологічний стан тимчасового пригнічення розвитку ембріона, який не є обов'язковим для виду, він настає лише за певних несприятливих умов середовища, наприклад температурних або фотоперіодичних.

Після завершення діапаузи яйця впадають в холодове заціпеніння, що триває до відродження личинок на весні. Коли ґрунт прогрівається до $+11,2^{\circ}\text{C}$ - $12,8^{\circ}\text{C}$ личинки починають відроджуватись та живитись. Молоді личинки рухаються в напрямку найближчих коренів кормової рослини [40]. Шукаючи корм вони здатні долати відстань 50-80 см. Переважна більшість личинок знаходиться поруч з основою рослини на відстані до 10 см. Тому молоді личинки харчуються кореневими волосками та тканинами кореневої системи рослини. В періоди свого розвитку личинки починають вгризатись в корінь та живляться серцевинною тканиною, що містить судинні пучки. Більш дорослі личинки потрапляють в стебло рослини, прогризаючи отвори в товстому корінні.

Живлення личинок триває протягом трьох вікових стадій і загалом займає 3-4 тижні. Тривалість повного розвитку від відродження личинки до появи імаго суттєво залежить від температури середовища : за температури +29°C цикл становить близько 27 днів, при +22°C – приблизно 38 днів, а за температури +15°C – до 71 дня.

Личинки третього віку формують земляні колисочки, у яких відбувається заляльковування – цей процес спостерігається з середини червня до кінця липня. Основна маса лялечок розташовується у верхньому шарі ґрунту, однак іноді їх знаходять на глибині до 20 см.

Стадія лялечки триває від 2-3 до 7 діб і залежить від температурно-вологих умов. Лялечки дуже чутливі до надмірного зволоження – при тривалому затопленні ґрунту їх виживання різко знижується. Надлишкове зрошення в період заляльковування може зменшити вихід дорослих жуків до 50%.

Яйця характеризуються досить високою морозостійкістю – вони здатні витримувати зниження температури до -10°C, що забезпечує виживання популяції протягом зимового періоду.

1.4. Морфологічні особливості

Яйця. Яйця мають овальну форму, спочатку світло-жовтого кольору, з наближенням вилуплення вони набувають коричневого відтінку; їхні розміри приблизно 0,6 мм у довжину та 0,35 мм у ширину. Поверхня хоріону прикрашена багатокутною скульптурою – переважно первинними багатокутниками, іноді з додатковими вторинними ребрами – що може бути корисною діагностичною ознакою при скануючій електронній мікроскопії.

Між видами родини *Diabrotica* (наприклад, між *D. virgifera virgifera* / *D. virgifera zea* і *D. longicornis*) це дозволяє їх розрізнити: у *D. virgifera* нема вторинних хребтів у межах багатокутників, тоді як у *D. longicornis* вони є (з 6-12 ямками/багатокутник). Слід зазначити, що скульптура хоріону у *D. virgifera virgifera* не відрізняється від форми *D. virgifera zea*. [46]



Рис. 14. *D. virgifera virgifera*, повний цикл перетворення від яйця до жука [48].

Також відомо, що яйця даного виду перезимовують у ґрунті, формуючи стійку «яечну діапаузу». [47]



Рис. 15 *Diabrotica virgifera virgifera* лялечка третього віку [47]

Личинка. Щойно вилуплені личинки – напівпрозорі, майже безбарвні, із дуже дрібними ніжками (шість грудних ніг), їхня довжина на цьому етапі становить приблизно 2-3 мм. Зі зростанням личинки вони набувають кремово-білого кольору з темною головою та кінцем черевця; у завершальній стадії (3-ій віковій) довжина може досягати 12-19 мм. У останньому сегменті тіла відсутній парний виріст (урогомф). Ідентифікаційний ключ Мендози та Пітерса (1964) дозволяє диференціювати личинок *D. virgifera* від личинок видів *D. undecimpunctata howardi* та *D. longicornis*, хоча розрізнити личинки двох підвидів *D. virgifera* за морфологією наразі неможливо.

Розвиток личинки в ґрунті супроводжується харчуванням кореневої системи кукурудзи; за лабораторними й польовими даними цикл від першого до третього віку за сприятливих температур складає приблизно 25-30 днів [49].

Лялечка. Лялечка має довжину близько 7,5 мм та ширину приблизно 4,5 мм. Спершу біла, з віком набуває більш жовтуватого кольору та має рудиментарні вусики, крила та ноги, що характерні для майбутнього імаго.

На кінчику черевця розміщені два товсті шипи, а на дорсальній частині інших черевних сегментів – дрібні шипи. Статевий диморфізм проявляється на стадії лялечок: у самок-лялечок на вентральній поверхні в районі верхівки черевця видно пару характерних сосочків, яких немає у самців. Лялечки розміщуються у земляних клітинах (колисочках) у ґрунті, поблизу коренів рослин-господарів.

За даними ЕРРО, стадія лялечки триває декілька днів (2-7 діб) залежно від температури і вологості ґрунту.

Доросла особина. Дорослий жук має довжину приблизно 4,8-5,4 мм. Надкрила (елітри) зазвичай зеленого кольору з плямистим забарвленням – на кожному з надкрил помітні дві округлі сіро-жовті плями, також можуть бути блідо жовтого кольору [49]. Голова жовтого кольору, вусики ниткоподібні. Передньоспинка (пронотум) зелена або блідо-оливкова, майже підквадратна, із глибокою подвійною борозною. Щиток жовтий або янтарно-жовтий. Лапки – жовті або жовто-вохристі. Гомілка має двоколірне забарвлення: основа – жовта, зовнішній край – або глянцево чорний/глянцево коричнево-чорний, або тістоподібний (цегляно-червоний чи коричнево-червоний), або ж може бути майже повністю затемнена. Стегнова кістка – двоколірна: основа – жовта чи зелена, зовнішній край – темний від каштанового до чорного.

Чоловічі особини можуть мати трохи темніше забарвлення, ніж жіночі.

Підвид *Diabrotica virgifera zeaе* (мексиканський варіант) легко відрізняється від номінального підвиду *D. virgifera virgifera* своєю особливістю: надкрила цілком зелені, без поздовжніх чітких ліній. Від видів *Diabrotica longicornis* та *Diabrotica barberi* *D. virgifera* зокрема відрізняється двоколірними стегновими

кістками з темним зовнішнім краєм; у *D. longicornis* і *D. barberi* стегнові кістки одноколірно-зелені або прозоро жовті.

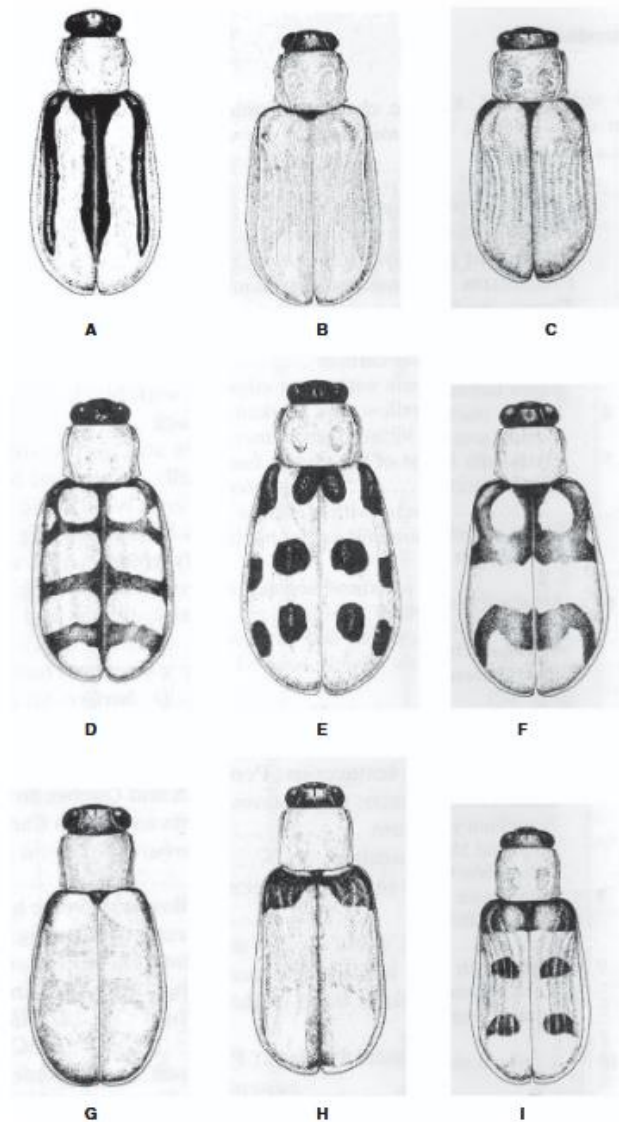


Рис. 16 (A) *Diabrotica virgifera virgifera* (western corn rootworm),
 (B) *Diabrotica virgifera zea* (Mexican corn rootworm),
 (C) *Diabrotica barberi* (northern corn rootworm),
 (D) *Diabrotica balteata* (banded cucumber beetle),
 (E) *Diabrotica undecimpunctata howardi* (southern corn rootworm),
 (F) *Diabrotica adelpha*,
 (G) *Diabrotica speciosa*,
 (H) *Diabrotica viridula* (variation),
 (I) *Diabrotica viridula* (variation). [49]

Ідентифікаційний ключ Krysan & Miller (1986) може бути використаним для диференціації дорослих особин 13 видів Діабротики, які присутні в Сполучених штатах на сільськогосподарських культурах. Цей ключ також враховує поширення в Північній Америці. [49] На рис. 15 можна побачити як саме мають вигляд різні види.

Таблиця 2. Морфометричні характеристики *Diabrotica virgifera virgifera*

Стадія	Параметр	Значення	Джерело
Яйця	Довжина	≈0,6 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Яйця	Ширина	≈0,35 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Яйця	Колір спочатку / перед вилупленням	Світло-жовтий → коричневий	EPPO Standard PM7/036(2)
Личинка (1-ий вік)	Довжина при вилупленні	≈2-3 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Личинка (останній вік)	Довжина	≈12-19 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Лялечка	Довжина	≈7,5 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Лялечка	Ширина	≈4,5 мм	EPPO Global Database (https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI)
Імаго (дорослий жук)	Довжина	≈4,4-6,8 мм (часто 5-7 мм)	ResearchGate, 2016
Імаго (дорослий жук)	Типові морфологічні ознаки	Надкрила зелено-оливкові з плямами, двоколірні стегна з темною каймою	EPPO Standard PM7/036(2)

1.5. Шкідливість *D. virgifera virgifera*

Зимом яйця в ґрунті перебувають у стані діапаузи. Перші лялечки та личинки з'являються навесні, вони живляться підземними органами рослин, але можуть загинути, якщо не знайдуть собі корм. В літній період рослинам кукурудзи шкодять дорослі особини, а саме жуки, так триває до початку збору врожаю, восени. Коли рослини починають жовтіти та скидати листя, для подальшого циклу розвитку жуки відкладають яйця в ґрунт. Рисунок 16 демонструє даний цикл.

Лише на стадії імаго, жуки можуть харчуватись пилом інших рослин, наприклад злакових, бобових, складноцвітів або гарбузових. Зазвичай вони живляться незрілими зернами, листям кукурудзи, пилом або маточковими стовпчиками, саме кукурудзі діабротика віддає перевагу.

Об'їдають зерно коли триває фаза молочної стиглості, під листям качана та на верхівці, вигризають паренхіму між листяними жилками, обгризають молоді качани та пошкоджують стовпчики жіночих суцвіть і самі пильники на волоті.

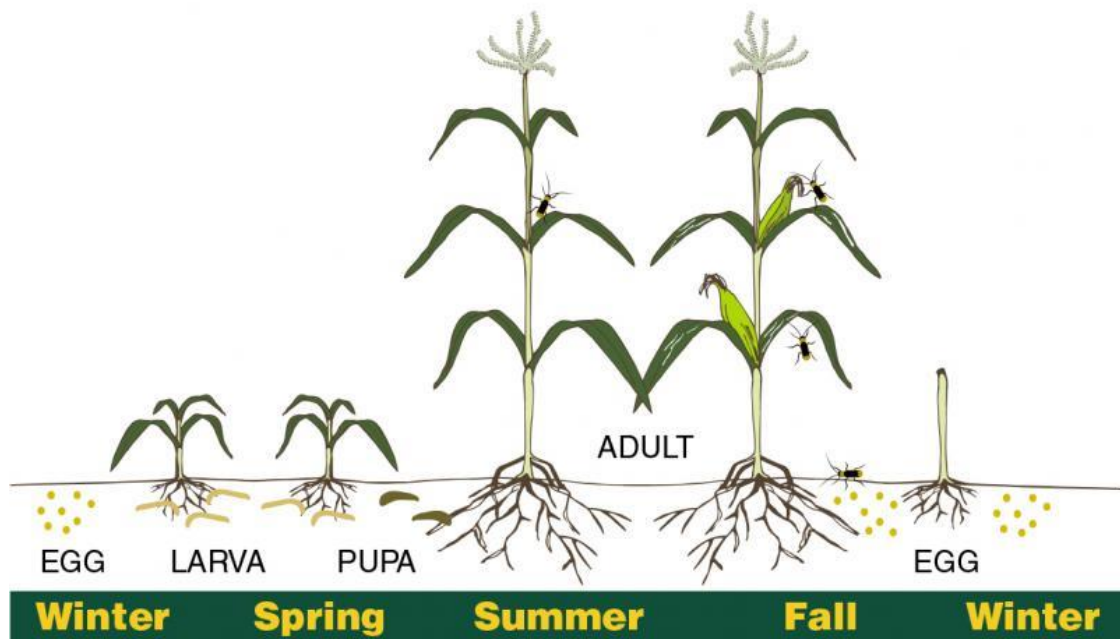


Рис. 17. Стадії та періоди шкоди західного кукурудзяного жука на культурі [48]

Самки відкладають яйця у верхній шар землі, на глибину до 35 см, частіше всього поблизу нижньої частини стебла кукурудзи, максимальна щільність яєць в ґрунті спостерігається до серпня-вересня. Яйця витримують зимою температуру до -10°C , а весною коли ґрунт прогрівається з основної маси яєць відроджуються личинки та починаються харчуватись. Вони харчуються в середньому 3-4 тижні, за цей час вони линяють три рази. Об'їдають кореневище в першу чергу, а потім переходять на серцевину кореня, таким чином здатні проникати в середину стебла.

Заляльковування відбувається у верхніх шарах ґрунту, розвиток лялечки завершується за 2-3 дні. З лялечок відроджуються дорослі жуки, вихід з ґрунту розтягнутий, а пік збігається з цвітінням кукурудзи. Через 10-14 днів жуки починають відкладати яйця, живуть до 3 місяців. В рік розвивається одне покоління ЗКЖ. Температура оптимального розвитку $21-30^{\circ}\text{C}$.

Через те, що імаго харчуються маточковими нитками та підгризають живі тканини дуже часто порушується запилення кукурудзи. Як наслідок – падає врожайність. А рослини починають хворіти на різні бактеріальні, грибні чи вірусні захворювання, адже даний вид є їх переносником.



Рис. 18 Поїдання кукурудзи жуками ЗКЖ [22]

На ранніх стадіях заселення відбувається непомітно, а основна шкода для врожаю – пошкоджене личинками коріння. На пізніх стадіях розвитку личинки, коріння кукурудзи вилягає за сильного ураження та висмикується з ґрунту без зусиль, а форма стебла стає подібною до «гусячої шиї». Для повного руйнування кореневої системи рослини достатньо 25 личинок. У пошкодженого коріння бурувате або червонувате забарвлення, яке часто вражається кореневою гниллю, після чого рослина гине.



Рис. 19 Пошкоджене коріння кукурудзи *Diabrotica virgifera virgifera* [50]

Станом на 2024 рік осередки шкідника зареєстровані майже в усіх областях центрального та західного Лісостепу України, це створює передумови для його подальшої міграції у степові регіони.

За даними 2023 року Інституту захисту рослин НААН України, у роки з теплим та вологим літом втрати врожаю в осередках заселення становили від 15 до 35 %, а на полях з монокультурним вирощуванням кукурудзи – до 60%. Особливо небезпечним є той факт, що личинки можуть залишатися життєздатними навіть у ґрунтах з незначною кількістю рослин-господарів і це ускладнює агротехнічні заходи контролю. [51]

Також існує непряма шкода від кукурудзяного жука, яка полягає у зниженні родючості ґрунту через порушену систему корневих волосків. Накопичення мікотоксинів у зерні, за рахунок вторинного зараження грибами та зростання економічних витрат на обробіток полів і збирання вилягаючої кукурудзи.

1.6. Заходи захисту кукурудзи від західного кукурудзяного жука

Доречно зауважити, що діабротика не живиться стиглим насінням, тому не переноситься з насінням кукурудзи. Якщо б *Diabrotica virgifera virgifera* виявили на посівах на території України, то доречно вжити всі необхідні заходи для ліквідації первинного вогнища згідно з чинним фітосанітарним законодавством. У ньому передбачені організаційні, агротехнічні, хімічні, біологічні та запобіжні заходи та використання стійких сортів, в нашому випадку кукурудзи.

Організаційні заходи - це заходи карантинного режиму на території, де було виявлено шкідника, а саме карантинний організм (КО). Встановлюють розмір та межі виявленого вогнища, регламентують перевезення вантажів із карантинної зони, надають інформацію адміністрації та населенню району, де виявляють карантинний організм [54].

Біологічні та біотехнічні методи проводяться за використання ентомопатогенів та ентомофагів, які мають перспективне значення для інтегрованої системи захисту.

- Застосовуються ентомопатогенні нематоди роду *Heterorhabditis* та *Steinernema*, які знищують личинок у ґрунті.
- Гриби-антагоністи (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*) можуть вноситись в ґрунт або на поверхню поля з метою зниження чисельності шкідника.
- Для моніторингу льоту імаго та визначення економічного порогу шкідливості використовуються феромонні пастки, це дозволяє своєчасно приймати рішення щодо доцільності інсектицидних обробок.

Природних ефективних ворогів Діабротики не багато та вони добре допомагають регулювати чисельність шкідника. Ентомопатогенний гриб *Beauveria bassiana*, добре зарекомендував себе, він розвивається всередині дорослої особини жука.

Щоб оцінити весь потенціал шкідливості кукурудзяного жука вчені провели дослідження впливу на *Diabrotica virgifera virgifera* нематод *Steinernema carpocapsae* або *Heterorhabditis bacteriophora* в поєднанні з ґрунтовим інсектицидом тефлутрин, що мало гарні результати випробування. У США ентомофагами *D. v. virgifera* є комахи з родин: *Carabidae* (*Harpalus sp.*), *Braconidae* (*Syrrhizus sp.*), *Tachinidae* (*Celatoria diaroticae*, *Chaetophleps setosa*), *Cantharidae* (*Chauliognathus marginalis*) [55].



Рис.20. Нематоди роду *Heterorhabditis* та *Steinernema* [52, 53]

Хімічний захист є допоміжним елементом у системі боротьби з *D. v. virgifera*, враховуючи високу чисельність популяції.

- Застосовують інсектицидне протруювання насіння препаратами на основі діючих речовин тіаметоксам, імідаклопрід, клотіанідин, щоб захистити сходи рослин.

- У фазу вегетації за масової появи жуків застосовують обприскування посівів препаратами з групи піретроїдів (дельтаметрин, циперметрин) або неонікотиноїдів, дотримуючись обмежень ЄС та національного законодавства України.
- Важливо проводити обприскування в період масового льоту імаго, орієнтуючись на дані феромонного моніторингу, щоб запобігти відкладанню яєць у ґрунт.

Агротехнічні заходи включають дотримання сівозміни, яка є основним і найбільш ефективним методом боротьби із західним кукурудзяним жуком. Уникати повторний висів кукурудзи на одному полі протягом двох та більше років поспіль, оскільки личинки живляться переважно корінням кукурудзи.

Оранка відвальним плугом, малосніжні та холодні зими призводять до більш глибокого промерзання ґрунту і часткової загибелі яєць кукурудзяного жука. Проводять посіви гібридними та стійкими сортами по периферії, вони мають добру регенеративну здатність швидко відновлювати кореневу систему та глибоко проникати в ґрунт. Якщо недотримуватись сівозміни у господарствах чи на присадибних ділянках, кількість личинок карантинного 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 [54].

- Рекомендовано робити перерву у вирощуванні кукурудзи на одному полі щонайменше 3-4 роки.
- У сівозміну слід включати бобові культури та зернові колосові, ріпак, багаторічні трави, дані культури не є кормовими для шкідника.
- Ранній або оптимально ранній строк сівби кукурудзи, дає змогу рослинам швидше пройти найбільш чутливі фази розвитку.
- Глибока зяблева оранка (25–30 см) зменшує чисельність лялечок та лялечкових камер, розміщених у поверхневому шарі ґрунту.

- Оптимізація густоти стояння рослин та збалансоване мінеральне живлення, що сприяє формуванню потужної кореневої системи, більш стійкої до пошкоджень личинками.

За допомогою **системи інтегрованого захисту (ІСЗР)** досягається оптимальний результат, адже поєднується кілька методів:

- дотримання науково обґрунтованої сівозміни;
- моніторинг популяції жуків за допомогою феромонних пасток;
- локальне застосування інсектицидів у періоди критичної чисельності;
- біологічне стримування популяцій із залученням природних ворогів і ентомопатогенів.

Важливо інформувати агровиробників у межах регіональних систем фітосанітарного моніторингу (зокрема, Держпродспоживслужби України), що дозволяє прогнозувати рівень ризику поширення шкідника та координувати профілактичні дії.

Генетичні методи застосовуються у ряді країн – гібриди кукурудзи, які стійкі до пошкодження личинками (Bt-кукурудза). Але в Україні їх комерційне використання не дозволено, тому даний метод має лише теоретичне значення для наукових досліджень.

1.7. Застосування хімічного контролю проти західного кукурудзяного жука

Хімічний метод боротьби з *Diabrotica virgifera virgifera* залишається одним із важливих елементів інтегрованої системи захисту кукурудзи, особливо за умов масового поширення та високої чисельності шкідника. Основна мета застосування інсектицидів полягає у зменшенні щільності популяції жуків-імаго та зниженні відкладання яєць у ґрунт, що сприяє зменшенню шкідливості личинок у наступному вегетаційному періоді.

Відомі опубліковані рекомендації, які стосуються порогових значень обробки на основі протоколів відбору зразків дорослих видів *Diabrotica* та рівня

пошкодження листя для бобів та сої відповідно [56, 55]. Тим не менш, деякі заходи контролю для коренеплодів були випробувані, головним чином обробка насіння, обприскування в борозні та застосування гранульованих пестицидів [58, 57]. Відсутні опубліковані розрахунки внесення пестицидів для картоплі, кукурудзи, квасолі, але їх дозування, скоріше всього має бути високим.

Обробка насіння є неефективним способом боротьби з личинками *D. speciosa* на кукурудзі в Бразилії [60]. Спеціалісти повідомляли, що доволі ефективною обробкою є рідке внесення органофосфатів і фенілпіразолових інсектицидів на кукурудзу та неонікотиноїдів на картоплю [60-62].

Посилання на хімічний контроль *Diabrotica* в Перу, Уругваї та Аргентині дотримуються майже тієї ж тенденції, що рекомендує декілька пестицидів широкого спектру дії для боротьби з дорослими особинами: хлорпірифос, метоміл, інші карбамати, фенітротіон і кілька піретроїдів в більшому чи меншому дозуванні [57, 58].

В основному проводять обробку насіння карбаматами, неонікотиноїдами, такими як тіаметоксам, клотіанідин та імідаклоприд в поєднанні з діамідами (ціантраніліпролом і хлорантраніліпролом) і генетично модифікованою (ГМ) кукурудзою (табл. 1). [59, 60]

Застосування кремнію (Si) допомагає зменшити пошкодження від імаго *D. speciosa* та *Liriomyza spp.* (*Diptera: Agromyzidae*) листових мінерів на органічній картоплі [63].

Гранульоване внесення також виявилось доволі багатообіцяючим, але його не рекомендують через технічні обмеження, що пов'язані з вартістю та ефективністю гранульованих аплікаторів й ризику токсичності.

Також регулятори росту комах (IGR), інсектициди, що перешкоджають розвитку незрілих форм комах, можуть спричиняти ефект стерилізації на дорослих особинах ряду *Coleoptera*, впливаючи на їх плодючість і життєздатність яйцеклітини [64, 65].

Згадки про розвиток резистентності до інсектицидів у південноамериканських комах *Diabrotica* відсутні в літературних джерелах. Тому

може бути вірогідність, що він є, хоч поки і не був виявлений істотно або ще не вивчений добре.

Для контролю чисельності *D. v. virgifera* використовують переважно інсектициди контактної-кишкової дії з груп неонікотиноїдів, піретроїдів та фосфорорганічних сполук. Найчастіше застосовують такі діючі речовини:

- **тіаметоксам, імідаклопрід, клотіанідин** (неонікотиноїди) – для протруєння насіння з метою захисту від личинок на ранніх стадіях розвитку культури;
- **дельтаметрин, циперметрин, лямбда-цигалотрин** (піретроїди) – для обприскування посівів у період масового льоту жуків;
- **хлорпірифос, диметоат** (фосфорорганічні сполуки) – для короточасного зниження чисельності імаго.

Застосування протруєного насіння забезпечує захист проростків і молодих рослин кукурудзи від ушкодження личинками протягом 3-4 тижнів після сходів. У випадках, коли популяція шкідника перевищує економічний поріг шкідливості, доцільним є обприскування посівів у фазі появи імаго (зазвичай у період цвітіння кукурудзи), що дозволяє скоротити кількість самок, здатних відкласти яйця.

Ефективність хімічного контролю значною мірою залежить від своєчасності проведення обробок, що визначається результатами моніторингу чисельності жуків за допомогою феромонних пасток. Обприскування проводять якщо перевищений поріг шкідливості 6-8 жуків на рослину або 35-40 особин на пастку за тиждень.

Найбільш доцільним періодом обробки є масова поява самок імаго, до початку активної яйцекладки. А щоб уникнути забруднення пилком проводять обприскування інсектицидами у вечірні години або після завершення цвітіння.

Внесення препаратів здійснюють наземним обприскуванням або за допомогою авіаційної техніки, дотримуються норм витрати робочого розчину 200–300 л/га для наземного і 25–50 л/га для авіаційного способу.

За правильного вибору строків і препаратів забезпечується зниження чисельності імаго на 70-90% при використанні хімічної обробки. Але

ефективність значною мірою залежить від погодних умов, фази розвитку шкідника та ступеня його резистентності до діючих речовин.

За тривалого використання неонікотиноїдів і піретроїдів у монокультурах кукурудзи в країнах Центральної Європи призвело до формування резистентних популяцій жуків, що потребує чергування інсектицидів з різними механізмами дії (ротації). У зв'язку з обмеженнями Європейського Союзу щодо використання неонікотиноїдів, в Україні рекомендовано застосовувати їх лише за наявності офіційного дозволу та в рамках фітосанітарного нагляду.

Хімічні засоби використовують з дотриманням принципів інтегрованого захисту рослин (ІЗР), згідно з якими хімічний контроль застосовується лише тоді, коли інші методи не забезпечують належного ефекту. Варто враховувати:

- токсичність препаратів для запилювачів, особливо в період цвітіння кукурудзи;
- ризики забруднення ґрунту та водних екосистем;
- необхідність суворого дотримання строків очікування та санітарних норм.

Відповідно до чинного законодавства України та вимог ЄС, всі інсектициди повинні бути зареєстровані та внесені до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, а роботи з їх використання – проводитись лише особами, що мають відповідну підготовку та дозвіл.

1.8. Використання генетично модифікованих культур для боротьби з

Diabrotica

Генетично модифіковані (ГМ) культури є одним з ключових біотехнологічних підходів у системах захисту сільськогосподарських культур від шкідників. У світовій практиці впровадження ГМ-рослин, які експресують білки Cry3Bb1, Cry34/35Ab1, mCry3A тощо, стало важливим інструментом у контролі кореневих шкідників, зокрема західного кукурудзяного жука (WCR) — *Diabrotica virgifera virgifera*. Проте ефективність даної стратегії супроводжується низкою обмежень, включно з розвитком резистентності, регуляторними викликами та специфікою застосування в різних агроекосистемах.

В Південній Америці, зокрема в Бразилії та Аргентині, ГМ-кукурудза, що містить ген *Cry3Bb1*, була впроваджена з 2010 року [68]. Наприклад, у Бразилії до ~90 % посівів кукурудзи становлять трансгенні культури, в Аргентині – до ~96 % (переважно для боротьби із лускокрилими, але також використовувалися лінії проти личинок *Diabrotica speciosa*). На польових випробуваннях було встановлено, що рівень пошкодження коренів у трансгенних ліній був нижчим за економічний поріг, а врожайність була на 2-5 % вищою, ніж у сприйнятливих аналогів.

Для *Diabrotica speciosa* випробовували лінії кукурудзи з генами *Cry3Bb1* і *Cry1Ab* (тепличні тести Аргентина, 2004 р.). [48] Високоєфективними виявилися генотипи з *Cry3Bb1* проти личинок *D. Speciosa* – менша кількість личинок в ризосфері, менше ушкодження коренів. Однак комерціалізації деяких трансгенних ліній (наприклад, картоплі з Chr *Cry3A* + *Cry1Aa1*) так і не відбулося.

Хоча на південноамериканському континенті здебільшого мова йшла про *D. speciosa*, існує потенціал для застосування аналогічних трансгенних стратегій і проти WCR (*D. virgifera virgifera*). У Північній Америці вже комерційно використовувалися культури з *Cry3Bb1*, MON 863, MON 88017, MIR604 тощо. Однак важливо враховувати, що ці лінії не повністю відповідають «високій дозі» (high dose), тобто не гарантовано 99,99 % смертності чутливих особин. Це створює ризик розвитку резистентності. [69]

Посилаючись на дослідження [69] WCR може швидко адаптуватись до таких трансгенних культур: наприклад, у США зафіксований розвиток польової резистентності до *Cry3Bb1*-кукурудзи після тривалого використання. [69]

Переваги:

- Зниження механічного пошкодження кореневої системи: рослини виробляють токсин, який пригнічує личинки під землею, зменшуючи шкоду, пов'язану з кореневою системою.

- Полегшення агротехнічного навантаження: зменшується потреба у ґрунтових чи наземних обробках інсектицидами, що може бути екологічно та економічно вигідно.

- Підвищення врожайності та зменшення витрат: у деяких дослідженнях трансгенні культури демонстрували вищу врожайність (~2-5 %) порівняно зі звичайними лініями.

Обмеження:

- Ризик розвитку резистентності: західний кукурудзяний жук виявляє здатність до швидкої адаптації. Наприклад, дослідження показали, що всі поля, вивчені в Айові, США, мали популяції з резистентністю до Cry3Bb1 незалежно від історії обробки. [70]

- Недостатня дія «high dose/refuge» стратегії: через те, що трансгенні лінії не завжди забезпечують високий рівень токсину, гетерозиготні особини можуть виживати, що пришвидшує розвиток резистентності. [69]

- Регуляторні обмеження та репутаційні питання: у ЄС застосування ГМ-культур (зокрема кукурудзи) суворо регламентоване або взагалі заборонене для комерційного вирощування в багатьох країнах – це обмежує їх використання в Україні та регіоні.

- Адаптація місцевих популяцій: методи, що успішні в Південній чи Північній Америці, не завжди безпосередньо застосовні до Європи та України через відмінності в агроекосистемах, кліматі, біології шкідника та практиці сівозміни.

Для регіону України необхідно врахувати наступні положення при розгляді можливості впровадження ГМ-кукурудзи проти західного кукурудзяного жука:

1. **Інтегроване управління шкідником (ІРМ):** трансгенні культури мають використовуватись як компонент системи, а не як єдиний метод. Сівозміна, моніторинг, біоагенти, агротехнічні заходи мають бути обов'язковими.

2. **Обов'язковий моніторинг резистентності:** за умови застосування ГМ-ліній, необхідно проводити регулярний моніторинг на наявність резистентних популяцій кукурудзяного жука, використовуючи біотести, LC_{50} (летальна концентрація) та кореневі індекси.

3. **Стратегія «refuge» (незахищені смуги):** навіть при вирощуванні трансгенних ліній повинна бути передбачена зона посіву звичайної культури для забезпечення популяції чутливих комах.

4. **Адаптація до регіональних особливостей:** дослідження на місцевих польових ділянках для оцінки ефективності конкретних генотипів у кліматичних, ґрунтових та агротехнічних умовах України.

5. **Регуляторна база та приписи:** необхідно враховувати діючу нормативну базу України та ЄС щодо ГМ-культур, а також можливі ризики репутаційні, ринкові (експорт), етичні.

6. **Альтернативні шляхи:** зважаючи на ризики та обмеження, розглядати паралельно розвиток інших технологій (наприклад, RNAi-технологій, ентомопатогенів) як резерв на випадок втрати ефективності ГМ-культур.

1.9. Використання стійких рослин проти *Diabrotica*

Використання стійких сортів і гібридів кукурудзи є одним із найважливіших елементів інтегрованої системи захисту культури від шкідників, зокрема від західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Селекційні підходи, спрямовані на створення генотипів із підвищеною стійкістю до пошкодження кореневої системи личинками цього виду, розглядаються як екологічно безпечна альтернатива або доповнення до хімічного контролю. Основна ідея полягає у здатності певних ліній кукурудзи протистояти пошкодженню завдяки морфологічним, анатомічним або біохімічним особливостям, що зменшують привабливість рослин для шкідника чи перешкоджають його розвитку.

Стійкість до *Diabrotica* може мати як толерантний, так і антибіотичний характер. Толерантність передбачає здатність рослини компенсувати втрати внаслідок пошкодження, наприклад, завдяки розвиненій вторинній кореневій системі або швидкому відновленню росту після ушкоджень. Антибіотична стійкість проявляється у зниженні виживання або темпів розвитку личинок у

результаті наявності в тканинах рослини токсичних або антипоживних речовин, а також щільнішої структури коренів, яка ускладнює їх живлення.

Експерименти в США вказують на те, що певні генотипи кукурудзи виражали природний антибіоз, який значно зменшив живлення західного кукурудзяного жука в порівнянні 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 (Таб.1). [71]

Дослідження різних генотипів кукурудзи виявили, що існують помітні відмінності у рівні пошкодження коренів навіть серед звичайних (не трансгенних) сортів. Зокрема, гібриди з потужною та розгалуженою кореневою системою показують меншу сприйнятливості до личинок *Діабротики*, оскільки навіть часткове ушкодження не призводить до значних втрат урожайності. Сорти, які формують додаткові придаткові корені, краще утримують рослину у вертикальному положенні, що знижує ризик вилягання – одного з найпоширеніших наслідків діяльності шкідника.

Важливу роль у стійкості відіграють також біохімічні чинники, зокрема наявність фенольних сполук, лігніну, кремнію та ін. метаболітів, які підвищують механічну міцність тканин або змінюють смакові якості рослини для ШО. Деякі дослідження показали, що вміст фенольних речовин у коренях може корелювати зі зниженням привабливості кукурудзи для личинок *D. virgifera virgifera*. Водночас виявлено, що вплив таких чинників є комплексним і залежить не лише від генотипу, а й від стану ґрунту, погодних факторів та умов вирощування [72].

У майбутньому використання стійких сортів кукурудзи може стати важливим компонентом інтегрованого управління західного кукурудзяного жука в Україні, особливо в контексті обмеження застосування неонікотиноїдів і посилення вимог до екологічної безпеки ЗЗР. Поєднання генетично обумовленої стійкості з агротехнічними методами (дотримання сівозміни, правильні строки сівби, підтримання оптимальної структури ґрунту) та моніторингом популяції шкідника може забезпечити стабільне зниження шкідливості без надмірного

використання хімічних препаратів. Таким чином, селекція на стійкість є стратегічним напрямом у розвитку екологічно орієнтованих систем захисту кукурудзи та відповідає сучасним принципам сталого землеробства [74].

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

Враховуючи, велику кількість видів роду *Diabrotica* і те, наскільки поширені деякі види, для всього роду відомо лише п'ять видів паразитоїдів [77].

Виникає припущення, що дефіцит паразитоїдів у дорослих представників роду пояснюється накопиченням кукурбітацинів у жирових тканинах [78]. Ці тритерпени 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* [77].

Контроль популяцій Western corn rootworm за допомогою методів біологічного захисту набуває дедалі більшої ваги в умовах зростання резистентності до хімічних засобів та підвищених вимог до екологічної безпеки агровиробництва. У ряді досліджень доведено, що ентомопатогенні нематоди, гриби-патогени комах, а також інші біоагенти можуть бути ефективно інтегровані в систему захисту кукурудзи, знижуючи чисельність личинок західного кукурудзяного жука, ушкодження кореневої системи та, як наслідок, – втрати врожаю. Наприклад, дослідження Važok et al. (2021) [79] показало, що використання ентомопатогенних грибів і нематод має «високий потенціал» для зменшення чисельності личинок кукурудзяного жука у більшості європейських ґрунтів.

Ентомопатогенні нематоди роду *Heterorhabditis bacteriophora* та *Steinernema feltiae* вивчені як агенти біологічного контролю ЗКЖ: польові експерименти в Австрії, Німеччині та Угорщині (2009-2011 рр.) показали, що внесення *H. bacteriophora* під час сівби кукурудзи дозволяло зберегти життєздатність нематод у ґрунті протягом щонайменше шести тижнів та сприяти зниженню чисельності

личинок шкідника [80]. Згідно з цими дослідженнями оптимальна доза становила приблизно $2-3 \times 10^9$ інвазивних особин/га [80].

Також ентомопатогенні гриби, наприклад *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*, були випробувані проти личинок західного кукурудзяного жука. Наприклад, Meissle (2009) вивчав добір грибів проти імаго і підтвердив їх здатність інфікувати личинок при лабораторних умовах. У більш свіжому дослідженні (2023) [81] було встановлено, що застосування таких грибів і нематод пропонує можливість зменшення застосування хімічних інсектицидів. [82]

Для практичного впровадження біологічного контролю проти ЗКЖ має враховуватись ряд критичних чинників. По-перше, обраний біоагент повинен бути здатен виживати та діяти в ґрунтово-кліматичних умовах конкретного регіону (текстура ґрунту, вологість, температура, наявність попередника тощо). Наприклад, польові випробування показали, що у більш піщаних ґрунтах нематоди зберігали життєздатність краще, ніж у глинистих чи суглинкових [80]. По-друге, час і спосіб внесення мають бути узгоджені з фазою розвитку шкідника: внесення нематод під час сівби кукурудзи, коли яйця ще перебувають у діапаузі, забезпечує контакт із личинками на момент їх виходу.

Моніторинг чисельності шкідника, оцінка шкоди кореневій системі (наприклад, за шкалою nodeinjury) та контроль за ефективністю біоконтролю є також невід'ємною частиною системи.

Враховуючи українські умови вирощування кукурудзи, застосування методів біологічного контролю діабротики має бути інтегроване та адаптоване до місцевих агроєкосистем. Рекомендується проводити пілотні дослідження з нематодами або грибами на дослідних ділянках, щоб оцінити виживання агента, вплив на личинок *D. virgifera virgifera*, ступінь пошкодження кореневої системи та врожайність протягом кількох років. Таким чином, біологічні методи можуть стати важливою складовою екологічно орієнтованої системи захисту кукурудзи від *Diabrotica virgifera virgifera*, сприяючи зниженню використання хімікатів,

підтриманню структурної стійкості агроценозів і збереженню ґрунтової та ентомофауни.

Згадки про хижаків личинок або паразитоїдів південноамериканського виду *Diabrotica* відсутні. Однак враховуючи, широкий спектр хижаків, виявлених проти західного кукурудзяного жука в Північній Америці [72], можна сподіватись, що існують хижаки яєць і личинок, які ще будуть виявлені. Були знайдені личинки Діабротики, що мають потужний захист гемолімфи від хижаків [83], який також може бути присутнім в інших *Diabrotica spp.* На сьогодні відомо, що два види паразитів, *Celatoria bosqi* (Diptera: Tachinidae) та *Centistes gasseni* (Hymenoptera: Braconidae), паразитують на *D. speciosa* та *D. viridula*.

Завдяки лабораторним та польовим дослідженням біологічних препаратів ентомоцидної дії *Bacillus thuringiensis* (штам 32/2), *Beauveria bassiana* та біопрепарату Бітоксубацилін проти *Diabrotica virgifera virgifera* встановлено здатність викликати значну смертність личинок та імаго шкідника [84].

Рівень природного паразитизму в *Diabrotica speciosa* становить від 1 до 28%, а в рідкісних випадках понад 30% [83]. Крім того, більш високі рівні паразитизму завжди реєструються ближче до кінця вегетаційного періоду, коли завдано більшої шкоди посівам, що свідчить про те, що природній рівень контролю не має великого значення для боротьби зі шкідниками [83]. [76].

Біологічний захист з допомогою ентомопатогенів та нематод пропонує іншу перспективу з кількома багатообіцяючими лабораторними та тепличними результатами. Кілька штамів *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* (Hypocreales: Cordycipitaceae) і *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) були доволі ефективними проти личинок *Diabrotica virgifera virgifera* протягом 21 дня після застосування [85]. Схожі 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.

За дослідями з лабораторії, Бразильські штами *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Clavicipitaceae) та *Purpureocillium lilacinum* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) також вбивали яйця цих видів [85]. Двадцять штамів ентомопатологічних грибів (*B. bassiana*, *M. anisopliae* і *P. lilacinum*) були колонізовані як ендofіти у тютюні з північної Аргентини. Однак тести не показали суттєвих відмінностей між годуванням імаго *D. speciosa* обробленими рослинами та рослинами без ендofітів [85] (Таб. 1). Кілька досліджень також було зроблено у польових умовах для біологічного контролю *D. speciosa* у виробничих системах [85].

Красномовними були результати 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) [86] 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* Poinar (Rhabditida: Heterorhabditidae) були такими ж ефективними, як і тефлутрин, у боротьбі з *D. virgifera virgifera* на посівах кукурудзи та з тривалим ефектом дії в ґрунті [82]. 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 JPM04, *Steinernema glaseri* і *Heterorhabditis amazonensis* на личинках і лялечках, в той час як яйця не зазнали пошкоджень [82]. Вважається, що ці нематоди мають великий потенціал для боротьби з *D. speciosa* на зрошуваній кукурудзі та картоплі [80] (табл. 1). Ентомопатогенні нематоди надають перевагу кореням

кукурудзи, коли ними живляться види Діабротики, через виробництво хімічної речовини - (E)- β -каріофілен, певні бактерії, що колонізують корені [83].

Аналізуючи дані, наведених у таблиці 3, можемо стверджувати, що різні методи біологічного контролю *Diabrotica virgifera virgifera* демонструють нерівномірну ефективність, яка залежить як від біологічних властивостей використаних організмів, так і від умов середовища. Найвищі показники зниження чисельності личинок відзначені при застосуванні ентомопатогенних нематод родів *Heterorhabditis* та *Steinernema*, які забезпечують у середньому 60–80% зниження чисельності шкідника. Їх перевагою є можливість цілеспрямованого внесення у ґрунт під час сівби кукурудзи, що забезпечує контакт нематод із личинками в критичний момент їх активного живлення. Однак їх ефективність значною мірою залежить від вологості та температури ґрунту: у посушливих умовах або при зниженні температури нижче 12 °C активність нематод різко зменшується.

Ентомопатогенні гриби, такі як *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*, показують 50–75% зниження чисельності личинок, що дещо нижче в порівнянні з нематодами. Однак їхня перевага - тривалість дії, оскільки гриби здатні формувати стійкі популяції в ризосфері коренів кукурудзи та заражати личинок протягом тривалого періоду. Обмежувальним фактором є чутливість грибів до ультрафіолету та необхідність підтримання певного рівня вологості ґрунту.

Різні штами *Bacillus thuringiensis*, мають відносно нижчу ефективність (30–50%), через швидке руйнування у ґрунтовому середовищі та обмежений контактний вплив на личинок шкідника. Їх доцільно застосовувати у складі комбінованих систем контролю. Найвищий рівень ефективності – до 70–90% – досягається при поєднанні ентомопатогенних нематод і грибів, що пояснюється синергічним ефектом цих організмів: нематоли забезпечують первинне зараження та створюють мікропошкодження на зовнішніх покриттях личинок, що сприяє легшому проникненню грибів у тканини шкідника. Однак така стратегія має вищу собівартість і вимагає ретельного планування внесення та врахування погодних умов.

Таблиця 3. Порівняльна ефективність різних методів біологічного контролю *D. v. virgifera*

Метод	Середнє зниження чисельності личинок	Переваги	Недоліки	Найефективніше поєднання
Ентомопатогенні нематоди (<i>Heterorhabditis</i> , <i>Steinernema</i>)	60–80%	Можливість внесення під час сівби, висока специфічність	Залежність від вологості ґрунту, температура < 12°C знижує активність	Нематоди + феромонний моніторинг
Ентомопатогенні гриби (<i>Beauveria</i> , <i>Metarhizium</i>)	50–75%	Довготривала дія, можливість природного розмноження	Чутливі до ультрафіолету, потрібна волога	Гриби + сівозміна
Бактеріальні агенти (<i>Bacillus thuringiensis</i> у ризосфері)	30–50%	Екологічна безпека, легке внесення	Менша стабільність у ґрунті	В комбінації з Вt-кукурудзою
Поєднання грибів і нематод	70–90%	Синергічний ефект, зниження виживання личинок	Вища вартість застосування	Оптимально при високій чисельності шкідника

II. Методика проведення досліджень

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Одеська область – прикордонний та приморський субрегіон України, розташований на крайньому південному заході країни. На півдні вона омивається Чорним морем, має морське та лиманне узбережжя від гирла Дунаю до Тилігульського лиману із загальною протяжністю близько 300 км. [87]

Площа області становить близько 33,3 тис. км², що становить приблизно 5,5 % території України. Земельний фонд області – близько 3,331 тис. га, з яких приблизно 2,594,5 тис. га або 78 % становлять сільськогосподарські угіддя, з них близько 2,076,5 тис. га припадає на рілля.

Регіон має досить різноманітний рельєф: його північна частина відноситься до лісостепової зони, а південна до степової. Ґрунти характеризуються переважно звичайними та південними чорноземами, на північних ділянках менше гумусових ґрунтів-чорноземів і опідзолених ґрунтів.

В області помірно-континентальний клімат із помітним впливом морського узбережжя. Зими м'які та малосніжні, середня температура січня варіює від ~-2 °С на півдні до ~-5 °С на півночі, літо спекотне і сухе, середня температура липня від +21 °С на північному заході до +24 °С на півдні. [87] Кількість опадів становить від 340 мм на півдні до 460 мм на півночі області, вегетаційний без морозний період триває приблизно 180-210 днів.

Сільськогосподарські угіддя складають значну частину території регіону, що робить область одним із важливих аграрних регіонів України. При цьому специфіка клімату, ґрунтів та наявність морського узбережжя надає свої переваги (наприклад, вирощування степових культур, виноградарство), та певні недоліки, які стосуються систем зрошення та пом'якшення посух. [88]

Досліди проводились в Березівському районі на посівах, які належать ТОВ НАДІМ 2016. Березівський район був утворений в Одеській області 17 липня 2020 року. Його адміністративним центром є місто Березівка. За розмірами площі це другий район в Одеській області після Подільського [90] та шостий з семи

районів області за кількістю населення. Має найнижчу в області щільність населення [90], 9,5 тис. осіб (2021р). Він також входить у десятку районів з найменшою щільністю населення серед усіх районів України. [90]

Він розташований в північно-східній частині Одеської області. Рельєф має підвищені хвилясту рівнину Причорноморського Подолу. Район розташовується у межах Дністровсько-Дніпровської північностепової фізико-географічної провінції, а північно-східні околиці – в межах Причорноморської середньостепової [91]. Територія району лежала на Причорноморській низовині, це плоскохвиляста та середньохвиляста лісова рівнина з абсолютними висотами 100-150м, вона розчленована широкими долинами, а на південному сході степовими блюдцями. В Березівському районі дуже розвинуті ерозійні процеси, яри та балки. [92]

Серед ґрунтів найпоширеніші – чорноземи звичайні, середньо- та малогумусні, лучно-чорноземні та дернові оглеєні глинисто-піщані ґрунти у долині Тилігулу [91].

Територія району має багато природних лісів та штучних лісових насаджень. Серед деревних порід переважають дуб, сосна, горіх, в'яз, гледичія та біла акація.

Таблиця 4. Основні природно-географічні характеристики Одеської області

Показник	Характеристика	Джерело
Площа області	33,3 тис. км ² (бл. 5,5 % території України)	Паспорт Одеської області, ОДА
Адміністративне розташування	Південний захід України; межує з Молдовою та Румунією, вихід до Чорного моря	Одеська обласна рада
Довжина морського узбережжя	~300 км	ОДА
Сільськогосподарські угіддя	~2,594,5 тис. га (~78% площі області)	Регіональний земельний фонд
Площа ріллі	~2,076,5 тис. га (~80% всіх с/г угідь)	Держгеокадастр
Типи ґрунтів	Переважно чорноземи: звичайні, південні, місцями опідзолені; у прибережних районах – каштанові ґрунти, солонцюваті комплекси	Інститут ґрунтознавства та агрохімії УААН
Рельєф	Переважно рівнинний степовий; у північних районах – хвиляста лесова рівнина; у Придунайському районі – низовинний, частково заболочений	Географічний атлас України
Клімат	Помірно континентальний, з впливом Чорного моря	Укргідрометцентр

Показник	Характеристика	Джерело
Середня температура повітря	+9...+10 °С за рік	Укргідрометцентр
Середня температура січня	від –2 °С (південь) до –5 °С (північ)	Укргідрометцентр
Середня температура липня	від +21 °С (північний захід) до +24 °С (південь та узбережжя)	Укргідрометцентр
Річна кількість опадів	340–460 мм (менше на півдні, більше на півночі)	Кліматичний паспорт області
Тривалість вегетаційного періоду (> +10 °С)	≈180–210 днів	Укргідрометцентр
Стратегічні галузі АПК	Зернові (пшениця, ячмінь, кукурудза), соняшник, ріпак, овочі відкритого ґрунту, виноградарство, садівництво	Мінагрополітики

2.2 Матеріали та методи дослідження

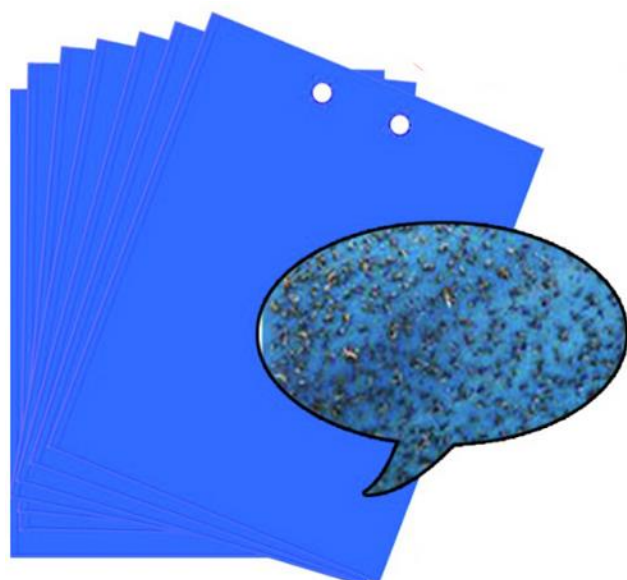
В основу дослідження взято фітосанітарний моніторинг на території Одеської області, Березівський район, ТОВ «НАДІМ 2016». Спостереження за карантинним шкідливим організмом включає в себе проведення весняних та літніх обстежень середовищ вирощування кукурудзи. 315 проб, з яких 212 проби імаго, а решта 103 шт – це проби личинок. Облік західного кукурудзяного жука було проведено на тих полях, де вирощувалась лише кукурудза останні 3 та більше років. З більшою ретельністю обстежувались поля, які розташовані ближче до автошляхів. Там були виявлені зразки карантинного організму на всіх стадіях розвитку. Ознаки за якими було їх розпізнано: пожовтіння рослин, відставання у рості, пошкодження кореневої системи, яке не помітне відразу.

Саме через це дана ознака вділяється наприкінці літа, адже кукурудза, що має пошкоджену кореневу систему починає вилягати. Тому були проведені регулярні огляди та розкопки ґрунту.

Шкідники були виявлені на молодих качанах кукурудзи, спочатку моменту цвітіння рослин, а також на волоті, стеблах, листі. Жуки відловлені на клейові пастки з атрактантом та без нього, були використані жовті (рис. 20), прозорі та сині клейові пастки.



Рис. 21. Жовті та сині клейові пастки [25, 90]



Клей пестифікс використовувався для відловлення жуків на феромонну пастку. Найбільш ефективними виявились пастки панельного типу та круглої форми. В якості атрактанту був використаний 4-метоксифенетанол.

Пастки розміщувались з розрахунку 1 шт на 5га, вони були встановлені на рівні качана. Вкладки вибиралась кожні 8-10 днів, а самі капсули з феромонами змінювали кожні 4-5 тижнів.

Проводили візуальний огляд кореневої системи на наявність личинок та яєць за допомогою методу розкопки ділянок. Їх розміщували на полях рівномірно, вони охоплювали краї, середину та особливу увагу приділяли ослабленим рослинам, які відстають у рості. Проби на самих ділянках, що підлягають розкопкам розміщували як «конверт», а на ділянках довгих та вузьких розташування проб було «змійкою».



Рис.22. Клейова феромонна пастка для відлову *Diabrotica virgifera virgifera* [24]

2.3. Методика обліку кукурудзяного західного жука

Моніторинг чисельності імаго *Diabrotica virgifera virgifera* є ключовим елементом контролю та прогнозування шкідливості даного ШО в агроценозах кукурудзи. Оскільки інтенсивність льоту та рівень заселення посівів значною мірою визначають подальшу шкідливість личинок, правильна організація системи обліку має принципове значення для прийняття рішень для застосування засобів захисту рослин.

Для проведення обліків на дослідних ділянках використовували два типи пасток:

1. Феромонні пастки, які забезпечують переважне вилучення самців за рахунок дії синтетичного статевого феромону самиці.
2. Жовті клейові панельні пастки, що діють як візуальний приваблюючий сигнал та затримують як самців, так і самок.

Відповідно до методичних рекомендацій Держпродспоживслужби України, для сигнального моніторингу рекомендується розміщувати 1 феромонну пастку на 5 га посівів кукурудзи, тоді як кількість жовтих пасток становить 10-12 пасток незалежно від площі поля, оскільки вони застосовуються передусім для визначення загального фонового рівня чисельності імаго.

У нашому досліді було обрано три експериментальні ділянки посівів кукурудзи, розташованих на відстані не менше 1 км одна від одної, що дозволяло виключити перехід комах між ділянками й забезпечувало незалежність результатів спостережень. На кожній ділянці 25 x 25 м розміщували різну кількість пасток:

Дослідна ділянка	Кількість феромонних пасток	Кількість жовтих пасток
Варіант 1	3	3
Варіант 2	6	6
Варіант 3	9	9

За високого рівня чисельності *D. virgifera virgifera* 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 5га посівів кукурудзи. Для оптимізації кількості застосованих феромонних пасток, щоб визначити динаміку льоту та чисельності імаго на трьох дослідних ділянках з посівами кукурудзи, що були розташовані на відстані не менше 1км одна від одної у низинній агрокліматичній зоні (Березівський 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 3м 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 30х20 см, до якої у верхній частині прикріплювалась капсула із 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 30х20 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 ЗКЖ, виловлених у варіантах з різною кількістю феромонних і жовтих клейових пасток, результати були оброблені статистичним методом дисперсійного аналізу за відсутності деяких повторів у варіантах.

III. Результати дослідження

На території України чисельність та шкідливість ЗКЖ коливається рік від року і залежить від спеціалізації господарств та їх можливостей вирощувати кукурудзу.

Протягом 2021-2022 рр. вогнища фітофага були виявлені в нових регіонах України. Зокрема, розселення імаго спостерігали на території 15 областей (в порівнянні з 2018-2019 рр., на території 9 областей). Шкідника було відловлено у Київській, Кіровоградській, Сумській, Черкаській, Чернігівській та Вінницькій областях.

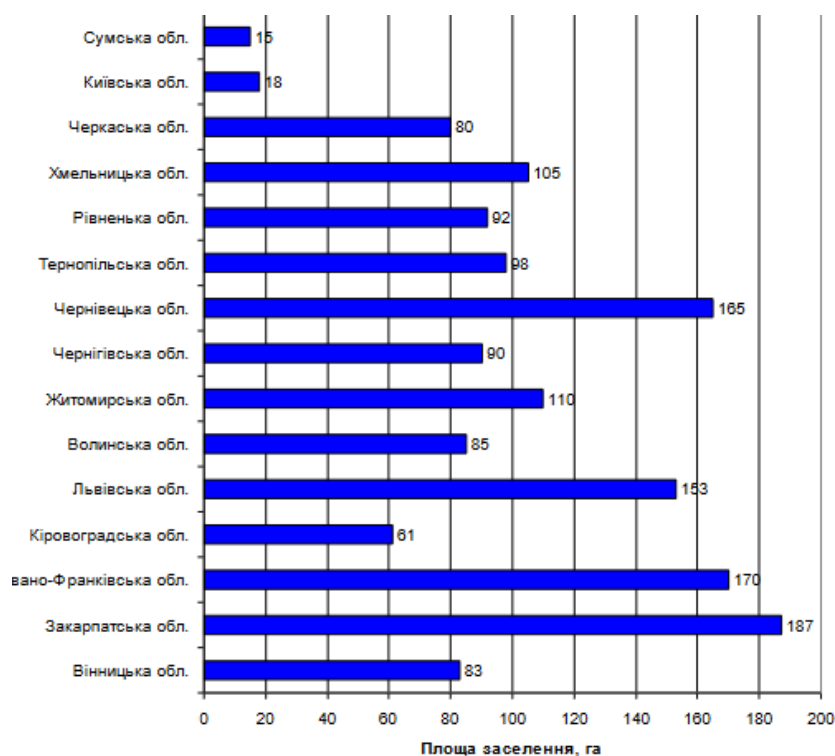


Рис. 23. Поширення західного кукурудзяного жука на території України в 2023-2025 рр.[95]

Західний кукурудзяний жук поширюється в середньому на 30 – 40 км на рік, шляхом природних перельотів або з транспортними засобами чи залізничними перевезеннями разом із зерном. За прогнозами фахівців через 5-6 років діабротика може заселити всі агроценози придатні для його розвитку, а саме кукурудзи [95].

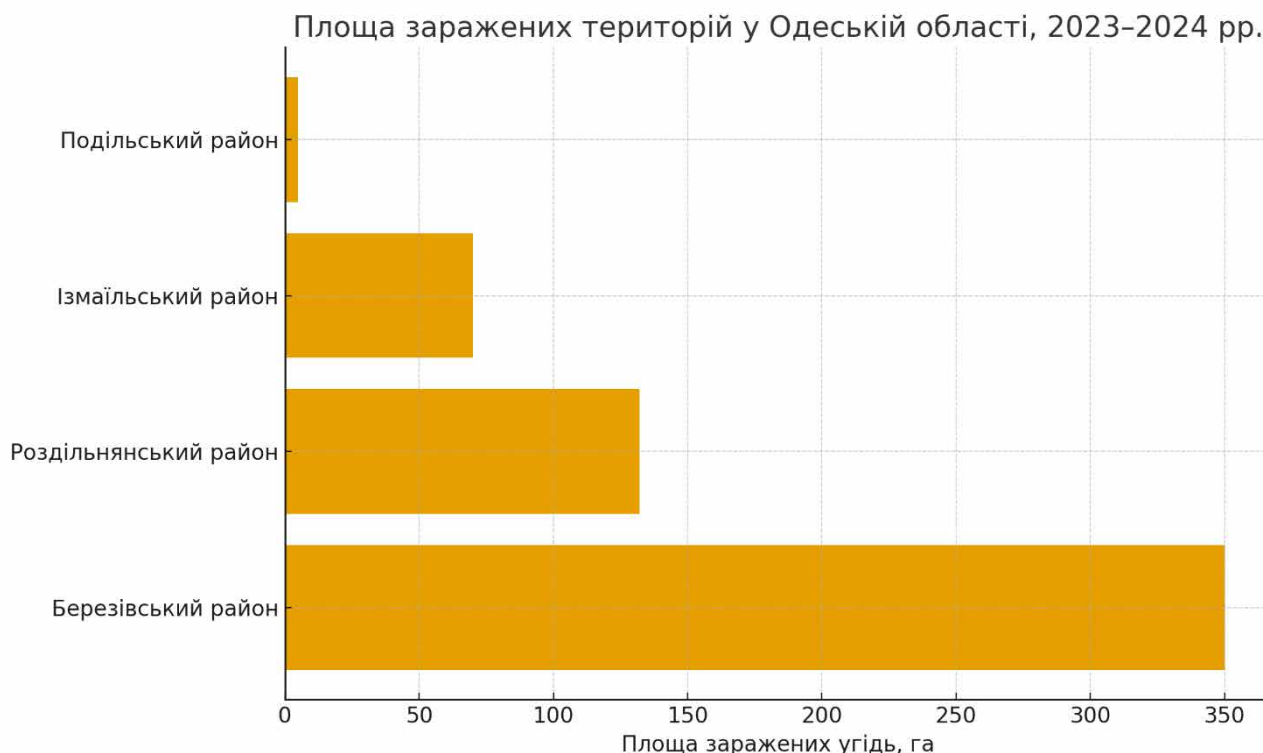


Рис. 24. Площа заражених територій західним кукурудзяним жуком (*Diabrotica virgifera virgifera*) в адміністративних районах Одеської області у 2023–2024 рр., га..[96]

Аналіз вирощуваних площ кукурудзи, заселених *D. virgifera virgifera* в районах Одеської області у 2023-2024 рр. свідчить, що найбільш зараженими фітофагом були території в межах Березівського району – майже 350 га; Роздільнянського -132 га, Ізмаїльського - 70 га та Подільського -5 га райони. У 2025 р. площі заселення збільшувалися. Проте посушливе літо і значна мінімальна кількість опадів спонукали шкідника до пошуку корму у більш північних регіонах області.

На присадибних ділянках домогосподарств облік жуків не проводили. У 2023-2024 рр. тільки у 4 районах області було виявлено вогнища зараження західним кукурудзяним жуком. Природно-кліматичні умови Одеської області сприятливі для розповсюдження *D. virgifera virgifera*, що має супроводжуватись постійним моніторингом появи вогнищ розповсюдження. За період спостережень фітофаг заселив поля прилеглі до заплав річок та низовинні місця [84]. В межах

районів у 2022 р. інвазія майже не спостерігалась в межах районів та було помічено помірне збільшення чисельності на охопленій території. В Роздільнянському та Ізмаїльському районах відмічали поширення ЗКЖ вздовж траси [81]. Температурні умови Одеської області сприяють розвитку західного кукурудзяного жука. В ході досліджень було встановлено, що початок льоту жуків шкідника відбувається за суми ефективних температур ($\sum t_{\text{еф}}$) вище 15 °С в межах 750-850°С °С.

Дорослі особини заселяли посівні площі від першої декади липня до третьої декади жовтня. На початок льоту відмічалось 6 екземплярів на рослину. А пік їхньої чисельності був зафіксований у третій декаді липня, коли сума температур ($\sum t_{\text{еф}}$) складала 880-960 °С. На той час відмічено було 35 екз./ рослину. Згодом після максимального льоту жуків спостерігалось поступове спадання чисельності. В першій декаді серпня інтенсивність льоту зменшилась до 20,5%, а першій декаді вересня літ імаго знизився на 10%.

Відкладання яєць почалось через два тижні після початку льоту імаго. Самка в першій декаді серпня відкладає близько 15% яєць, а в третій декаді вони близько 25%. Яйця відкладені самками у ґрунт на глибину до 25см, який прогрівся до температури 20 °С, мали низький шанс вижити на наступний рік. До закінчення льоту західного кукурудзяного жука, самки можуть реалізувати свій репродуктивний потенціал лише на 50%, що відбувається в третій декаді жовтня. Основними критеріями є температура ґрунту та повітря. За допомогою цих чинників доходимо до розуміння чому за кілька років існування карантинного організму на території Одеської області не вдалось виявити личинок.

Коли ґрунт прогрівається до температури від 14 °С, відбувається відновлення життєздатності яєць, які перезимували, а в другій декаді травня у результаті подальшого прогрівання починається відродження личинок. Розвиток доволі розтягнутий в часі тому триватиме десь до першої декади липня. Літературні дані свідчать, що перші личинки можуть з'являтися за температури 11-12 °С [74].

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

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

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

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 45 ДМС, Харківський 43 М (Донор М), 1915М (Індустрія М, Любава МВ, Штандарт).

На пошкодженість кукурудзи діабротикою 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 – ДКС 3476, Дельфін, ЕС Пароллі, ДКС 3871; середньостиглі – НК Джитаго, ЕС ЛАЙМС, НК Делітоп. Дані гібриди доволі стійкі до пошкодженості імаго, мають гарну врожайність та за більшого пошкодження більш стійкі в порівнянні з середнім у групі. Додатково проведені в 2022 р. дослідження попередньо відібраних гібридів різної стійкості до кукурудзяного жука 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 урожайність непошкоджених рослин високо стійких та стійких гібридів була на 0,32-0,68 т/га більшою, ніж пошкоджених, середньо стійких – 0,26-0,37 т/га. Вирощування стійких гібридів в 2022 році в умовах підвищеної чисельності ЗКЖ забезпечило збереження 9-11% врожаю.

Таблиця 6. Пошкодженість паростків кукурудзи личинками *Diabrotica virgifera virgifera* 2023-2024 рр.

(Одеська обл., Березівський р-н, ТОВ НАДІМ, 2016 р.)

Гібрид	Строк сівби		
	I (8-10°C)*	II (10-12°C)	III (12-14 °C)
	Пошкодженість, %		
ДКС 3476	10,4	13,7	15,7
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

Стійким 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 модифікаційну роль стосовно ЗКЖ. 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 жука.

Личинки ЗКЖ 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.

За даними з таблиці 6 найнижчий рівень пошкодженості сходів рослин західного кукурудзяного жука був на ранніх строках сівби кукурудзи (12.04-20.04) – 5,1% у гібриду Сенсор.

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

На пізніх строках сівби рослини більш пошкоджені. Сорти ДМС 4010 та ДМ Санрайз пошкоджені на 22,9% і 21,9%. За відтермінування посівів на 18-19 діб пошкодженість рослин збільшується до 40%.

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

Для фіксації початку льоту імаго ЗКЖ в третій декаді червня 2024-25 рр. на ділянках, де проводились досліди та вирощувалась 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 нижче.

Таблиця 5. Середня кількість імаго *D. virgifera virgifera*, виловлених різними типами пасток у 2024-25 рр. (Одеська обл., Березівський р-н, ТОВ НАДІМ, 2016 р.)

І феромонні, і клейові типи пасток відловили за сезон різну кількість імаго. Щоб встановити наскільки істотними є різниці у чисельності жуків у різних

Дата обліків	Виловлено імаго, екз/пастка					
	Феромонні пастки			Жовті клейові пастки		
	3 пастки	6 пасток	9 пасток	3 пастки	6 пасток	9 пасток
24.07	78,0	83,3	89,0	6,9	10,9	7,3
01.08	61,5	49,0	69,0	7,9	8,5	10
09.08	143,0	210,5	265,0	34,5	19,0	52,3
17.08	172,0	117,5	219,0	29,2	12,1	99,9
25.08	253,0	355,0	279,0	38	13,6	120,2
2.09	190,0	234,0	289,6	27,6	29,8	69,9
10.09	425,0	505,0	430,0	10,4	17,1	83,8
18.09	260,0	409,2	420,5	27,5	20,2	50,5
26.09	85,0	75,7	49,6	1,3	4,0	2,5
Разом	1667,5	2039,2	2110,7	183,3	115,2	496,4

варіантах результати досліджень були оброблені статистично. Дисперсійний

$P=0,95$	$F_{0,05 \text{ факт}}$	8,87	134,97
	$F_{0,05 \text{ табл.}}$	4,74	4,74
	$HP_{0,05}$	174	75

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 $HP_{0,05}$ 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 суттєва різниця між чисельністю жуків виловлених 3 та 6 пастками і чисельністю імаго виловлених 9 пастками.

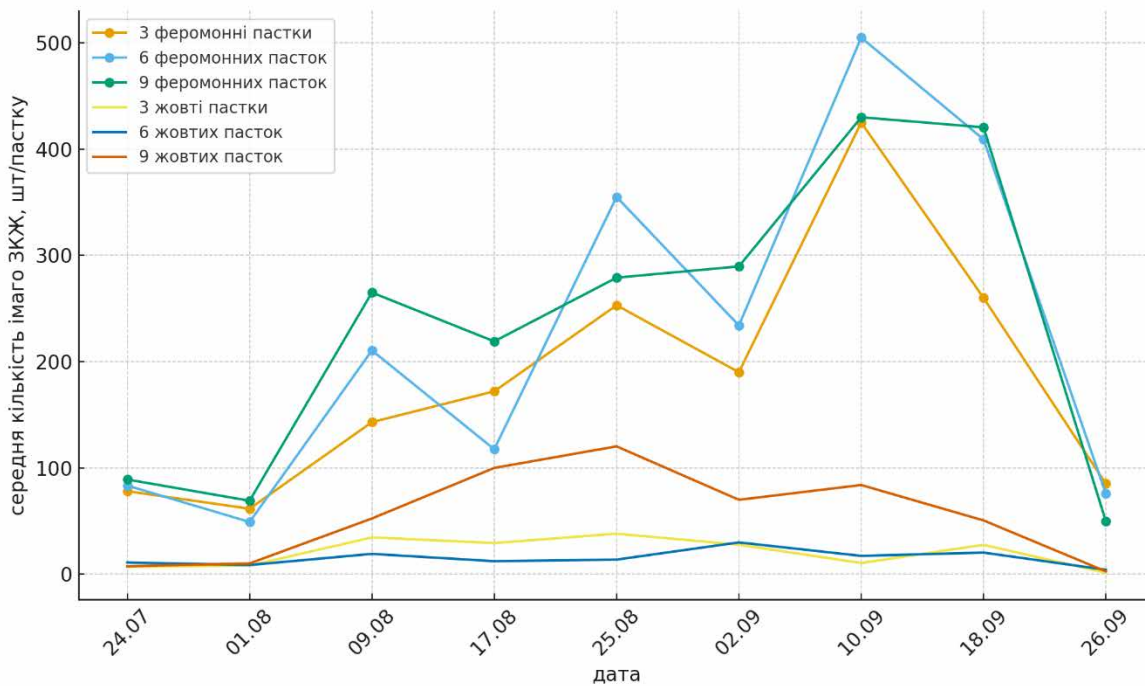


Рис. 25. Динаміка чисельності льоту ЗКЖ [24]

Згідно з даними, які наведені в таблиці 5, найбільш адекватну загальну чисельність шкідника відображає використання шести та дев'яти феромонних і дев'яти жовтих клейових пасток. Графіки динаміки льоту жуків, побудовані за показниками таблиці 5, вони зображені на рис 21.

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, 25.08, 2.09, 10.09 та 18.09 відмічено найвищий пік чисельності імаго жука діабротики, коли чисельність жуків виловлених у середньому на одну феромонну пастку коливалась від 435,0 до 510,0 екземплярів (таб. 5). За використання жовтих клейових пасток криві динаміки чисельності мають трохи

інший вигляд. 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 (24.07 – 25.08), 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 30-40 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. І лише за використання 9 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 жуків *D. virgifera virgifera* 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. 23.

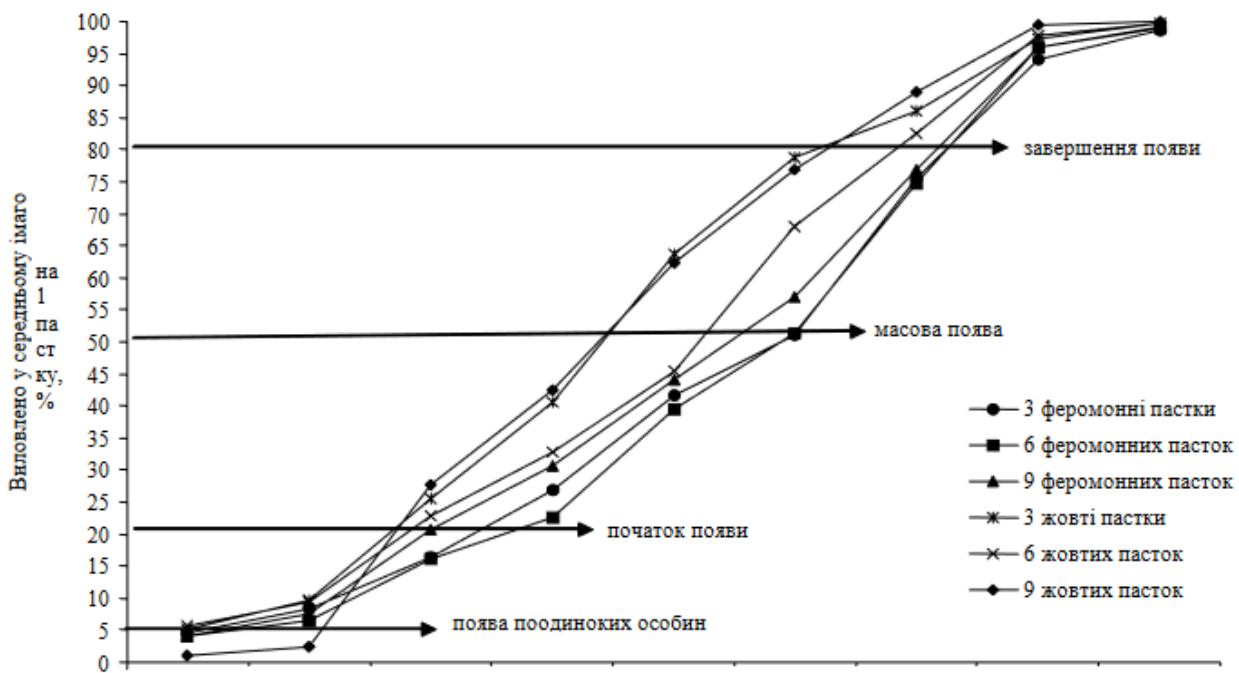


Рис. 26. Динаміка льоту імаго *D. virgifera virgifera* за використання різної кількості жовтих клейових та феромонних пасток.

Якщо порівняти різну кількість відлову кукурудзяних жуків жовтими клейовими пастками та феромонними, можемо побачити, 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

1.1. Прогноз поширення та розвитку популяції західного кукурудзяного жука в Одеській області

Аналіз фітосанітарного ризику посівів кукурудзи в Одеській області протягом 2023-2024 рр. свідчить про стійку тенденцію до збереження та поступового розширення осередків *Diabrotica virgifera virgifera*. Найбільші заражені площі встановлено у Березівському та Роздільнянському районах, де шкідник вже сформував стабільні ендемічні популяції, що зберігаються незалежно від погодних умов та типу технології вирощування кукурудзи. У цих районах реальна загроза подальшого поширення існує насамперед у випадках дотримання коротко ротаційних сівозмін з повторним вирощуванням кукурудзи на одному полі.

Прогноз на 2025 рік (рис. 26) вказує на ймовірність збільшення площ зараження Ізмаїльського району, де в 2024 році було зафіксовано розширення карантинної зони до 70 га. Очікується, що у разі сприятливих умов для відродження личинок та відсутності обмежувальних заходів ця площа може зрости до 85-100 га, що підтверджується результатами динаміки ЗКЖ в аналогічних кліматичних умовах Південно-Східної Європи. Натомість у Подільському районі висока ймовірність локального збереження невеликої осередкової популяції через обмежену структуру посівних площ кукурудзи та значну частку несільськогосподарських земель.

Таким чином, прогноз на 2025 рік характеризується стабілізацією рівня зараження у районах із сформованими осередками (Березівський, Подільський)

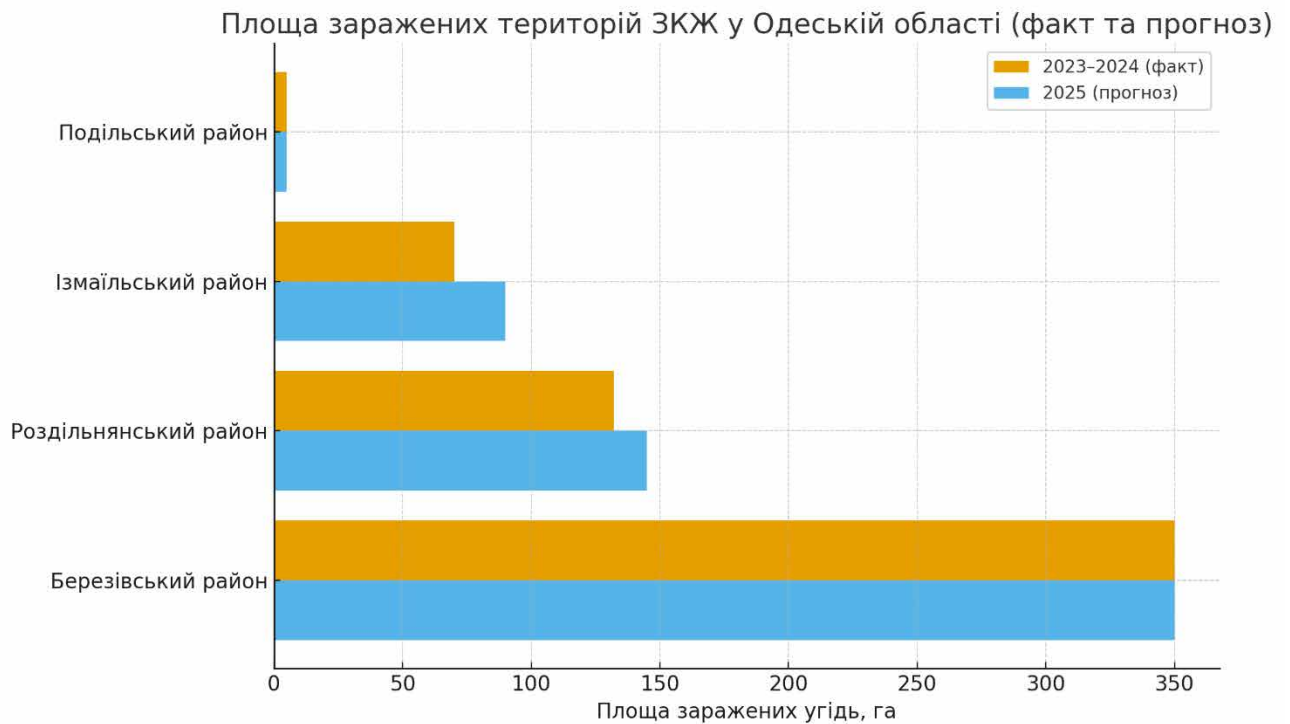


Рис. 27. Площі заселених діабротикою територій Одеської обл.

та ймовірним подальшим розширенням зон зараження у Роздільнянському та Ізмаїльському районах. Основним фактором ризику залишається вирощування кукурудзи у монокультурі, яке сприяє зростанню чисельності личинок у ґрунті та підтримці високого тла популяції дорослого жука. Впровадження сівозміни з перервою не менше 3-4 років, застосування агротехнічного обробітку ґрунту та цілеспрямованого моніторингу пастками залишаються ключовими елементами стримування подальшого поширення шкідника.

1.2. Система захисту від ЗКЖ для умов Одеської області

1) Передпосівний блок (восени/взимку)

Сівозміна: не повертати кукурудзу на те саме поле мінімум 3 роки (ключовий елемент проти личинок у ґрунті).

Знищення падалиці кукурудзи та контроль злакових бур'янів на полях/узбіччях (позбавити личинок харчової бази).

Підбір гібридів з потужною кореневою системою й швидким стартом (підвищує толерантність до підгризання личинок).

2) При сівбі (захист від личинок у ґрунті)

Пестицид ґрунтової дії (гранули в рядок): тефлутрин, Force® 1.5G — внесення локально в зону насіння під час сівби; діє як контактний-кишковий інсектицид із фумігаційним ефектом, націлений на личинки ЗКЖ. Препарат зареєстрований в Україні для кукурудзи (діюча речовина — тефлутрин). Норми/спосіб — за рекомендаціями вказаними від виробника на етикетці.

Альтернативним варіантом є протруєння насіння неонікотинамідами: Круїзер (д.р. тіаметоксам) спрямовані проти на ґрунтову стадію. У вітчизняних публікаціях вказується застосування Круїзер проти личинок.

3) Моніторинг імаго (липень–вересень)

Феромонні пастки: 1 пастка/5 га; виставлення до викидання волоті, перевірка щотижнева.

Жовті клейові панелі: 10–12 на поле для сигнального моніторингу (як доповнення до феромонів).

Пороги шкідливості для рішень по імаго 30–40 жуків/феромонну пастку за тиждень або 10–15 жуків на жовту пастку за тиждень у період цвітіння — сигнал до інсектицидного втручання й/або захисту шовку.

4) Хімічний контроль імаго (за результатами моніторингу)

Піретроїд по вегетації проти жуків у фазу VT–R1 (захист волоті/шовку; «анти-silk-clipping»: інсектицид Карате® Зеон 050 CS (д.р. λ-цигалотрин — швидкий нокдаун-ефект, капсульована форма для стабільності. Застосування на кукурудзі, з урахуванням строків очікування.

За високої чисельності імаго та їх затяжного льоту: однієї обробки може бути недостатньо; ротація механізмів дії (IRAC) обов'язкова для попередження резистентності. У вітчизняних матеріалах згадуються продукти на основі діючих речовин біфентрин і хлорантраніліпролу як комплексне рішення проти стадій фітофага личинка+імаго.

5) Агротехнічні та організаційні заходи (постійно)

Сувора ротація (перерва 3–4 роки), ранні строки сівби, одноразове розміщення кукурудзи в сівозміні, косіння узбіч/балок із падалицею — база ІРМ.

Фітосанітарні заходи: дотримання гігієнічних вимог до техніки, зернотоків: проведення дезінсекції зібраних качанів (без ґрунту) із територій, на які накладений карантинний режим; дотримання карантинних вимог райдержадміністрацій та Держпродспоживслужби України. (В Одеській обл. чинні розпорядження РДА/РВА щодо карантинних зон.)

б) Біологічні методи (опційно, як доповнення)

Ентомопатогенні нематоди (*Heterorhabditis* / *Steinernema*) демонструють ефективність проти личинок ЗКЖ у європейських дослідженнях; в Україні це перспективний напрям, який можна застосовувати локально за відпрацьованими технологіями постачальників.

Етап	Заходи з обмеження поширення ЗКЖ	Фаза вегетації	Умови моніторингу	Внесення хімічних препаратів
Планування сівозміни	Сівозміна кукурудзи 3–4 роки	До сезону	-	Сівозміна, контроль падалиці/злаків
Сівба	Гранульований інсектицид у рядок	ВВСН 00–10	Поля з історією ЗКЖ	Force® 1.5G (д.р. тефлутрин), за етикеткою
Моніторинг	Феромонні пастки 1/5 га; жовті панелі 10–12/поле	До VT і в період VT–R1	Щотижневий облік	Протокол Держпродспоживслужби
Прийняття рішення щодо імаго	Обприскування по вегетації	VT–R1	≥ 30 – 40/феромонну пастку/тиждень або ≥ 10–15/жовту	Карате® Зеон (д.р. λ-цигалотрин) ротація МоА за необхідності
Післязбиральний обробіток ґрунту	Контроль падалиці, гігієна техніки	Після збирання	—	Карантинні вимоги РДА/ДПСС (розпорядження)

Висновки

1. У 2023 – 2025 рр. вогнища *Diabrotica virgifera virgifera* виявлені у 4 районах Одеської області: Березівському 350 га, Роздільнянському 132 га, Ізмаїльському 70 га та Подільському 5 га.

2. Хімічний контроль залишається ефективним, але екологічно ризикованим інструментом боротьби з західним кукурудзяним жуком. Його застосування має ґрунтуватися на результатах моніторингу, бути своєчасним, вибіркоким і поєднуватися з іншими методами — агротехнічними, біологічними та організаційно-профілактичними. Такий підхід відповідає принципам інтегрованого управління шкідниками (ІРМ) і забезпечує не лише стабільність урожаю кукурудзи, а й збереження екологічної рівноваги агроландшафтів.

3. Таким чином, методи біологічного контролю *D. v. virgifera* найбільш ефективні при інтегрованому застосуванні, коли поєднуються кілька взаємодоповнюючих засобів. Це відповідає сучасним принципам інтегрованого управління шкідниками (ІРМ) та дозволяє знизити застосування хімічних інсектицидів, підвищити екологічну безпеку агроценозу та забезпечити стабільність продуктивності посівів кукурудзи.

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

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

6. Найбільша шкода від ЗКЖ була виявлена на полях де відсутня сівозміна. За беззмінного вирощування кукурудзи щільність популяції даного карантинного організму сильно зростає. Отже, сівозміна є одним із найбільш ефективних агротехнічних заходів боротьби із ЗКЖ.

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

8. Для моніторингу західного кукурудзяного жука доцільно використовувати жовті клейові пастки як альтернативу феромонним пасткам.

9. Жовті клейові пастки виловлюють набагато меншу кількість комах, 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.

Літературні джерела

1. Ткачук О.П., Бондаренко М.І. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні - Вінницький національний аграрний університет
2. Bažok R., Lemić D., Chiarini F., Furlan L. (2021). *Western Corn Rootworm (Diabrotica virgifera virgifera LeConte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management*. *Insects*, 12(3): 195.
Огляд статусу шкідника в Європі та сучасних стратегій інтегрованого захисту.
3. Vörös L. et al. (2024). *Forecasting Western Corn Rootworm (Diabrotica virgifera virgifera): Literature review on non-chemical control methods*. *Agriculture*, 14(11): 1959. Аналіз методів прогнозування шкідника та оцінка сучасних безхімічних підходів контролю.
4. Amarghioalei RG. et al. (2025). *Chemical Control of Western Corn Rootworm...Insects*, 16(3): 293. Емпіричне дослідження ефективності ґрунтових і вегетативних хімічних обробок у Східній Румунії, 2023–2024 рр.
5. Meinke LJ. et al. (2025). ... *Western Corn Rootworm adult activity and immigrant resistance... PLoS One* — польові спостереження в Небрасці (2021–2022) щодо активності і міграції жуків та резистентності до Bt.
6. Coates BS. et al. (2023). *Insights into control and host plant adaptation by a major maize pest*. *BMC Genomics* 2023.
7. Meinke LJ., Souza D., Siegfried BD. (2021). *The use of insecticides to manage the Western corn rootworm... history, field-evolved resistance... Insects*, 12(2):112. Історія використання інсектицидів, випадки набутої резистентності — важливо для розділу про агрохімічні ризики.
8. ResearchGate (2025). *Analysis of the distribution of the Western Corn Rootworm... in Cherkasy region and resistance of maize hybrids*. Regional study in Ukraine — динаміка поширення шкідника та оцінка стійкості гібридів.
9. EPPO Datasheet (2023). *Diabrotica virgifera virgifera — identity, distribution, management*.
10. V. Saliienko Institute of Plant Protection of NAAS, 33, Vasylkivska str., Kyiv, 03022, Ukraine

11. V. Fedorenko Institute of plant protection NAAS of Ukraine, 33, Vasylykivska str., Kyiv, Ukraine, 2024
12. Карта поширення у Європі: “*Distribution of Diabrotica virgifera in Europe*” — ResearchGate / Edwards & Kiss
13. 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.
14. 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
15. 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
16. 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
17. 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.
18. 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
19. Gassen, D.N. Insetos Subterrâneos Perjudiciais às Culturas no Sul de Brasil Documentos, 13; Embrapa-CNPT: Passo Fundo, Brazil, 1989; pp. 32–33
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. 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
23. Wilcox, J.A. Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini: Diabroticina; Pars. 78, Fasc. 2. In *Coleopterum Catalogus Supplementa*, 1st ed.; Wilcox, J.A., Ed.;
24. 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.
25. 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
26. 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
27. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Organisation Europe’enne et Me’diterrane’enne pour la Protection des Plantes*
28. 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
29. Салієнко В.О., Федоренко В.П. Сучасний стан та моделювання поширення західного кукурудзяного жука в Україні на основі ГІС-аналізу, кліматичних факторів, 2024

30. 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.
31. 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.
32. 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. 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.
33. 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
34. Salles, L.A. Eficiência do inseticida thiamethoxam (actara) no controle das pragas de solo da batata, *Diabrotica speciosa* (Col., Chrysomelidae) *Heteroderes* spp. (Col., Elateridae). *Rev. Bras. Agrociencia* 2000, 6, 149–151.
35. 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]
36. Elek, J.A.; Longstaff, B.C. Effect of chitin-synthesis inhibitors on stored-products beetles. *Pestic. Sci.* 1994, 40, 225–230
37. 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.
38. ArgenBio. Available online: <http://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos> (accessed on 22 April 2020).

39. 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.
40. Lara, F.M.; Scaranello, A.L.; Baldin, E.L.L.; Bolça Junior, A.L.; Lourenção, A.L. Resistência de genótipos de batata a larvas e adultos de *Diabrotica speciosa*. *Hortic. Bras.* 2004, 22, 761–765.
41. 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.
42. 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
43. 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
44. 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
45. 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.
46. 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.

47. 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
48. Сікура О.А. Перспектива застосування ентомопатогенів проти ЗКЖ (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Захист і карантин рослин.* 2013. Вип. 59. С. 238-245.
49. 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
50. Марченко Г. І. Березівський район // Українська радянська енциклопедія : у 12 т./ гол. ред. М.П. Бажан; редкол.: О.К. Антонов та ін.— 2-ге вид.— К.: Головна редакція УРЕ, 1974–1985.
51. 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)- β -caryophyllene produced by maize roots in response to rootworm feeding. *Oecologia* 2018, 187, 459–468.