

УДК 632.7:633.15

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.28>

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ҐРУНТОВОГО ІНСЕКТИЦИДУ ПРОТИ ЛИЧИНОК ЗАХІДНОГО КУКУРУДЗЯНОГО ЖУКА (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LE CONTE)

**Салієнко В.О.** – аспірант відділу здоров'я рослин,  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України  
**Ляска Ю.М.** – к.б.н.

Метою дослідження є оцінка ефективності хімічного методу контролю личинок західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, ЗКЖ) в умовах України. Методи. Спостереження за імаго ЗКЖ проводили починаючи з другої декади червня, оскільки активність жуків починається при середньодобовій температурі повітря понад 12,7 °C (показник 399,4 ±28 °C). Досліди щодо ефективності засобів захисту рослин були проведені на полях кукурудзи в Правобережному Лісостепу, зокрема в Подільсько-Придніпровському регіоні. Упродовж 2023–2024 років були проведені обстеження виробничих дослідів з використанням ґрунтових інсектицидів для боротьби з личинками діабротики. Дослідження проводили в Вінницькій області на кукурудзяних полях четвертого року вирощування для визначення рівня шкідливості цих шкідників. Оцінку ефективності інсектициду «Брігейд», к.с., з діючою речовиною біфентрин (192 г/л) проводили з нормою 1,0 л/га. Обліки виконувались за методами Європейської організації із захисту рослин ЕРРО для оцінки ефективності проти личинок ЗКЖ (PP1/2I2(2) – *Diabrotica virgifera* larvae). У цих методах описано процедури дослідження ефективності заходів проти личинок ЗКЖ, які були розроблені і використовуються, зокрема, в США. Для оцінки ефективності було викопано кореневу систему кукурудзи (діаметр близько 25 см, глибина близько 15 см), після чого ґрунт акуратно видаляли, а кореневу систему ретельно оглядали. Оцінку ушкодження кореневої системи проводили за шкалою 0-6 університету штату Айова. Результати. Проведено оцінку технічної ефективності інсектициду у вигляді пінної формуляції та вивчено його вплив на шкідочинність, розвиток і поширення шкідника. Практична значущість дослідження полягає в визначенні рівня економічного порогу шкідливості (ЕПШ) личинок ЗКЖ в ґрунті на території України, а також у можливості розробки рекомендацій для обмеження чисельності і шкідливості личинок західного кукурудзяного жука. У 2023 році під час обстеження на контрольних ділянках бал ушкодження кореневої системи на першій локації становив 3,3-3,5 при наявності 8,6-11 личинок на рослину. У 2024 році рівень ушкодження був трохи більший (3 бали) при чисельності 3,8-4,9 личинок на рослину, що перевищило рівень ЕПШ. На оброблених ділянках бал ушкодження в 2023 році становив 1,3-1,5, а в 2024 році – 1,5-1,8, що було значно нижче рівня ЕПШ. Висновки. Застосування інсектициду «Брігейд» при посіві кукурудзи призводить до значного зменшення ступеня ушкодження кореневої системи та відсотка уражених рослин, що підвищує стійкість рослин до вилягання та зберігає урожайність.

**Ключові слова:** діабротики кукурудза, Coleoptera, Insecta, личинка, коріння.

### **Saliienko V.O., Liaska Yu.M. Effectiveness of soil insecticide against larvae of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte)**

The goal of the study was to evaluate the effectiveness of chemical control methods against the larvae of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in Ukraine. This research aimed to test a novel insecticide formulated as a foam, examining its impact on pest damage, development, and spread. The study also sought to determine the threshold for *Diabrotica* larvae in Ukrainian soils, with the potential to generate recommendations for managing the spread, population, and harmful effects of the western corn rootworm larvae. Methods. Adult WCR monitoring began in mid-June, as beetles emerge once accumulated temperatures exceed 12.7°C, reaching sum 399.4 ±28°C. The experiments assessing plant protection products were carried out in the Right-Bank Forest-Steppe, specifically in the Podillia-Dnipro region. Field

trials of soil insecticides and their effectiveness against *Diabrotica* larvae were conducted in the 2023–2024 corn-growing seasons. The research took place in the Khmilnyk district of Vinnytsia region over two years (2023–2024), aiming to determine the timing of WCR stages and their associated damage. The insecticide Brigade SC, containing 192 g/L of bifenthrin, was tested at a rate of 1.0 L/ha in one of the locations. Evaluations were made following the European standards for assessing the effectiveness of plant protection products according to the EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) guidelines against larvae (PP1/212(2) – *Diabrotica virgifera* – larvae). These protocols, developed in the pest's native region (USA), provide a systematic approach to measuring the effectiveness of pest control measures. To assess effectiveness, the root system of maize plants was excavated to a diameter of about 25 cm and depth of 15 cm. The soil was gently removed through shaking or tapping, and the root system was thoroughly inspected. Root damage was then rated using the Iowa State University 0–6 scale. Results. The technical efficacy of the new foam-formulation insecticide was assessed, focusing on its impact on pest damage, development, and spread. The practical importance of the study lies in the potential for developing recommendations to reduce the spread, population, and damage caused by WCR larvae. In 2023, in control plots, the root damage score at the first location ranged from 3.3 to 3.5 (with 8.6 to 11 larvae per plant at the first count). In 2024, this increased slightly to just over 3 (with 3.8 to 4.9 larvae per plant), exceeding the economic threshold level. In treated plots, the root damage score ranged from 1.3 to 1.5 in 2023 and from 1.5 to 1.8 in 2024, significantly below the threshold. Conclusions. The use of the Brigade insecticide during corn sowing substantially reduces root damage and the percentage of affected plants, improving the plants' resistance to lodging and preserving the yield.

**Key words:** corn, insecticides, Coleoptera; Insecta; larvae, roots, threshold.

**Актуальність теми дослідження.** Кукурудза займає провідне місце серед злакових культур, і в 2024 році в Україні її посівна площа становила 4,2 млн га. Ця культура є може вирощуватися на одній і тій самій площі протягом декількох років без значних втрат урожайності. Однак перед сільським господарством стоїть серйозна загроза значних втрат врожаю через фітофага – західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera*), спеціалізованого монофага родини листоїдів (Chrysomelidae). Відсутність сівозмін негативно впливає на агроecosystemу, сприяючи стрімкому його поширенню.

Західний кукурудзяний жук, що родом із США, є однією з найнебезпечніших комах, що живляться кукурудзою. Завдані ним збитки оцінюються у 1–2 мільярди доларів щорічно, враховуючи втрати врожаю та витрати на контроль. В Україні дані щодо таких збитків офіційно не збираються.

Шкідник є відносно новим для України, його занесено до списку A2 «Переліку регульованих шкідливих організмів». Вперше його виявили в 2001 році в Закарпатській області. Станом на 1 січня 2024 року, згідно з даними Держпродспоживслужби, західний кукурудзяний жук поширений на площі 138 000 га у 16 областях України.

Личинки ЗКЖ пошкоджують кореневу систему молодих рослин, перегризаючи корені та прорізаючи ходи в паренхімі товстих коренів і навіть у підземній частині стебел. Пошкоджені рослини стають схильні до в'янення, вигинаються у формі «гусячої шиї» і не формують качани, що призводить до загибелі. Якщо уражено понад 50% коренів, рослини вилягають і відмирають. Один личинок на рослину може викликати пошкодження, що відповідає 0,75 за шкалою “non-injury scale” 0–3, і прогнозується зниження врожайності на 10,9%. Повне знищення одного ярусу коренів призводить до зниження врожайності на 15–17%. Пошкоджене коріння також є вхідними воротами для збудників корневих гнилей.

Серед методів боротьби з ЗКЖ особливо важливим є хімічний. У дослідженнях, що проводилися в США, оцінювали ефективність інсектицидів на основі хлортоксифосу в комбінації з біфентрином, біфентрину та тефлутрину, застосованих

при посіві для боротьби з личинками в ґрунті на генетично модифікованих і звичайних гібридах кукурудзи. Всі варіанти, що включали пестициди, стійкі гібриди або їх комбінацію, знижували ступінь пошкодження кореневої системи та сприяли збереженню врожайності.

**Постановка проблеми.** В Україні проводили дослідження ефективності засобів захисту рослин, проте вони в основному стосувалися препаратів для листового застосування – таких як Моспілан, Деціс Профі, Нурел Д, Бі-58 новий, Карате Зеон, що використовувалися проти імаго ЗКЖ. Ці препарати показали високу технічну ефективність. Також випробовували біопрепарати, зокрема ентомоцидні засоби на основі *Bacillus thuringiensis* (штам 32/2), *Beauveria bassiana* та біопрепарат *Бітоксисабацилін*, (32/2) проявив значну інсектицидну дію як на личинок – 92,3%, так і на імаго шкідника – 86,7%. При цьому ЛЧ50 (смертельна доза, за якої гине 50% досліджуваних організмів) личинок був відмічений на п'ятий день після їх зараження (загинуло 63,3%), а імаго – на сьомий день (загинуло 73,3%). Смертність личинок від *B. bassiana* становила 91%, імаго – 84,9%, а від дії біопрепарату Бітоксисабацилін загинуло 83,4% личинок та 66% імаго. Під час визначення ентомоцидної дії біоагентів у польових умовах їх ефективність щодо імаго була нижчою ніж у лабораторних. З того часу через невисоку ефективність застосування біологічних інсектицидів широкого розповсюдження не набуло.

Хоча в нашій державі зареєстровані хімічні інсектицидні протруйники проти ЗКЖ, проте в наукових працях їхня ефективність майже не висвітлена. Крім того, більша кількість гібридного насіння кукурудзи, яку постачають насіннево-селекційні компанії та наукові установи, є обробленою інсектицидними неонікотинідами протруйниками, але навіть на таких посівах спостерігається шкідливість діабротики та її подальше поширення в Україні. Кількість закордонних публікацій теж лімітована, хоча в них описано зменшення кількості личинок та збереження певного рівня урожайності [7, 8].

**Мета дослідження** полягає у визначенні ефективності хімічного інсектициду, який застосовується під час посіву кукурудзи.

Методи дослідження включають:

Польовий метод – дослідження екологічних характеристик західного кукурудзяного жука та оцінка ефективності інсектицидів у боротьбі з цим фітофагом.

Математично-статистичний метод – перевірка достовірності отриманих даних і виявлення взаємозв'язків між досліджуваними показниками.

Розрахунково-порівняльний метод – оцінка економічної ефективності використання інсектицидних препаратів.

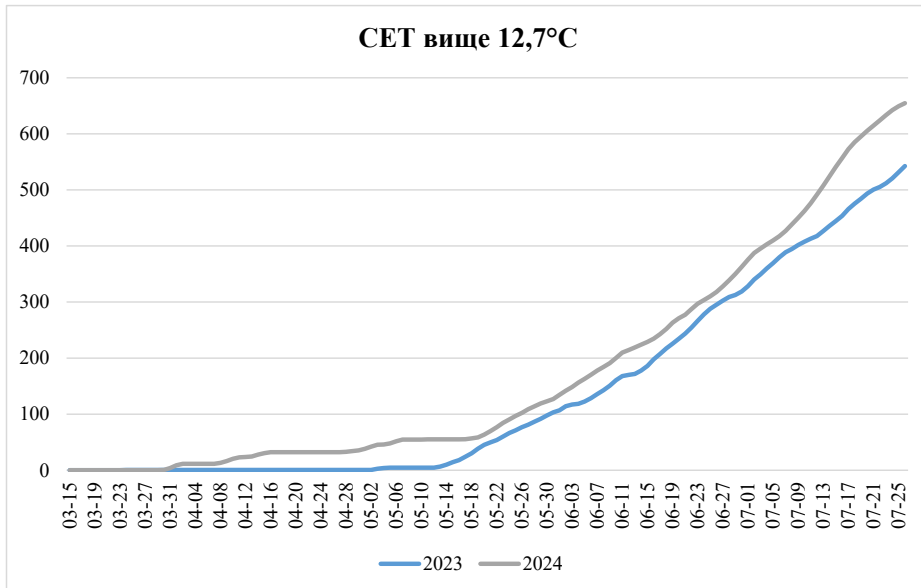
**Методика досліджень.** Моніторинг та облік личинок діабротики у посівах кукурудзи та на експериментальних ділянках проводили одразу після сходів. Личинки відроджуються з яєць при сумі ефективних температур (СЕТ) понад 12,7°C (144±20°C), що відповідає кінцю травня – червню, періоду, який відповідає оптимально-пізніми строками пlosіву кукурудзи. Підрахунок кількості личинок на рослину здійснювали протягом вегетаційного періоду, оскільки відродження личинок триває до фази цвітіння кукурудзи. Ступінь ушкодження кукурудзи оцінювали за шкалою «non-injury scale» 0-6, що була розроблена в університеті штату Айова, під час масового льоту імаго. В світі за ЕПШ прийнята не певна кількість личинок діабротики на рослину, а саме рівень ушкодження кореневої системи. Вважається, що при одному повністю об'їденому ярусі коренів спостерігаються економічні збитки, і це 3 бали за шкалою 0-6. Важливо встановити співвідношення між кількістю личинок на одну рослину, і ступенем ушкодження (Табл. 1).

Таблиця 1

**Шкала 0-6 університету Айова для визначення ступеня ушкодження  
кукурудзи личинками ЗКЖ**

Бал (ступінь) ушкодження кореневої системи кукурудзи	Опис
1	Без пошкоджень або лише декілька незначних ознак живлення
2	Помітні сліди від живлення, але корінці об'їдені не більше 3,5 см
3	Декілька коренів об'їдені більше 3.5 см, але сумарно менше ніж один вузол (ярус) коренів
4	Один вузол коренів повністю знищений
5	Два вузли коренів повністю знищені
6	Три або більше вузлів коренів повністю знищені

Протягом 2023–2024 років проводили обстеження виробничих експериментів з використанням ґрунтового інсектициду та оцінки його ефективності контролю личинок діабротики в Правобережному Лісостепу, зокрема в Подільсько-Придніпровському регіоні. Дослідження були проведені у Вінницькій області на полях кукурудзи четвертого року вирощування на ділянках АКПП Мічуринське поблизу села Сальниця Хмельницького району в 2023 та 2024 роках.



*Рис. 1. СЕТ вище 12,7°C на локаціях проведення дослідів*

2023 рік характеризувався найменшою кількістю опадів за роки проведення досліджень – випало лише 468 мм опадів проти майже 580 мм у 2021 і 2022 роках. В травні випало лише 8 мм опадів. Але 85 мм опадів випало в квітні, що відтягнуло посів кукурудзи через перезволоження ґрунту в зоні проведення досліджень

на травень місяць. В подальшому кількість опадів та температурний режим відповідали середньобагаторічним показниками. Добре розвивалися як посіви, так спостерігалася і значна кількість личинок діабротики на корінні кукурудзи, та, в подальшому, імаго. 2024 року погодні умови відрізнялися кардинальним чином. Якщо температури відповідали середнім багаторічним показникам, то з опадами ситуація була іншою. В квітні-травні випала значна кількість опадів. В подальшому, в місцях проведення дослідів, опади проходили в критичні фази розвитку кукурудзи – а саме цвітіння – молочно-воскова стиглість, хоча більшість території України в цей період страждала від посухи.

У виробничих дослідженнях вивчали ефективність інсектициду Брігейд, к.с., виробництва компанії FMC Corporation (США), із діючою речовиною біфентрин 192 г/л. Цей препарат зареєстрований в Україні для застосування на кукурудзі проти личинок західного кукурудзяного жука (ЗКЖ) і комплексу ґрунтових шкідників. Норма витрати становить 0,6-1,2 л/га, у дослідженні використовували 1,0 л/га. Препарат був обраний через заявлену виробником тривалість захисту проти личинок діабротики, що пояснюється періодом напіврозпаду біфентрину в ґрунті (86,8 діб) [10]. Личинки 2-3 віків завдають основної шкоди кореневій системі кукурудзи, тому важливо забезпечити пролонгований захист культури.

Препарат вносили під час висіву кукурудзи за допомогою спеціальних аплікаторів, встановлених на сівалці, у вигляді піни, яка формується із суміші води та препарату та здатна розширюватися в 30-50 разів від початкового об'єму робочого розчину, що дозволяє скоротити гектарну норму робочого розчину до 3-5 л/га. Статистична обробка отриманих даних проводилась за загальноприйнятими методиками [11] із використанням програми Excel [12].

Оцінювання ефективності здійснювалось за методиками Європейської організації із захисту рослин (ЕРРО) проти личинок – РР1/212(2) *Diabrotica virgifera* – larvae [13]. Згідно з методикою, викопували кореневу систему кукурудзи діаметром 25 см і завглибшки 15 см. Ґрунт видаляли легким струшуванням або промиванням (в умовах його високої вологості після проходження опадів), після чого оцінювали ступінь пошкодження коренів за шкалою університету штату Айова (0-6 балів). Оцінювання проводили через 27-33 дні після появи імаго, коли личинки завершують живлення, але пошкоджені корені ще не встигли регенерувати. Для визначення економічного порогу шкідливості (-ЕПШ) використовували показник у 3 бали за шкалою ун. Айови, що відповідає повному обгризанню одного ярусу коренів або еквівалентним пошкодженням.

Дослідження закладали у виробничих умовах через технічні особливості обладнання для внесення препарату, що не дозволяють проводити дрібноділянкові випробування. Посів здійснювали у третій декаді квітня – першій декаді травня (залежно від року). Перед посівом проводили зяблеву оранку на глибину 22-25 см, весняне боронування та передпосівну культивуацію (5-7 см). Контрольні ділянки мали ширину 4 рядки кукурудзи (2,8 м) і довжину 700 м (площа 0,19 га), а між ділянками із внесенням інсектицидів залишали захисні смуги завширшки 16 рядків (без обробки). Дослідні ділянки мали ширину 16 рядків (11,2 м), довжину 700 м і площу 0,78 га. На кожній ділянці оцінювали 5 рослин у двох суміжних рядках, фіксуючи бал пошкодження коренів і кількість личинок.

Оцінювання проводили двічі:

1. 25.06.2023 та 01.07.2024 – перше оцінювання у фазі розвитку кукурудзи ВВСН 31 (поява першого міжвузля, активне видовження стебла), визначали кількість личинок.

2. 20.07.2023 та 23.07.2024 – друге оцінювання у фазі ВВСН 65-67 (середина-кінець цвітіння), оцінювали ступінь пошкодження кореневої системи.

**Результати досліджень.** У 2023 році під час першого обстеження дослідних ділянок було виявлено значну кількість личинок 2-го та 3-го віків, які активно жилися кореневою системою куку у цей період не спостерігалось. Хоча чіткої кореляції між кількістю личинок і варіантами досліду встановлено не було, відзначалася тенденція до зниження чисельності личинок на рослину на ділянках, оброблених інсектицидом «Брігейд». Заселеність личинками на всіх облікових ділянках залишалася на рівні 100%.

На оброблених ділянках кількість личинок варіювала в межах 8,6-10,3 екземплярів на рослину, тоді як на контрольних ділянках цей показник становив 10,2-11 екземплярів на рослину (Рис. 2, 3).

У 2024 році чисельність личинок на оброблених ділянках зменшилася до 3,7-4,3 екземплярів на рослину, тоді як на контрольних ділянках вона становила 4,5-4,9 екземплярів на рослину (Рис. 1-4).

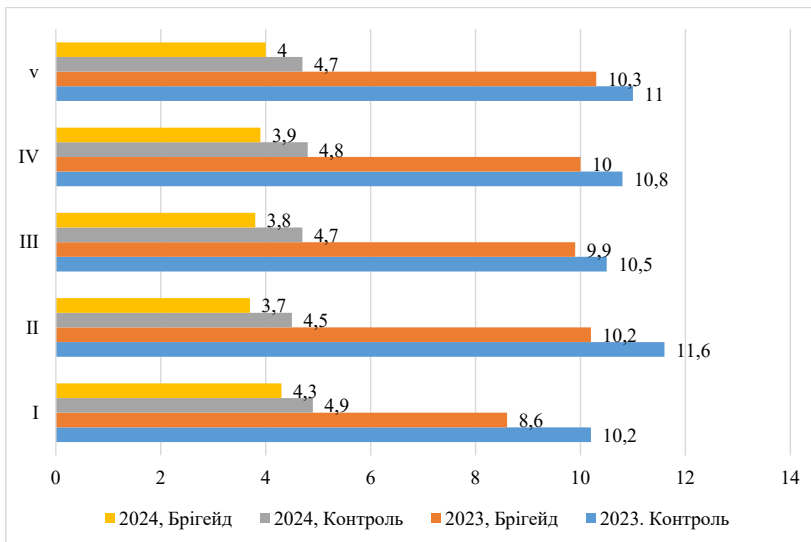


Рис. 2. Перше обстеження. Середня кількість ос. личинок ЗКЖ/рослину



Рис. 3. Перше обстеження 2023. Кількість личинок ЗКЖ, відібраних з ґрунту навколо кореневої системи однієї рослини кукурудзи (Фото автора)



Рис. 4. Перше обстеження 2023. Живлення личинок ЗКЖ на коренях кукурудзи (Фото автора)

Під час другого обстеження у фазу цвітіння (Рис. 6-9) на контрольних ділянках у 2023 році бал ушкодження кореневої системи становив 3,3-3,5 (при чисельності 8,6-11 личинок на рослину за результатами першого обліку). У 2024 році цей показник дещо перевищив 3 бали (при чисельності личинок 3,8-4,9 на рослину), що перевищило економічний поріг шкодочинності (ЕПШ).

На оброблених ділянках бал ушкодження кореневої системи був значно нижчим за ЕПШ: 1,3-1,5 у першій локації та 1,5-1,8 у другій. Це свідчить про високу ефективність інсектициду «Брігейд» у захисті кореневої системи кукурудзи.

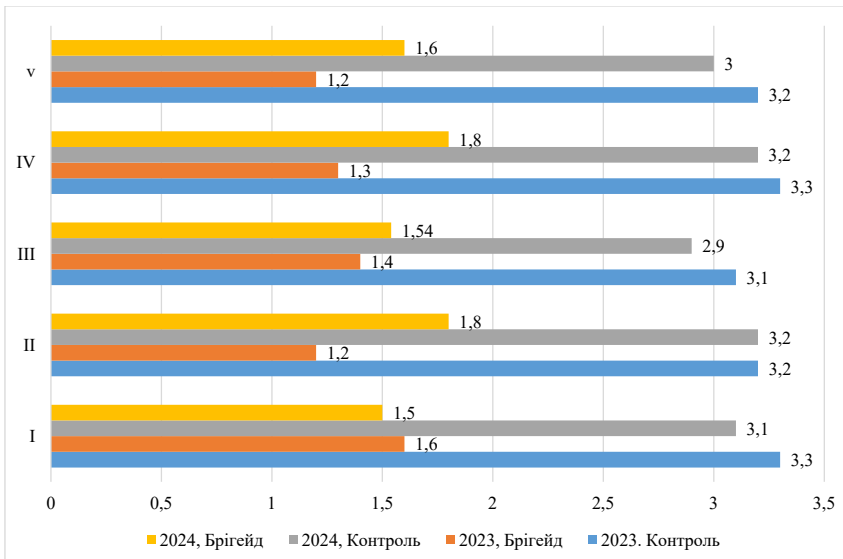


Рис. 5. 2-ге обстеження. Середній ступінь (бал) ушкодження кукурудзи по варіантах



Рис. 6. Рівень ушкодження кореневої системи на контролі та оброблених ділянках, 2023, 1,5 бала на оброблених брігейд рослинах, 3,1 бала на контролі (Фото автора)

Для підтвердження достовірності отриманих даних було проведено статистичний аналіз за допомогою інструментів надбудови **\*\*Data Analysis\*\*** у програмі Excel. Аналізу підлягав бал ураження кореневої системи. Результати показали, що значення критерію Фішера (F факт) становило 273, що значно перевищує табличне значення (F теор = 5,3). Це свідчить про істотну різницю між досліджуваними варіантами.

Середня урожайність за роки досліджень на контролі становить 10,35 т/га. Урожайність на варіантах із застосуванням інсектициду Брігейд становила 11,3 т/га в перерахунку на базову вологість 14% (Табл. 2).

Таблиця 2

#### Урожайність кукурудзи на варіантах із застосуванням ґрунтового інсектициду

Варіант	2023, т/га	2024, т/га	Середнє, т/га
Контроль	10,0	10,7	10,35
Брігейд 1,0 л/га	10,9	11,7	11,3

Норма 1,0 л/га інсектициду Брігейд забезпечила отримання 5717 грн./га додаткового прибутку за цінами на кукурудзу станом на 25.10.2024р (Табл. 6).

Таблиця 3

#### Економічна ефективність використання ґрунтового інсектициду

Варіант	Вартість гектарної норми препарату	Збережена урожайність, т/га	Вартість збереженого урожаю	Економічна ефективність використання інсектицидів
Контроль	–	–	–	–
Брігейд 1,0 л/га	2500	0,95	8217,5	5717,5

\* Ціна на кукурудзу згідно прайсів зернотрейдерів станом на 25.10.2024 ЕХW (склад продавця) у Вінницькій області – 8650 грн./т. Ціна препарату – згідно комерційної пропозиції виробника.



**Висновки та пропозиції подальших досліджень.** Застосування інсектициду Брігейд під час посіву кукурудзи не забезпечує повного знищення личинок західного кукурудзяного жука (ЗКЖ), проте сприяє зниженню їх чисельності на оброблених ділянках. Це дозволяє значно зменшити ступінь пошкодження кореневої системи, підвищити стійкість рослин до вилягання та зберегти урожайність.

Результати обстежень, проведених у фазу цвітіння кукурудзи, свідчать, що застосування Брігейду в нормі 1,0 л/га знижує рівень пошкодження кореневої системи до значень, що не перевищують економічного порогу шкодочинності (ЕПШ). На контрольних ділянках бал пошкодження перевищував ЕПШ, досягаючи 3-3,5, що призводило до вилягання рослин.

Протягом двох років досліджень інсектицид Брігейд продемонстрував стабільну ефективність за різної чисельності шкідників: як за чисельності 8,6-11 личинок на рослину, так і за 3,8-4,9 личинок. Використання препарату в нормі 1,0 л/га забезпечило отримання додаткового прибутку у розмірі 5717 грн/га.

На контрольних ділянках чисельність личинок ЗКЖ становила 4-5 особин на рослину у 2024 році та 9-11 у 2023 році. Відповідний рівень пошкодження кореневої системи досягав  $\geq 3$  балів, що перевищує ЕПШ і свідчить про повне знищення одного ярусу коренів. На оброблених ділянках чисельність личинок була меншою, а пошкодження кореневої системи залишалося значно нижчим за ЕПШ, що підтверджує ефективність застосування препарату Брігейд.

В зонах беззмінного вирощування кукурудзи рекомендовано використовувати інсектицид Брігейд в нормі 1,0 л/га при посіві кукурудзи.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Oerke, E. C. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144, No. 1. P. 31-43. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859606000834>.
2. Wesseler, J., Fall, E. H. Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the 'no control' scenario *Journal of Applied Entomology*. 2010. Vol. 134, No. 5. P. 385-394. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01471.x>.
3. Огляд поширення карантинних організмів в Україні станом на 01.01.2024. Огляд поширення карантинних організмів в Україні. *ДЕРЖПРОДСПОЖИВ-СЛУЖБА*. Веб-сайт. URL: <https://dpss.gov.ua> (дата звернення: 28.10.2024).
4. Kos, T., Bažok, R., Lemić, D., Igrc Barčić, J. Forecasting of root damage, plant lodging and yield loss caused by WCR larval feeding based on larval population density. *International Conference on the German Diabrotica Research Program: 2012*. P. 14.
5. Gassmann, A. J., Weber, P. J. Evaluation of Bt and non-Bt corn with and without soil insecticides for control of corn rootworm. *Iowa State Research Farm Progress Reports*. 2012. Vol. 113.
6. Сікура, О. О. Екологічне обґрунтування контролю чисельності західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в Закарпатті. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. НУБіП. Київ, 2016. 156 с.
7. Ferracini, C., Blandino, M., Rigamonti, I. E., Jucker, C., Busato, E., Saladini, M. A., Reyneri, A., Alma, A. Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Crop Protection*. 2021. Vol. 139, 105306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105306>.
8. Sivčev, I., Kljajić, P., Kostić, M. et al. Management of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Pesticidi I Fitomedicina*. 2012. Vol. 27, P. 189-201.
9. Hills, T. M., Peters, D. C. A method for evaluating larval populations of the western corn rootworm. *Journal of Economic Entomology*. 1971. Vol. 64. P. 764-765.
10. Pesticide Properties Database: веб-сайт. URL: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/> (дата звернення: 28.10.2024).

11. Тимошенко, І. І., Майшук, З. М., Косилович, Г. О. Основи наукових досліджень в агрономії: Навч. посібник. Львів, 2004. 121 с.
  12. Din, I., Hayat, Y. ANOVA or MANOVA for correlated traits in agricultural experiments. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2021. Vol. 37, No. 4. P. 1250-1259. DOI: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1250.1259>.
-