

¹Є.Ф. НЯМЦУ, кандидат сільськогосподарських наук

²Ю.Е. КЛЕЧКОВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук

¹ДУ «Одеська обласна фітосанітарна лабораторія»,

вул. Євгена Чикаленка, 76/1, м. Одеса, 65104, Україна

²Дослідна станція карантину винограду і плодкових культур ІЗР НААН,
Фонтанська дорога, 49, м. Одеса, 65049, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕБРОКАРБОНОВИХ СУМІШЕЙ ПРОТИ ГВАТЕМАЛЬСЬКОЇ КАРТОПЛЯНОЇ МОЛІ В БУЛЬБАХ СВІЖОЇ КАРТОПЛІ

Мета. Визначити меброкарбонів суміші з мінімальними нормами витрати метил броміду, ефективних проти гватемальської картопляної молі (*Tecia solanivora* Povolny) та розробити режими фумігації для захисту бульб свіжої картоплі від цього шкідника. **Методи.** Під час досліджень використовували бібліографічно-аналітичний, лабораторний, математично-статистичний методи, а також метод аналогічного моделювання. **Результати.** Технічну ефективність меброкарбонів сумішей проти картопляної молі визначали експериментальним методом. За температурного режиму 4—8°C досліджували десять сумішей метил броміду з двоокисом вуглецю та еталоном у чотирьох повторностях, а саме, п'ять — за температури двоокису вуглецю 0°C під час введення у фумігаційний простір камери і п'ять — за температури 25°C. В якості еталону використовували метил бромід технічний. Норма витрати еталону становила 60 г/м³. Еталон вводили у фумігаційний простір камери за температури 25°C. Норми витрати метилу бромистого технічного в сумішах поступово зменшували на 30%, 40, 50, 60 і 70%, тобто вони становили 42 г/м³, 36, 30, 24 і 18 г/м³. За CO₂ норма витрати в сумішах становила 160 г/м³. Експозиція часу відповідала 5-ти годинам. Після обробки бульб свіжої картоплі з дозуваннями метил броміду 42 г/м³, 36, 30 г/м³, за умови введення CO₂ температурою 0°C у фумігаційний простір, живих комах у біотестах не виявлено, тобто технічна ефективність становила 100%. У бульбах з біотестами, які обробляли сумішами із дозуваннями бромистого метилу, зменшеними на 60 і 70% (24 і 18 г/м³) було встановлено, в середньому, 1,5 і 5 живих комах відповідно. При цьому, технічна ефективність становила 98,50 і 95,00% відповідно. У випадку, коли двоокис вуглецю вводили у фумігаційний простір за темпе-

ратури 25°C, у біотестах перших чотирьох меброкарбонових сумішей не знайдено жодної комахи у живому стані, тобто технічна ефективність склала 100%. У біотестах бульб, оброблених сумішшю зі зменшенням CH_3Br на 70%, тобто з нормою його витрати 18 г/м³, виявлено дві живі комахи. Технічна ефективність становила 98%. **Висновки.** Враховуючи результати досліджень, доцільно використовувати меброкарбонові суміші у фумігації бульб імпортової свіжої картоплі проти карантинного шкідника *Tecia solanivora* Pov. При цьому відбувається зниження навантаження бромистим метилом на навколишнє середовище в 2,5 раза за ефективності обробки 100% та відсутності його фітотоксичної дії на оброблену рослину продукцію.

фумігація; меброкарбонові суміші; гватемальська картопляна міль; ефективність

Вид гватемальська картопляна міль (*Tecia solanivora* Povolny) належить до роду *Tecia*, родини Виїмчастокрилих молей (Gelechiidae), ряду Лускокрилих (Lepidoptera), класу Комах (Insecta), типу Членистоногих (Arthropoda), царства Тварин (Animalia), домену Еукаріотів (Eukaryota) [1].

Tecia solanivora Pov. має карантинний статус в Європі та Україні. Шкідник живиться виключно бульбами картоплі (*Solanum tuberosum*).

Вперше він був описаний в Коста-Ріці у 1973 р. і розповсюдився через Центральну Америку на північ Південної Америки завдяки торгівлі насінневою картоплею. Він також поширився до Мексики та Канарських островів, а останнім часом — до материкової Іспанії, де знаходиться під офіційним контролем у провінціях Галісії та Астурії [2]. Деякі автори вважають *T. solanivora* найважливішим шкідником картоплі у світі. У зв'язку зі сприятливими кліматичними умовами шкідник може поширюватися в межах Європейського Союзу через переміщення заражених бульб і завдавати істотних втрат врожаю картоплі. Дорослі особини можуть літати і розселятися на місцевому рівні.

Торговельні відносини між Україною та країнами Європи створюють загрозу щодо завезення на її територію цього шкідника в імпортованій картоплі. Захистити від шкідника значною мірою може фумігація, тобто обробка продукції хімічною речовиною в газо- або пароподібному стані. Одним із варіантів може бути використання сумішей двоокису вуглецю з метил бромідом, універсальність якого добре відома в галузі фумігації.

Застосування бромистого метилу для карантинних обробок і обробок рослинних вантажів перед транспортуванням не заборонено пунктом 6 статті 2Н Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар [3, 4]. Міжнародний стандарт щодо фітосанітарних заходів № 43 «Вимоги до використання фумігації як фіто-

санітарного заходу» передбачає використання метил броміду в якості фуміганту проти карантинних організмів [5].

Враховуючи результати досліджень, одержаних дещо раніше проти карантинних шкідників, а саме, квіткового трипсу (*Frankliniella occidentalis* Perg.), південноамериканської томатної молі (*Tuta absoluta* Meug.) та інших карантинних шкідників [5, 6], можна припустити, що суміші бромистого метилу [8] і двоокису вуглецю [9] можуть бути ефективним фумігантом і проти гватемальської картопляної молі. За спільного застосування ці два фуміганти не вступають між собою в хімічну взаємодію і не змінюють своїх хімічних властивостей. Вони є синергістами. Двоокис вуглецю, у деяких концентраціях, надає збудливу дію на дихальну систему шкідників, викликаючи у них поглиблене і прискорене дихання навіть при знижених температурах навколишнього середовища. Тому можна зменшити норми витрати CH_2Br_2 , що поліпшує екологію карантинних обробок, а головне, запобігає резистентності шкідників до фуміганту і фітотоксичності продукції. Крім того, досягається повне знищення шкідника у всіх фазах розвитку за низьких температур, що є важливим у проведенні фумігації при температурних режимах, які застосовуються в холодильних камерах під час зберігання або транспортування плодоовочевої продукції.

У випробувальній лабораторії Дослідної станції карантину винограду і плодівих культур Інституту захисту рослин НААН у 2023 р. були проведені дослідження впливу меброкарбонів сумішей на гватемальську картопляну міль *T. solanivora*.

Мета досліджень. Метою досліджень було визначення експериментальним шляхом меброкарбонів сумішей з мінімальними нормами витрати бромистого метилу, ефективних проти гватемальської картопляної молі, з подальшим створенням режимів фумігації для знищення цього шкідника у бульбах свіжої картоплі.

Методи досліджень. В рамках досліджень використовували бібліографічно-аналітичний метод аналізу фізико-хімічних властивостей компонентів сумішей і біологічних особливостей *T. solanivora*, метод аналогічного моделювання під час застосування летальних норм годинogramів проти шкідників зі схожими морфологічними і біологічними особливостями, лабораторний метод оцінювання токсикологічної дії меброкарбонів сумішей проти дослідного шкідника за допомогою фумігаційної камери та математично-статистичний метод оцінки достовірності одержаних результатів.

Дослідження впливу фумігантних сумішей на *Tecia solanivora* Rov. здійснювали в оригінальній запатентованій фумігаційній камері, яка оснащена блоком управління для програмування температурного режиму, вологості, вентиляції і освітлення у фумігаційному просторі [10]. Для здійснення дослідів також використовували: холодильник,

металеві балони з метил бромідом та вуглекислою, газопарувач, газопроводи і випускний клапан високого тиску, трубки поліетиленові для відбору газоповітряних зразків (проб), газоаналізатори, манометр, термометр, вологомір, ваги електронні лабораторні з дискретністю 0,1 г.

Дослідження здійснювали за температур двоокису вуглецю 0 і 25°C. Як еталон використовували метил бромистий технічний з концентрацією діючої речовини 99,5%. У дослідах застосовували двоокис вуглецю з концентрацією д. р. 99,9%. Контролем слугувала необроблена рослинна продукція. За відсутності гватемальської картопляної молі, в ролі біотестів, відповідно до світової практики, використовували вид шкідника із тієї ж родини *Gelechiidae*, який є аналогічним за біологією, а саме — картопляну міль (*Phthorimaea operculella* Zell.). Технічну ефективність меброкарбонних сумішей та інші параметри режимів фумігації проти об'єктів дослідження встановлювали за обраним біологічним індикатором.

Враховуючи, що вказана вище овочева продукція надходить в Україну в автомобільних рефрижераторах і рефрижераторних контейнерах, то дослідження здійснювали за температурного режиму 4—8°C, який застосовується під час її транспортування [11]. Норма витрати бромистого метилу та час експозиції за еталонем були взяті з фумігаційних режимів, добре вивчених і неодноразово випробуваних у виробничих умовах і наведених у методичних посібниках з фумігації [12—14]. Під час досліджень норму витрат CH_3Br зменшували, для знаходження мінімальних технічно-ефективних дозувань, на 30, 40, 50, 60 і 70%, тобто в сумішах вони становили 42 г/м³, 36, 30, 24 і 18 г/м³. Мінімальні норми витрати в сумішах встановлювали за вимогами карантинного знезараження, тобто за досягнення 100% рівня технічної ефективності. Норми витрати двоокису вуглецю пов'язані з науковим твердженням про те, що при збільшенні вмісту вуглекислоти в атмосфері при звичайних умовах розвитку комахи до 5%, фаза вдихання комахи займає 80—90% часу від всього вентиляційного циклу. За температурного режиму 4—8°C, для досягнення цього ефекту, вміст діоксиду вуглецю становитиме 8%, або 160 г/м³. Облік загибелі шкідників у тестах здійснювали через 24 год після закінчення дегазації, а для достеменного визначення ефективності фумігації — через 14 діб. Технічну ефективність фумігантних сумішей, яка була нижча за 100%, розраховували за методикою, взятою з методичного посібника за редакцією професора С.О. Трибеля [15]. Паралельно зі встановленням ефективності дії фумігантних сумішей на карантинних шкідників, оцінювали негативний вплив на дослідну продукцію. Визначення фітотоксичної дії фумігантів у процесі зберігання мало проводитись візуально, за ступенем псування плодів і листя дослідної продукції, згідно з методикою [15]. Відбір газоповітряних проб

бромметану для розрахунку його середніх концентрацій (надалі СК), необхідних для подальшого розроблення фумігаційних режимів, здійснювали тричі — через 30 хв після введення компонентів, через 2 год і наприкінці експозиційного часу. Назви сумішей склалися із слова «Меброкарбон» («мебр» від метил броміду, «о» від оксиду і «карбон» від назви вуглецю), абрєвіатури літер слів латинської назви шкідника та індексу з двох цифр — порядкового номера меброкарбонової суміші і температурного показника CO₂ (0 або 25) під час його введення всередину камери. Отже, задля уникнення плутанини у дослідженнях, кожна меброкарбонова суміш мала свою неповторну назву.

Результати досліджень і обговорення. Технічну ефективність меброкарбонових фумігантних сумішей проти гватемальської картопляної молі визначали експериментальним методом. Досліджували десять сумішей з еталоном у чотирьох повторностях, а саме: п'ять — за температури двоокису вуглецю 0°C під час введення у фумігаційний простір і п'ять — за температури 25°C. Норма витрати еталону — 60 г/м³. Еталон вводили у фумігаційний простір камери за температури 25°C. Експозиція — 5 год.

Отже, після обробки рослинної продукції сумішами Меброкарбон TSP 1.0, Меброкарбон TSP 2.0 і Меброкарбон TSP 3.0 з нормами витрати бромистого метилу 42 г/м³, 36, 30, 24 і 18 г/м³, при введенні у фумігаційний простір CO₂ за температури 0°C, живих комах в біотестах не було виявлено, тобто технічна ефективність становила 100,00% (табл. 1). У біотестах в бульбах, які обробляли сумішами Меброкарбон TSP 4.0 і Меброкарбон TSP 5.0 з нормами витрати метил броміду 24 і 18 г/м³, було встановлено, в середньому, 1,5 і 5,0 живих комах відповідно за варіантами. Технічна ефективність становила 98,50 і 95,00%, відповідно. Середні концентрації CH₃Br під час експозиції були 31, 27, 23, 19 і 15 г/м³ за кожним варіантом досліджуваних сумішей, тобто знизились, по відношенню до норм витрат, на 27, 25, 23, 21 і 17%, а до норми витрати еталону — на 48, 55, 62, 68 і 75%, що вказує на те, що метил бромистий в сумішах із двоокисомом вуглецю значно менше сорбується рослинною продукцією. Отже й на стільки відсотків зменшуються залишки неорганічних бромідів в ній. Незначні ознаки фітотоксичності у цьому досліді спостерігались тільки на бульбах, які були оброблені еталоном. У випадку, коли двоокис вуглецю вводили у фумігаційний простір за температури 25°C, у біотестах перших чотирьох меброкарбонових сумішей (Меброкарбон TSP 1.25, Меброкарбон TSP 2.25, Меброкарбон TSP 3.25 і Меброкарбон TSP 4.25), не було знайдено жодної комахи у живому стані, тобто технічна ефективність склала 100,00% (табл. 2).

Біотести у бульбах, оброблених сумішшю Меброкарбон TSP 5.25 з нормою витрати бромистого метилу 18 г/м³, показали в середньому

1. Технічна ефективність меброкарбонних сумішей проти гватемальської картопляної молі за температури двоокису вуглецю 0°С під час введення у фумігаційний простір, 2023 р.

Варіанти	Температура всередині камери, °С	Норми витрати, г/м ³		Час експозиції, год	Середня концентрація СН ₃ Br, г/м ³	Повторність	Чисельність живих комах у біотестах, шт.		Технічна ефективність, %
		СН ₃ Br	СО ₂				до обробки	після обробки	
Контроль	4—8	0	0	5	0	1	100	100	0
						2	100	100	0
						3	100	100	0
						4	100	100	0
						Середнє	100	100	0
Метил бромід (еталон)	4—8	60	0	5	40	1	100	1	99,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0,25	99,7
Мebroкарбон TSP 1.0	4—8	42	160	5	31	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 2.0	4—8	36	160	5	27	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 3.0	4—8	30	160	5	23	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 4.0	4—8	24	160	5	19	1	100	1	99,0
						2	100	2	98,0
						3	100	2	99,0
						4	100	1	98,0
						Середнє	100	1,5	98,5
Мebroкарбон TSP 5.0	4—8	18	160	5	15	1	100	5	95,0
						2	100	6	94,0
						3	100	4	96,0
						4	100	3	95,0
						Середнє	100	4,5	95,0

2. Технічна ефективність меброкарбонних сумішей проти гватемальської картопляної молі за температури двоокису вуглецю 25°С під час введення у фумігаційний простір, 2023 р.

Варіанти	Температура всередині камери, °С	Норми витрати, г/м ³		Час експозиції, год	Середня концентрація СН ₃ Вг, г/м ³	Повторність	Чисельність живих комах у біотестах, шт.		Технічна ефективність, %
		СН ₃ Вг	СО ₂				до обробки	після обробки	
Контроль	4—8	0	0	5	0	1	100	100	0
						2	100	100	0
						3	100	100	0
						4	100	100	0
						Середнє	100	100	0
Метил бромід (еталон)	4—8	60	0	5	40	1	100	1	99,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0,25	99,7
Мebroкарбон TSP 1.25	4—8	42	160	5	34	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 2.25	4—8	36	160	5	30	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 3.25	4—8	30	160	5	26	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 4.25	4—8	24	160	5	21	1	100	0	100,0
						2	100	0	100,0
						3	100	0	100,0
						4	100	0	100,0
						Середнє	100	0	100,0
Мebroкарбон TSP 5.25	4—8	18	160	5	17	1	100	1	99,0
						2	100	3	97,0
						3	100	2	98,0
						4	100	2	98,0
						Середнє	100	2	98,0

дві живі комахи. Технічна ефективність становила 98,00%. У зв'язку зі збільшенням температури всередині камери під час введення діоксиду вуглецю спостерігається підвищення середніх концентрацій метилу бромистого в дослідних сумішах порівняно з попереднім дослідом, а саме 34, 30, 26, 21 і 17 г/м³. Деякі ознаки фітотоксичності встановлено лише у варіанті з еталоном.

Задля досягнення мети цього дослідження та використання результатів у подальшому було розроблено режими фумігації для здійснення карантинних обробок імпортованих вантажів з бульбами свіжої картоплі проти *Tecia solanivora* Rov. (табл. 3).

3. Режими фумігації знезараження бульб свіжої картоплі меброкарбовими сумішами проти гватемальської картопляної молі, 2023 р.

Назва фумігантної суміші	Температура всередині фумігаційної камери під час експозиції, °С	Норми витрати, г/м ³		Середня концентрація СН ₃ Br, г/м ³	Час експозиції, год	Летальна норма, г/м ³ × год
		СН ₃ Br	СО ₂			
Мebroкарбон TSP 1.0	4—8	42	160	31	5,0	155
Мebroкарбон TSP 2.0	4—8	36	160	27	5,0	135
Мebroкарбон TSP 3.0	4—8	30	160	23	5,0	115
Мebroкарбон TSP 1.25	4—8	42	160	34	5,0	170
Мebroкарбон TSP 2.25	4—8	36	160	30	5,0	150
Мebroкарбон TSP 3.25	4—8	30	160	26	5,0	130
Мebroкарбон TSP 4.25	4—8	24	160	21	5,0	105

ВИСНОВКИ

У дослідженні щодо захисту території України від інтродукції карантинного шкідника гватемальської картопляної молі (*Tecia solanivora* Rov.) у бульбах імпортованої картоплі:

- вивчено вплив меброкарбових сумішей на гватемальську картопляну міль, який ґрунтується на алгоритмі синергії бромистого метилу і двоокису вуглецю;
- обґрунтовано залежність токсичної дії меброкарбових сумішей від стану двоокису вуглецю під час його введення у фумігаційний простір. Середні концентрації СН₃Br під час експозиції в сумішах, в які вводили СО₂ за температури 25°С, були вище середніх концентрацій сумішей з двоокисом вуглецю, введенного всередину камери при 0°С;

- надано оцінку технічної ефективності меброкарбонів сумішей проти дослідженого карантинного шкідника, а саме — 98,0—100,0%. Виявлено, що незважаючи на зменшення норм витрат метил броміду в меброкарбонів сумішах до 2,5 раза, в порівнянні з його класичним використанням у чистому виді, технічна ефективність зберігається на рівні 100%;
- встановлено нижні токсикологічні пороги застосування метил броміду в сумішах з двоокисом вуглецю, введеного у фумігаційний простір за температур 0 та 25°C, які на 50—60% нижче норми витрат при використанні суто бромистого метилу;
- розроблено летальні норми меброкарбонів сумішей, що забезпечують 100% загибель шкідника *Tecia solanivora* Pov.;
- зафіксовано відсутність фітотоксичної дії меброкарбонів сумішей на бульби свіжої картоплі.

Фінансування: науково-дослідні роботи проводили в межах ПНД 12 «Наукові основи сучасних технологій прогнозу і управління фітосанітарним станом агроценозів» («Захист рослин»). 24.06.01.03.П «Токсикологічне обґрунтування використання меброкарбонів сумішей способом фумігації проти регульованих шкідників плодово-ягідної, овочевої та квітково-декоративної продукції». ДР №0116U003548.

Конфлікт інтересів: автори декларують, що використання меброкарбонів сумішей в Україні стане можливим лише за умови державної реєстрації бромистого метилу з метою його застосування проти карантинних організмів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. EPPO Global Database. Taxonomy *Tecia solanivora*. 2024. URL:<https://gd.eppo.int/taxon/TECASO>
2. EPPO Standard PM 7/72. *Tecia solanivora*. EPPO Bulletin 2000, 36, 175-178. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/TECASO/documents>
3. UNEP (United Nations Environment Programme). The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Montreal, 1987. URL: <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/articles/article-2h-methyl-bromide>
4. UNEP (United Nations Environment Programme). Minimising quarantine and pre-shipment (QPS) uses of methyl bromide: Tools for controlling, monitoring and reporting. 2016. 64 pp. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14879/7792-e-Minimisingquarantineandpre-shipment%28QPS%29usesofmethylbromide.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. ISPM 43. Requirements for the use of fumigation as a phytosanitary measure. Rome, IPPC, FAO. 2019. URL: <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispm/#614>.

6. Клечковський Ю.Е., Нямцу Є.Ф. Карантинні обробки свіжих овочів та зрізів квітів проти західного квіткового трипса. Карантин і захист рослин. 2019. № 1–2. С. 14–17. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2019.1-2.1-4>

7. Клечковський Ю.Е., Нямцу Є.Ф. Застосування меброкарбонів сумішей проти південноамериканської томатної молі. Карантин і захист рослин. 2018. № 11–12. С. 8–11.

8. David Yoffe, Ron Frim, Shmuel D. Ukeles etc. Bromine Compounds. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2013. https://doi.org/10.1002/14356007.a04_405.pub2

9. Susan Topham, Alexis Bazzanella, Sebastian Schiebahn et al. Carbon Dioxide. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2014. https://doi.org/10.1002/14356007.a05_165.pub2

10. Пат. № 123977 Україна: МПК (2018. 01) А01М17/00. Фумігаційна камера для створення регламентів щодо застосування пестицидів у газоподібному стані проти шкідливих організмів у сільськогосподарській продукції. Ю.Е. Клечковський, Є.Ф. Нямцу; заявник і патентовласник Дослідна станція карантину винограду і плодівих культур Інституту захисту рослин НААН. № u201710816; заявл. 06.11.17; вид. 12.03.2018. 5 с.

11. Справочник по транспортировке продуктов питания: фрукты и овощи. AGRICO Fresh & Frozen. A. P. Moller Grup. 2010. С. 58. URL: https://www.agrico.biz/Transporting_storage.pdf

12. Bond E.J. Manual of fumigation for insect control. FAO, Plant Production and Protection. Rome, 1989. 351 pp. URL: <https://www.fao.org/docrep/x5042e/x5042E00.htm#Contents>

13. USDA (U.S. Department of Agriculture). Treatment Manual. Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine. Miami, 2024. 323 p. URL: <https://www.aphis.usda.gov/media/document/5378/file>

14. Ahmed M.K., El Zorgani G.A. The effect of methyl bromide fumigation on stored potatoes. Acta Hort. 143, P. 539-547. <https://doi.org/10.17660/Acta-Hortic.1984.143.62>

15. Методики випробування і застосування пестицидів ; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

¹Nyamtsu E., ORCID: 0000-0002-9088-4860

²Klechkovskiy Yu., ORCID: 0000-0003-4404-5553

¹State Institution «Odesa Regional Phytosanitary Laboratory»,
76/1, Yevhen Chykalenko str., Odesa, 65104, Ukraine

²Quarantine Station of grape and fruit cultures of Institute of Plant
Protection of the NAAS, 49, Fountain Road str.,
Odesa, 65049, Ukraine

Effectiveness of using mebrocarbon mixtures against the Guatemalan potato moth in fresh potato tubers

Goal. To determine the mebrocarbon mixtures with minimum consumption rates of methyl bromide effective against the Guatemalan potato moth (*Tecia solanivora* Povolny) and to develop fumigation regimes for the protection of fresh potato tubers from this pest. **Methods.** Bibliographic and analytical, laboratory, mathematical and statistical methods, as well as the method of analogous modeling were used in the research. **Results.** The technical effectiveness of mebrocarbon mixtures against potato moth was determined by the experimental method. Ten mixtures of methyl bromide with carbon dioxide and the standard were studied at a temperature of 4–8°C in four replicates, namely, five at a carbon dioxide temperature of 0°C when introduced into the fumigation space of the chamber and five at a temperature of 25°C. Technical methyl bromide was used as a standard. The standard consumption rate was 60 g/m³. The standard was introduced into the fumigation space of the chamber at a temperature of 25°C. The consumption rates of technical methyl bromide in the mixtures were gradually reduced by 30%, 40%, 50%, 60% and 70%, i.e., they were 42 g/m³, 36 g/m³, 30 g/m³, 24 g/m³ and 18 g/m³. For CO₂, the consumption rate in the mixtures was 160 g/m³. The exposure time corresponded to 5 hours. After the treatment of fresh potato tubers with methyl bromide dosages of 42 g/m³, 36 g/m³, 30 g/m³, provided that CO₂ at a temperature of 0°C was introduced into the fumigation space, no live insects were found in the biotests, i.e. the technical efficiency was 100.00%. In tubers with biotests treated with mixtures with methyl bromide dosages reduced by 60% and 70% (24 g/m³ and 18 g/m³), an average of 1.5 and 5 live insects were found, respectively. At the same time, the technical efficiency was 98.50 and 95.00%, respectively. In the case when carbon dioxide was introduced into the fumigation space at a temperature of 25°C, no live insects were found in the biotests of the first four mebrocarbon mixtures, i.e., the technical efficiency was 100.00%. In the biotests of tubers treated with a mixture with a 70% reduction in CH₃Br, i.e., with a consumption rate of 18 g/m³, two live insects were found. The technical efficiency was 98.00%. **Conclusions.** Taking into account the results of the research, it is advisable to use mebrocarbon mixtures in the fumigation of imported fresh potato tubers against the quarantine pest *Tecia solanivora* Pov. At the same time, there is a 2.5-fold reduction in the load of methyl bromide on the environment with 100% treatment efficiency and the absence of its phytotoxic effect on the treated plant products.

fumigation; mebrocarbon mixtures; Guatemalan potato moth; efficiency

REFERENCES

1. EPPO Global Database. Taxonomy *Tecia solanivora*. 2024. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/TECASO>
2. EPPO Standard PM 7/72. *Tecia solanivora*. EPPO Bulletin 2000, 36, 175-178. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/TECASO/documents>
3. UNEP (United Nations Environment Programme). The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Montreal, 1987. URL: <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/articles/article-2h-methyl-bromide>
4. UNEP (United Nations Environment Programme). Minimising quarantine and pre-shipment (QPS) uses of methyl bromide: Tools for controlling, monitoring and reporting. 2016. 64 pp. URL: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14879/7792-e-Minimisingquarantineand-pre-shipment%28QPS%29usesofmethylbromide.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. ISPM 43. Requirements for the use of fumigation as a phytosanitary measure. Rome, IPPC, FAO. 2019. URL: <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispm43/#614>
6. Klechkovskiy Yu.E., Niamtsu Ye.F. (2019). Karantynni obrobky svizhykh ovochiv ta zrizziv kvitiv proty zakhidnoho kvitkovoho trypsa. [Quarantine treatments of fresh vegetables and flower cuts against the western flower thrips]. Karantyn i zakhyst roslyn, 1–2, 1–4. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2019.1-2.1-4> (in Ukrainian).
7. Klechkovskiy Yu.E., Niamtsu Ye.F. (2018). Zastosuvannia mebrokarbo-novykh sumishei proty pivdennoamerykanskoj tomatnoj moli. [The use of mebro-carbon mixtures against *Tuta absoluta* Meyr]. Karantyn i zakhyst roslyn, 11–12, 8–11. (in Ukrainian).
8. David Yoffe, Ron Frim, Shmuel D. Ukeles etc. (2013). Bromine Compounds. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. https://doi.org/10.1002/14356007.a04_405.pub2
9. Susan Topham, Alexis Bazzanella, Sebastian Schiebahn, Sebastian Luhr, Li Zhao, Alexander Otto, Detlef Stolten (2014). Carbon Dioxide. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. https://doi.org/10.1002/14356007.a05_165.pub2
10. Klechkovskiy Yu.E., Niamtsu Ye.F. (2015). Pat. № 123977 Ukraina: MPK (2018. 01) AO1M17/00. Fumihatsiina kamera dlia stvorennia rehlamentiv shcho-do zastosuvannia pestytsydiv u hazopodibnomu stani proty shkidlyvykh orha-nizmiv u silskohospodarskii produktsii.; zaiavnyk i patentovlasnyk Doslidna stan-tsiia karantynu vynohradu i plodovykh kultur Instytutu zakhystu roslyn NAAN. № u201710816; zaiavl. 06.11.2017; vyd. 12.03.2018. 5 s. (in Ukrainian).
11. Spravochnik po transportirovke produktov pitaniya: frukty i ovoshchi. AGRICO Fresh & Frozen. A.P. Moller Grup. 2010. C. 58. URL: https://www.agricobiz/Transporting_storage.pdf (in Russian).

12. Bond E.J. (1989). Manual of fumigation for insect control. FAO, Plant Production and Protection. Rome, 351 pp. URL: <https://www.fao.org/docrep/x5042e/x5042E00.htm#Contents>

13. USDA (U.S. Department of Agriculture). Treatment Manual. Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine. Miami, 2024. 323 p. URL: <https://www.aphis.usda.gov/media/document/5378/file>

14. Ahmed M.K., El Zorgani G.A. The effect of methyl bromide fumigation on stored potatoes. Acta Hort. 143, P. 539-547. <https://doi.org/10.17660/Acta-Hortic.1984.143.62>

15. Trybel S.O. (Ed.). Metodyky vyprovovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv. Kyiv: Svit, 2001. 448 s. (in Ukrainin).

Надійшла до редакції: 26.06.2024

Прийнята до друку: 18.09.2024

Надруковано: грудень, 2024

Опубліковано онлайн: лютий, 2025