

УДК 632.913.1

© 2020

## КОНТРОЛЬ ЧИСЕЛЬНОСТІ КАРТОПЛЯНОЇ МОЛІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ МЕБРОКАРБОНОВИХ СУМІШЕЙ

Ю.Е. Клечковський<sup>1</sup>, Є.Ф. Нямуц<sup>2</sup>

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук

Дослідна станція карантину винограду і плодкових культур Інституту захисту рослин НААН  
Фонтанська дорога, 49/1, м. Одеса, 65049, Україна  
e-mail: <sup>1</sup>oskvpk@te.net.ua, <sup>2</sup>e.nyamtsu@gmail.com

Надійшла 12.12.2018

**Мета.** Мінімізація норм витрат бромистого метилу в сумішах з двоокисом вуглецю у станах насичених парів і надкритичних флюїдів, за умов збереження їх 100%-ї технічної ефективності, проти картопляної молі (*Phthorimaea operculella* Zell.) у свіжих бульбах картоплі. **Методи.** У межах досліджень використано такі методи: аналізу систем знань у галузях фізики, хімії та біології для детальнішого ознайомлення з фізико-хімічними властивостями фуміганту, біологічними особливостями шкідників і т.д.; аналогій (моделювання), а саме, застосування норм витрат фуміганту, часу експозиції до видів зі схожими морфологічними і біологічними особливостями; вивчення наукових джерел (паперових та електронних), монографій та законодавчих і нормативних актів у фумігаційній галузі; експертних оцінок — ознайомлення експертів із завданням досліджень для одержання рекомендацій, корисних для його виконання; експериментальний — проведення фумігаційної обробки в лабораторних умовах за допомогою потрібного обладнання (фумігаційної камери, газоаналізаторних пристроїв та ін.); математико-статистичний — за методикою Б.О. Доспехова, а також за допомогою комп'ютерних математичних функцій, вбудованих у програму Microsoft Excel 2010. **Результати.** Норми витрат бромистого метилу в сумішах з двоокисом вуглецю у станах насичених парів вуглекислоти знизилися удвічі, а надкритичного флюїду CO<sub>2</sub> — у 4 рази. **Висновки.** Карантинна обробка способом фумігації свіжих бульб картоплі сумішшю двоокису вуглецю і бромистого метилу проти карантинного шкідника — картопляної молі можлива з нормою витрати CH<sub>3</sub>Br у 4 рази нижчої за дозування його, застосованого в чистому вигляді.

**Ключові слова:** Монреальський протокол, карантинна обробка, бромистий метил, двоокис вуглецю, суміші, ефективність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202001-05>

Картопляна міль (*Phthorimaea operculella* Zell.) — небезпечний шкідник, який має статус карантинного організму, обмежено поширеного на території України [1]. Він є у 12-ти адміністративних районах 5-ти областей на загальній площі 1604,51 га. В умовах

України шкідник розвивається в 3–4-х поколіннях на рік. Мінімальна температура, за якої можливий розвиток *Phthorimaea operculella* Zell., становить 4°C. Температура 25°C є оптимальною. Дорослі особини здатні витримувати температуру до –1°C протягом

2-х тижнів. Розвиток з повним перетворенням. Зимують гусениці, які закінчили розвиток, і лялечки. У картопляної молі шкодять личинки. Найбільше міль ушкоджує картоплю в місцях її зберігання. Поширюється на всіх стадіях розвитку з бульбами картоплі і плодами пасльонових культур (баклажанів, тютюну, томата, перцю, фізалісу). Для знищення цього шкідника найдієвішим та економічним методом є фумігація.

Фумігаційна обробка бульб картоплі також можлива під час виявлення цього шкідника при перетинанні імпоротною продукцією митного кордону України. Крім того, цій обробці може підлягати і вітчизняна картопля, яку вивозять для реалізації за межі карантинних зон. Для фумігації свіжої плодоовочевої продукції проти карантинних шкідників у процесі міжнародного торгового переміщення використовують лише 2 фуміганти: фосфористий водень 100% скраплений (через займістість використовують з вуглекислим газом, повітрям або азотом) і бромистий метил. В Україні вони не зареєстровані. Причини різні — від економічних відносно першого фуміганту до організаційних та юридично неправильно витлумачених стосовно другого.

У Копенгагенській поправці (1992 р.) до Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар, бромистий метил був включений до списку речовин, щодо яких застосовувалось положення про поетапне припинення їх виробництва. Однак, застосування бромистого метилу для **карантинних обробок і обробок перед транспортуванням** (КООПТ) не підпадає під дію положень цього документа через труднощі знаходження йому технічно й економічно доцільних альтернативних варіантів [2]. З огляду на це для реєстрації та застосування цього фуміганту в Україні з метою проведення КООПТ немає ніяких перешкод.

Застосування ефекту синергії в сумішах бромистого метилу з двоокисом вуглецю проти небезпечних шкідників завжди було і є актуальним у галузі фумігації [3–10]. Дослідження в цьому напрямі свідчать про те, що вуглекислота в деяких концентраціях може стимулювати у комах дихальні рухи і відкривання дихальців. Домішки вуглекислоти до деяких фумігантів можуть збільшувати і прискорювати їхній токсичний

вплив. Для кожного фуміганту, що застосовується проти конкретних видів комах, є оптимальна кількість вуглекислоти, яка підвищує рівень токсичного впливу. Якщо кількість вуглекислоти є надлишковою, то вона призводить до анестезування комахи, тим самим протидіючи впливу фуміганту. Ще в минулому столітті було визначено, що при збільшенні вмісту вуглекислоти в атмосфері до 5% у звичайних умовах розвитку шкідника процес вдихання займає 80–90% від часу всього вентиляційного циклу організму [11, 12]. Це свідчить про те, що мінімальною кількістю токсичного компонента в суміші з двоокисом вуглецю також можна знищити шкідника, як і впливом на нього інсектицидом у чистому вигляді. Але в цьому випадку в разі зменшується кількість інсектициду, що позитивно відображається на його остаточних кількостях в обробленій продукції. Отже, доцільність застосування двоокису вуглецю в сумішах з бромистим метилом з метою активації газового обміну у шкідників для значного зменшення дозувань метилброміду під час карантинних обробок і обробок сільськогосподарської продукції перед транспортуванням зумовлюється як фізико-хімічними властивостями  $\text{CO}_2$ , так і біологічними особливостями шкідників.

**Мета досліджень** — виявлення найнижчих порогів норм витрат метилброміду у сумішах з двоокисом вуглецю у станах насичених парів вуглекислоти та надкритичних флюїдів, під час фумігації проти картопляної молі, за умови збереження 100%-ї ефективності їх застосування.

**Матеріали і методи досліджень.** Експериментальну частину досліджень проведено на базі Дослідної станції карантину винограду і плодкових культур Інституту захисту рослин НААН лабораторним методом за використання запатентованої фумігаційної камери об'ємом 1000 л, двох вуглекислотних балонів внутрішніми об'ємами 10 і 0,4 л, теплообмінника, газопроводів високого тиску, манометра МП-50 16,0 МПа  $\text{CO}_2$ , термометра ТБП 100/100/P (0–120°C), оцинкованого відра на 10 л, електричного пристрою для нагрівання води та електронних ваг з дискретністю 0,1 г. Для вимірювання концентрації бромистого метилу у газоповітряному середовищі всередині

камери використано газоаналізатор шахтний інтерферометр ШИ-11, а поза межами камери (у робочій зоні) — газоаналізатор GasAlertMicro 5 PID M5FID.

У межах досліджень використано методи: аналізу систем знань у галузі фізики, хімії та біології, потрібний для детальнішого ознайомлення з фізико-хімічними властивостями компонентів меброкарбонів сумішей та біологічними особливостями шкідників; аналогій (моделювання), а саме, застосування норм витрат фуміганту, часу експозиції, летальних норм годинограмів до шкідників зі схожими морфологічними і біологічними особливостями; вивчення наукових джерел і літературних монографій у фумігаційній галузі; експертних оцінок — ознайомлення експертів із завданням досліджень для отримання корисних рекомендацій;

експериментальний — проведення фумігаційної обробки в лабораторних умовах, за допомогою потрібного обладнання (фумігаційної камери, газоаналізаторних пристроїв та ін.); математико-статистичний — за методикою Б.О. Доспехова [13], а також за допомогою комп'ютерних математичних функцій, що вбудовані в програму Microsoft Excel 2010.

Технічну ефективність фумігантних сумішей розраховано за методикою, взятою з методичного посібника за редакцією професора С.О. Трибеля [14]. За результатами встановлення 100%-ї технічної ефективності фумігантних сумішей визначено мінімальні норми витрати токсичного компонента в них, тобто бромистого метилу.

Пошук мінімальних норм метилброміду в сумішах здійснювали за зміни температури

### 1. Технічна ефективність мінімальних норм бромистого метилу в сумішах з двоокисом вуглецю у стані насичених парів вуглекислоти, введених у фумігаційний простір камери за температури 0°C і тиску 34,9 бар

№ ТР	Назва	ТР, °C	Норма витрати, г/м <sup>3</sup>		ЧЕ, год	ТЕ, %
			CH <sub>3</sub> Br	CO <sub>2</sub>		
1	Контроль	4–9	0	0	0	0
	Еталон	4–9	56	0	5,0	100,00
	Меброкарбон POZ 1.1.1	4–9	34	160	5,0	100,00
	Меброкарбон POZ 1.2.1	4–9	28	160	5,0	86,67±0,87
2	Контроль	10–15	0	0	0	0
	Еталон	10–15	52	0	4,5	100,00
	Меброкарбон POZ 2.1.1	10–15	31	140	4,5	100,00
	Меброкарбон POZ 2.2.1	10–15	26	140	4,5	83,08±0,84
3	Контроль	16–20	0	0	0	0
	Еталон	16–20	48	0	4,0	100,00
	Меброкарбон POZ 3.1.1	16–20	29	120	4,0	100,00
	Меброкарбон POZ 3.2.1	16–20	24	120	4,0	87,27±0,88
4	Контроль	21–26	0	0	0	0
	Еталон	21–26	44	0	4,0	100,00
	Меброкарбон POZ 4.1.1	21–26	26	100	4,0	100,00
	Меброкарбон POZ 4.2.1	21–26	22	100	4,0	100,00
	Меброкарбон POZ 4.3.1	21–26	18	100	4,0	88,00±0,89
5	Контроль	27–32	0	0	0	0
	Еталон	27–32	40	0	3,5	100,00
	Меброкарбон POZ 5.1.1	27–32	24	80	3,5	100,00
	Меброкарбон POZ 5.2.1	27–32	20	80	3,5	100,00
	Меброкарбон POZ 5.3.1	27–32	16	80	3,5	80,00±0,81

ТР — температурний режим; ЧЕ — час експозиції; ТЕ — технічна ефективність (до табл. 1–3).

**2. Технічна ефективність мінімальних норм бромистого метилу в сумішах з двоокисом вуглецю у стані насичених парів вуглекислоти, введених у фумігаційний простір камери за температури 25°C і тиску 64,3 бар**

№ ТР	Назва	ТР, °С	Норма витрати, г/м <sup>3</sup>		ЧЕ, год	ТЕ, %
			CH <sub>3</sub> Br	CO <sub>2</sub>		
1	Контроль	4–9	0	0	0	0
	Еталон	4–9	56	0	5,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 1.1.2	4–9	34	160	5,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 1.2.2	4–9	28	160	5,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 1.3.2	4–9	22	160	5,0	93,75±0,94
2	Контроль	10–15	0	0	0	0
	Еталон	10–15	52	0	4,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 2.1.2	10–15	31	140	4,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 2.2.2	10–15	26	140	4,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 2.3.2	10–15	21	140	4,5	96,05±0,97
3	Контроль	16–20	0	0	0	0
	Еталон	16–20	48	0	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 3.1.2	16–20	29	120	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 3.2.2	16–20	24	120	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 3.3.2	16–20	19	120	4,0	94,54±0,95
4	Контроль	21–26	0	0	0	0
	Еталон	21–26	44	0	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 4.1.2	21–26	26	100	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 4.2.2	21–26	22	100	4,0	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 4.3.2	21–26	18	100	4,0	95,3±0,96
5	Контроль	27–32	0	0	0	0
	Еталон	27–32	40	0	3,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 5.1.2	27–32	24	80	3,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 5.2.2	27–32	20	80	3,5	100,00
	Мєброкарбон РОЗ 5.3.2	27–32	16	80	3,5	90,00±0,91

двоокису вуглецю під час введення у фумігаційну камеру, а саме, 0°C, 25 і 50°C. Температура бромистого метилу, під час введення на всіх етапах, становила 50°C. Досліджено вплив 6-ти фумігантних сумішей на шкідника за температурних режимів: 4–9°C, 10–15, 16–20, 21–26 та 27–32°C (табл. 1, 2, 3). Норми витрат бромистого метилу в цих сумішах — 60, 50, 40, 30, 25 і 20% від дозувань, які застосовували під час використання метилбромїду в чистому вигляді, тобто від 56, 52, 48, 44, 40 і 32 г/м<sup>3</sup>. Еталонем був метил бромистий технічний [15]. Під час фумігації час експозиції по кожному температурному режиму був такий: 4–9°C — 5 год; 10–15°C — 4,5

год; 16–20°C — 4 год; 21–26°C — 4 год і 27–32°C — 3,5 год. Контролем була необроблена продукція. Для біологічного тестування, під час здійснення фумігаційних обробок, використовували личинки картопляної молі. Вказані вище оптимальні 5% CO<sub>2</sub> додавалися за температури 21–26°C. При змінненні температурного режиму на 5°C у бік збільшення кількість парів двоокису вуглецю зменшували на 1%, у бік зменшення — збільшували на 1%. Тобто за 27–32°C кількість CO<sub>2</sub> становила 4%, 16–20°C — 6%, 10–15°C — 7%, а за 4–9°C — 8%.

**Результати досліджень.** За одержаними результатами дослідів по I варіанту (температура насичених парів

**3. Технічна ефективність мінімальних норм бромистого метилу в сумішах з двоокисом вуглецю у стані надкритичних флюїдів, введених у фумігаційний простір камери за температури 50°C і тиску вище за 73,8 бар**

№ ТР	Назва	ТР, °С	Норма витрати, г/м <sup>3</sup>		ЧЕ, год	ТЕ, %
			CH <sub>3</sub> Br	CO <sub>2</sub>		
1	Контроль	4–9	0	0	0	0
	Еталон	4–9	56	0	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.1.3	4–9	34	160	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.2.3	4–9	28	160	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.3.3	4–9	22	160	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.4.3	4–9	17	160	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.5.3	4–9	14	160	5,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 1.6.3	4–9	11	160	5,0	91,84 ± 0,92
2	Контроль	10–15	0	0	0	0
	Еталон	10–15	52	0	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.1.3	10–15	31	140	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.2.3	10–15	26	140	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.3.3	10–15	21	140	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.4.3	10–15	16	140	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.5.3	10–15	13	140	4,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 2.6.3	10–15	10	140	4,5	92,31 ± 0,93
3	Контроль	16–20	0	0	0	0
	Еталон	16–20	48	0	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.1.3	16–20	29	120	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.2.3	16–20	24	120	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.3.3	16–20	19	120	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.4.3	16–20	14	120	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.5.3	16–20	12	120	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 3.6.3	16–20	10	120	4,0	93,58 ± 0,94
4	Контроль	21–26	0	0	0	0
	Еталон	21–26	44	0	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.1.3	21–26	26	100	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.2.3	21–26	22	100	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.3.3	21–26	18	100	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.4.3	21–26	13	100	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.5.3	21–26	11	100	4,0	100,00
	Мebroкарбон POZ 4.6.3	21–26	9	100	4,0	95,3±0,96
5	Контроль	27–32	0	0	0	0
	Еталон	27–32	40	0	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.1.3	27–32	24	80	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.2.3	27–32	20	80	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.3.3	27–32	16	80	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.4.3	27–32	12	80	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.5.3	27–32	10	80	3,5	100,00
	Мebroкарбон POZ 5.6.3	27–32	8	80	3,5	93,88 ± 0,94

вуглекислоти під час введення у фумігаційний простір камери становила 0°C за тиску 34,9 бар) визначили такі ефективні суміші з мінімальними нормами витрати метилброміду за кожним температурним режимом (табл. 1).

Отже, за результатами I варіанта було визначено 7 ефективних сумішей із 30-ти досліджених. Мінімальні норми витрати бромистого метилу в них становили: за ТР 4–9, 10–15 і 16–20°C — 40%, а за ТР 21–26 і 27–32°C — 50% від еталону. Тобто в 1,6 та 2 рази відповідно.

Результати II варіанта відрізняються від першого (табл. 2).

У II варіанті було виявлено 10 ефективних

сумішей з 30-ти досліджених, а саме, по 2 на кожний температурний режим. Мінімальні норми витрати бромистого метилу в них, по кожному з 5-ти ТР, становили 50% від еталону, тобто удвічі нижче.

За III варіантом результати досліджень виявилися несподіваними, а саме з 30-ти сумішей ефективними виявилися 25. Нижній поріг норм витрат бромистого метилу в сумішах з 100%-ю технічною ефективністю визначився на рівні 25% від еталону, що в 4 рази нижче (табл. 3).

Проявів фітотоксичного впливу на досліджену продукцію з боку фумігантних сумішей протягом усього часу досліджень не виявлено.

## Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено найнижчі пороги норм витрат метилброміду проти картопляної молі у сумішах з двоокисом вуглецю у станах насичених парів вуглекислоти та надкритичних флюїдів. Фумігація бульб картоплі мекробокарбоновими сумішами можлива

з нормою витрати бромистого метилу, нижчою в 1,6–2 рази за його дозуванням у чистому вигляді при використанні насичених парів вуглекислоти та в 4 рази при застосуванні надкритичного флюїду CO<sub>2</sub>. При цьому спостерігається 100%-ва ефективність фумігації.

Klechkovsky Yu.<sup>1</sup>, Niamtsu Ye.<sup>2</sup>

Experimental Station of quarantine of grape and fruit crops of Institute of Plant Protection of NAAS, 49/1 Fontanska doroha Str., Odesa, 65049, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>oskvpk@te.net.ua, <sup>2</sup>e.nyamtsu@gmail.com

### Control of the spread of potato moth at the use of mebrocarboxylic mixtures

**Goal.** To minimize the consumption of methyl bromide in the mixture with carbon dioxide in the states of saturated vapor and supercritical fluids, while maintaining their 100% technical efficiency against potato moth (*Phthorimaea operculella* Zell.) in fresh potato tubers. **Methods.** Analysis of knowledge systems in the areas of physics, chemistry and biology for more detailed information on physicochemical properties of the fumigant, biological characteristics of pests, etc.; analogy (simulation), namely the application of norms of consumption of fumigant, time of exposure to species with similar morphological and biological characteristics; study of the scientific sources (paper and electronic), books and laws and regulations in sphere

of fumigants; expert estimates — acquaintance of experts with the task of research in order to obtain useful recommendations; experimental — conduct fumigation treatment in the laboratory with necessary equipment (fumigation chamber, gas analyzing devices, etc.); mathematical-statistics — B. O. Dosphehov's method, computer mathematical functions embedded in Microsoft Excel 2010. **Results.** The rate of flow of methyl bromide in the mixture with carbon dioxide in the states of saturated vapor of carbon dioxide fell by half, and supercritical fluid CO<sub>2</sub> — 4 times. **Conclusions.** The quarantine treatment using the method of fumigation of fresh potato tubers with a mixture of carbon dioxide and methyl bromide against quarantine pests (potato moth) is possible in the dose of CH<sub>3</sub>Br which is 4 times lower the dosage it applied in its pure form.

**Key words:** Montreal Protocol, quarantine treatment, methyl bromide, carbon dioxide, mixtures, efficiency.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-05>



## Бібліографія

1. Борзих О.І. Поширеність та моніторинг шкідливих карантинних організмів в Україні: монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2013. 112 с.
2. Карантинная обработка и обработка перед транспортировкой. Доклад секретариата по озону на двадцать седьмом совещании открытого состава Сторон Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, от 4–7 июня 2007 г. Найроби. 8 с.
3. Ключковский Ю.Е., Черней Л.Б., Ящук В.У., Нямцу Е.Ф. Сучасне призначення бромистого метилу. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 3. С. 1–3.
4. Ключковский Ю.Е., Нямцу Е.Ф. Застосування меброкарбонів сумішей проти південноамериканської томатної молі. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 11–12. С. 8–11.
5. Ключковский Ю.Е., Нямцу Е.Ф. Карантинні обробки свіжих овочів та зрізів квітів проти західного квіткового трипса. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 1–2. С. 14–17.
6. Ключковский Ю.Э., Нямцу Е.Ф. Основные методологические аспекты процесса фумигации. Сб. науч. трудов «Защита растений». Вып. 42. Минск, 2018. С. 352–362.
7. Ключковский Ю.Э., Нямцу Е.Ф. Сдерживание инвазии карантинных вредителей методом фумигации. Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. факультету захисту рослин Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, 11–12 жовтня 2018 р. Харків: ХНАУ, 2018. С. 65–68.
8. Маслов М.И., Магомедов У.Ш., Мордкович Я.Б. Основы карантинного обеззараживания. Воронеж: Научная книга. 2007. 196 с.
9. Мордкович Я.Б., Вашакмадзе Г.Г. Карантинная фумигация: методическое руководство. Ростов н/Д: изд-во Рост. ун-та, 2001. 320 с.
10. Васютин А., Мордкович Я. Обеззараживание продукции. Москва, 2012. 108 с.
11. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология: учебник. Изд. стереотипное. СПб.: Проспект Науки, 2008. 486 с.
12. Тыщенко В.П. Физиология насекомых: учеб. пособие для студентов ун-тов, обучающихся по спец. «Биология». Москва: Высш. шк., 1986. С. 45.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. проф. С.О. Трибеля. Київ: Світ. 2001. С. 448.
15. Bond E.J. Manual of fumigation for insect control. Research Centre Agriculture Canada. London, Ontario. 1989. P. 134–181.