

3種くん蒸剤によるクリシギゾウムシ *Curculio sikkimensis* の殺虫試験

相馬幸博・三角 隆*・小川 昇・内藤浩光

横浜植物防疫所調査研究部

Mortality Tests on Chestnut Curculio, *Curculio sikkimensis* (HELLER) by Using Three Fumigants. Yukihiro SOMA, Takashi MISUMI, Noboru OGAWA and Hiromitsu NAITO (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shinyamashita, Naka-ku, Yokohama, Kanagawa 231-0801, Japan). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **41**: 9-14 (2005).

Abstract: Mortality tests on egg and larval stages of chestnut curculio, *Curculio sikkimensis* (HELLER) in chestnuts were conducted with three fumigants of phosphine, sulfuryl fluoride and methyl iodide. Mortality was 18.0% and 95.2%, respectively for phosphine fumigation at 1.5g/m³ at 15°C for 24 hours and at 2.0g/m³ at 25°C for 48 hours. Mortality of 96.2-99.4% was also obtained at 40g/m³ for 2-4 hours at 25°C in the sulfuryl fluoride fumigation. Complete mortality was not obtained from phosphine and sulfuryl fluoride fumigation because of lower efficacy for egg stage of the pest. The highest mortality was confirmed in methyl iodide fumigation and the LD₅₀ and LD₉₅ values were 15.0 g/m³ and 32.3g/m³ for 2 hours at 15°C. Complete mortality for eggs and immature larvae was attained at 50g/m³ for 2 hours at 15°C, while mortality of 98.9-99.9% for mature larvae was obtained at 50-60g/m³ for 2 hours at 15-25°C. Both larval stages of the chestnut fruit moth, *Cydia kurokoi* and the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* were also completely killed at 40g/m³ of methyl iodide for 2 hours at 15°C.

Key words: fumigation, phosphine, sulfuryl fluoride, methyl iodide, chestnuts, *Curculio sikkimensis*, *Cydia kurokoi*, *Conogethes punctiferalis*

はじめに

臭化メチルは、穀類、木材、青果物等のくん蒸剤として幅広く使用されてきたが、1992年にオゾン層破壊物質に指定され、2005年から検疫等の一部用途を除き使用が禁止となった（1997年第9回モントリオール議定書締約国会議）。これまで木材、穀類に対する代替剤は、リン化水素（扇田ら、1997）、フッ化スルフルル（相馬ら、1997）、MITC（内藤ら、1999）、ヨウ化メチル（NAITO *et al.*, 2003）等を用いて試験が実施されてきたが、青果物等に対する試験はリン化水素（松岡ら、2002；相馬ら、2002）による数例だけで、ほとんど実施されていない。

くり果実（穀果）には、クリシギゾウムシ等の害虫が食入するため、収穫後の消毒処理剤として臭化メチルは不可欠な薬剤である。そのため、2005年に収穫されるくり果実に対しては不可欠用途として臭化メチルの使用が一部認められている（2004年第16回モントリオール議定書締約国会議）。しかし、将来的にも使用できる保証はなく、代替剤の開発が急務となっている。

そこで、検疫を含めた青果物等に対する代替剤開発の一環として、フッ化スルフルル、リン化水素及びヨウ化メチルの3種くん蒸剤を用い、くり果実に寄生したクリ

シギゾウムシ等の害虫に対する殺虫効果を調査したので、その結果を報告する。

材料及び方法

1. 供試果実

平成13～16年の9月下旬～10月中旬に茨城県及び京都府内で収穫されたくり果実（品種：丹沢、銀寄、筑波、石鎚及び岸根）を用い、収穫後3日以内にくん蒸した。収穫したくり果実にはクリシギゾウムシ（*Curculio sikkimensis* (HELLER)）の卵及び幼虫が寄生していたが、態別に供試することが困難であるため、卵と幼虫が混在した状態で供試した。

また、9月下旬（収穫前期）のくり果実には卵と若齢幼虫（くり果実の座部に寄生し、比較的小さい幼虫）が寄生していたが、10月上旬及び中旬のくり果実（収穫後期）には老熟幼虫（果実全体を食害し、供試後1～5日程度で果実から脱出する幼虫）の寄生も多く、収穫時期の遅い果実ほど老熟幼虫の寄生率が高い傾向があった。

供試したくり果実1果あたりの重量は平均21.7g、クリシギゾウムシの食入果率は平均42.1%、1果当たりの食入数は平均3.32（最大8頭）であった（産地及び収穫時期によりバラツキが大きい）。収穫前期で食入果率が低い傾向があった。

* 現在、消費安全局植物防疫課

2. くん蒸

くり果実は、網籠に入れくん蒸温度に1昼夜保管して馴化させた後、約30ℓのアクリル製くん蒸箱に収容してくん蒸した。リン化水素（約10%、窒素充填）及びフッ化スルフリル（約100%）は、充填されたボンベから注射器でガス採取してくん蒸箱に投薬した。ヨウ化メチルはバイアルビンに封入された液体（純度99%以上）から注射器で液体を採取し、計量してくん蒸箱に投薬した。くん蒸中は常時攪拌し、くん蒸終了後は1時間排気した後くり果実をプラスチック容器（網籠付）に取りだし、ゴース網袋に入れ常温下（20℃前後）で保管した。

3. ガス濃度及びくん蒸温度の測定

くん蒸中のガス濃度は、リン化水素及びフッ化スルフリルはガスクロマトグラフ（TCD、島津）を用い、ヨウ化メチルはガスクロマトグラフ（FID、島津）を用いて、定期的に測定した。くん蒸中の温度は自動温度記録計（Hybrid記録計AH、チノ）を用いて測定した。

4. 殺虫効果の確認

くん蒸後のくり果実は、常温下で約2ヵ月間保管し、くり果実からの脱出虫（老熟幼虫）を生存虫とした。対照区についても同様に調査し、脱出した幼虫数を供試数として殺虫率を計算した。ただし、処理後1日目に脱出

した幼虫には苦悶虫が含まれているため、脱出後1日間で死亡したものは生存虫に含めなかった。また、ヨウ化メチルくん蒸では、同時に寄生していたクリミガ（*Cydia kurokoi* AMSEL）及びモモノゴマダラノメイガ（*Comogethes punctiferalis* GUENÉE）についても殺虫効果を確認した。

結果及び考察

1. リン化水素くん蒸

くり果実を15℃、1.5g/m³、収容比0.14t/m³及び25℃、2.0g/m³、収容比0.14t/m³で48時間くん蒸したときのくん蒸中のガス濃度は、Fig. 1 のとおりである。

投薬後、リン化水素濃度は急激に減少したが、減少の傾向は25℃が激しく24時間後には0.5mg/ℓ以下、48時間後には検出されなかった。リン化水素は多くの穀類、果実に対して収着性が低いが、ソバに対しては収着性が大きいと報告（相馬ら、1996）されているが、くり果実に対してはソバと同様に特異的に収着性が大きいことが判明した。

クリシギゾウムシが寄生したくり果実を15℃、1.5g/m³、収容比0.14t/m³及び25℃、2.0g/m³、収容比0.14t/m³で24時間及び48時間くん蒸したときの殺虫効果は、Table 1 のとおりである。

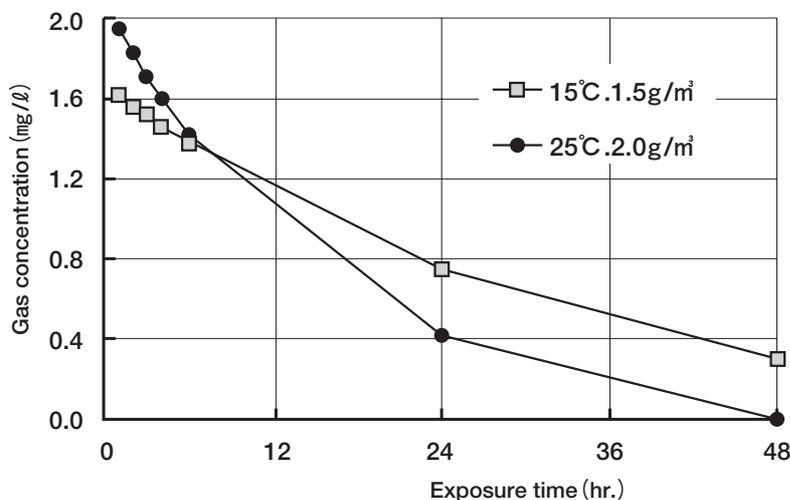


Fig. 1. Progressive gas concentrations in phosphine fumigation of chestnuts with 0.14t/m³ loading.

Table 1. Mortality of *Curculio sikkimensis* in chestnuts fumigated with phosphine.

Temp. (°C)	Dose (g/m ³)	Loading (t/m ³)	Time (hr.)	Repli.	No. insect tested ¹⁾	Survivor ²⁾	Mortality (%)
15	1.5	0.14	24	1	245	201	18.0
			48	3	710	167	76.5
25	2.0	0.14	24	2	273	13	95.2
			48	2	280	25	91.1

¹⁾ Number of test insects was estimated the number in untreated control lot.

²⁾ Mortality was evaluated for 60 days and emerged larvae from chestnuts were considered to be live insects.

15℃、1.5g/m³の条件では、24時間くん蒸で18.0%、48時間で76.5%の殺虫率で、殺虫効果は低かった。25℃、2.0g/m³の条件では、24時間くん蒸で95.2%、48時間くん蒸で91.1%の高い殺虫率を示したが、完全殺虫は得られなかった。25℃のくん蒸では、24時間くん蒸に比較して48時間くん蒸の殺虫率が増大しなかったが、24時間でほとんどのガスがくり果実に収着されたためと考える。

2. フッ化スルフリルくん蒸

くり果実を15℃及び25℃、40g/m³、収容比0.14t/m³で4時間くん蒸したときのくん蒸中のガス濃度は、Fig. 2のとおりである。

15℃及び25℃ともくん蒸中のガス濃度は高く推移し、くり果実に対する収着性は比較的小さいと考える。

クリシギゾウムシが寄生したくり果実を15℃及び25℃、20~40g/m³、収容比0.14t/m³で2~4時間くん蒸し

たときの殺虫効果は、Table 2のとおりである。

15℃、2時間くん蒸では、40g/m³で98.4%の高い殺虫率を示したが、4時間くん蒸でも殺虫率は98.5%に留まった。また、25℃、40g/m³の条件では、2時間くん蒸で99.4%、4時間くん蒸で96.2%の高い殺虫率を示したが、15℃と同様に完全殺虫は得られなかった。フッ化スルフリルは、卵に対する殺虫効果が低いこと (MIZOBUCHI *et al.*,1996 ; SOMA *et al.*,1996)、くん蒸後20~40日経過してからの脱出虫が多いことから、卵態で寄生したものが殺虫されなかった可能性が考えられる。

3. ヨウ化メチルくん蒸

くり果実を15℃、20~40g/m³、収容比0.14t/m³で3時間くん蒸したときのくん蒸中のガス濃度は、Fig. 3のとおりである。

ガス濃度は、投薬後から暫時減少し、2時間後には投

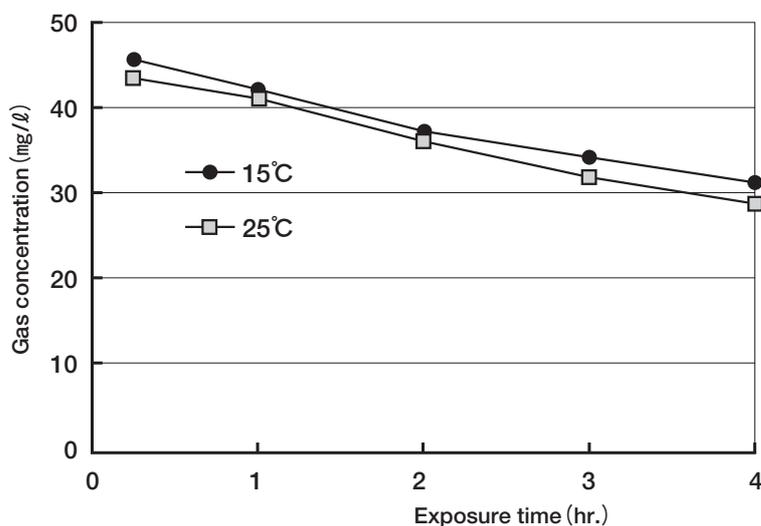


Fig. 2. Progressive gas concentrations in sulfuryl fluoride fumigation of chestnuts with 0.14t/m³ loading.

Table 2. Mortality of *Curculio sikkimensis* in chestnuts fumigated with sulfuryl fluoride

Temp. (°C)	Dose (g/m ³)	Loading (t/m ³)	Time (hr.)	Repli.	No. insect tested ¹⁾	Survivor ²⁾	Mortality (%)
15	30	0.14	2	2	445	41	90.8
	40	0.14	2 4	2 4	445 1,303	7 20	98.4 98.5
20	0.14	0.14	2	1	228	60	73.7
			4	1	131	20	84.7
25	0.14	0.14	2	1	169	9	94.7
			2	1	169	1	99.4
			3 4	2 1	647 131	7 5	98.9 96.2

¹⁾ Number of test insects was estimated the number in untreated control lot.

²⁾ Mortality was evaluated for 60 days and emerged larvae from chestnuts were considered to be live insects.

薬量の約64%、3時間後には約55%までガス濃度が減少した。

9月下旬及び10月上旬に収穫したくり果実を15℃、10～40g/m³、収容比0.14t/m³で2時間くん蒸したときのクリシギゾウムシのヨウ化メチル感受性は、Table 3のとおりである。

15℃、2時間くん蒸におけるクリシギゾウムシのLD₅₀値は15.0g/m³、LD₉₅値は32.3g/m³であった。

ヨウ化メチルくん蒸によるクリシギゾウムシの完全殺虫に必要な薬量を算出するため、15℃及び25℃、収容比0.14t/m³、30～60g/m³の範囲で2～4時間くん蒸した結果は、Table 4のとおりである。

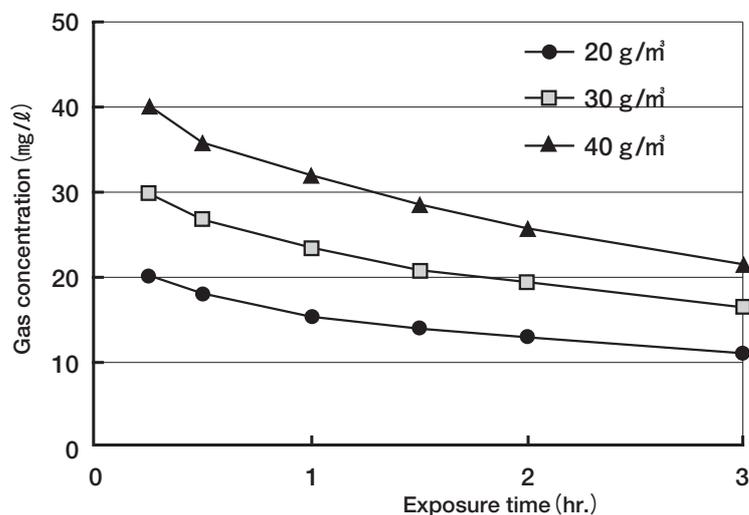


Fig 3. Progressive gas concentrations in methyl iodide fumigation of chestnuts with 0.14t/m³ loading.

Table 3. LD₅₀ and LD₉₅ values for *Curculio sikkimensis* in chestnuts fumigated with methyl iodide at 15℃ for 2 hours with 0.14t/m³ loading.

Pest	LD ₅₀ (95%FL)	LD ₉₅ (95%FL)
<i>Curculio sikkimensis</i> (Chestnut curculio) eggs and larvae in chestnuts	15.0g/m ³ (12.5-16.9)	32.3g/m ³ (30.4-34.8)

- 1 Number of test insects was estimated the number (5,129) in untreated control lot.
- 2 Mortality was evaluated for 60 days and emerged larvae from chestnuts were considered to be live insects.

Table 4. Mortalities of *Curculio sikkimensis* in chestnuts by methyl iodide fumigation.

Stage	Temp. (°C)	Dose (g/m ³)	Loading (t/m ³)	No. insect tested ¹⁾	Mortality (%) ²⁾		
					2hr fumigation	3hr fumigation	4hr fumigation
Eggs and immature larvae in chestnuts	15	30	0.14	1,975	94.3	97.5	100
		40	0.14	1,772	99.6	100	100
		50	0.14	2,022	100	100	-
		60	0.14	1,450	100	-	-
Eggs, mature and immature larvae in chestnuts	15	40	0.14	1,221	96.8	99.6	-
		50	0.14	1,279	98.9	99.0	-
		60	0.14	882	99.9	-	-
	25	40	0.14	1,822	97.7	99.7	-
		50	0.14	956	99.9	-	-
		60	0.14	381	99.2	-	-

¹⁾ Number of test insects was estimated the number in untreated control lot.

²⁾ Mortality was evaluated for 60 days and emerged larvae from chestnuts were considered to be live insects.

Table 5. Mortalities of *Cydia kurokoi* and *Comogethes punctiferalis* in chestnuts fumigated with methyl iodide.

Pests	Temp. (°C)	Time (hr.)	Loading (t/m ³)	No. insect tested	Mortality (%)			
					20g/m ³	30g/m ³	40g/m ³	50g/m ³
<i>Cydia kurokoi</i> (Chestnuts fruit moth)	15	2	0.14	228	81.6	96.4	100	100
<i>Comogethes punctiferalis</i> (Yellow peach moth)	15	2	0.14	79	100	100	100	100

¹⁾ Number of test insects was estimated the number in untreated control lot.

²⁾ Mortality was evaluated for 60 days and emerged larvae from chestnuts were considered to be live insects.

クリシギゾウムシの卵及び若齢幼虫が寄生した果実では、2時間くん蒸で50g/m³、3時間くん蒸では40g/m³、4時間くん蒸では30g/m³で完全殺虫が得られた。しかし、同時に老熟幼虫が寄生した果実では、これらの条件であっても98.9～99.6%の殺虫率で、さらに60g/m³、2時間、15℃及び25℃の条件でもわずかに生存虫が認められ（殺虫率：99.2～99.9%）、老熟幼虫の感受性が低いことが明らかとなった。老熟幼虫は収穫後期の果実に多い傾向があったが、収穫後期でも老熟幼虫の寄生が認められなかった果実では完全殺虫が得られた。

供試したくり果実には、クリシギゾウムシの他にクリミガ (*Cydia kurokoi*)、モモノゴマダラノメイガ (*Comogethes punctiferalis*) の幼虫の寄生が認められたが、Table 5に示すとおり、両害虫はヨウ化メチル40g/m³、15℃、2時間、収容比0.14t/m³の条件で完全殺虫された。したがって、ヨウ化メチルくん蒸に対しクリミガ及びモモノゴマダラノメイガは、クリシギゾウムシよりも感受性が高いものと考えられる。

以上の結果から、リン化水素は、くり果実に寄生したクリシギゾウムシに対して殺虫効果が低く、また、収着性が高いことからくり果実に対する障害が懸念され、くん蒸剤として適さない可能性が高い。また、フッ化スルフルルは殺虫力が高いものの、卵に対する効果が低いことが考えられるため、収穫期の使用には適さないものとする。ヨウ化メチルは、老熟幼虫に対する効果が完全ではないが、卵及び若齢幼虫の寄生果実では50g/m³、15℃、2時間のくん蒸で完全殺虫が可能であるとする。くり果実のくん蒸処理は、寄生した卵や幼虫が発育する前に、すなわち、果実内部に被害が及ぶ前に処理することが商業的にもっとも効果的であることから、ヨウ化メチルは臭化メチル代替剤として実用性のあるくん蒸剤であるとする。しかし、低温で輸入されるくり果実からはクリシギゾウムシ等、数種シギゾウムシ類の老熟幼虫の寄生が確認されており（真崎、1985）、当該基準では完全殺虫が得られないことが想定されるため、薬量、くん蒸時間等について、なお調査、検討が必要である。

摘 要

クリシギゾウムシの寄生した収穫直後のくり果実を用い、リン化水素、フッ化スルフルル及びヨウ化メチルくん蒸による殺虫効果を調査した。

リン化水素では、15℃、1.5g/m³及び25℃、2.0g/m³、収容比0.14t/m³の条件で24時間及び48時間くん蒸した結果、殺虫率は18.0～95.2%の範囲で殺虫効果は比較的低かった。

フッ化スルフルルでは、15℃、40g/m³、2時間、収容比0.14t/m³の条件で98.4%の高い殺虫率を示したが、卵に対する殺虫効果が低いため25℃、40g/m³、4時間、収容比0.14t/m³の条件でも殺虫率は96.2%で、完全殺虫は得られなかった。

ヨウ化メチルくん蒸に対する感受性は、15℃、2時間、収容比0.14t/m³の条件で、LD₅₀値が15.0g/m³、LD₉₅値が32.3g/m³であった。卵及び若齢幼虫が寄生した果実では2時間くん蒸で50g/m³、3時間くん蒸で40g/m³、4時間では30g/m³で完全殺虫が得られたが、老熟幼虫が寄生した果実では、15℃～25℃、60g/m³、2時間、収容比0.14t/m³の条件で、99.2%～99.9%の殺虫率で、完全殺虫は得られなかった。同時に寄生していたクリミガ及びモモノゴマダラノメイガの幼虫は、ヨウ化メチル40g/m³、15℃、2時間の条件で完全殺虫され、クリシギゾウムシよりも感受性が高かった。

引用文献

- 真崎 誠 (1985) 中国産クリから発見された *Curculio* 属 4 種について. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 21:81-84.
- 松岡郁子・相馬幸博・三角 隆・内藤浩光・川上房男 (2002) リン化水素くん蒸による輸出用二十世紀梨の消毒試験. 1. 二十世紀梨の薬害耐性とカンザワハダニの殺虫効果. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 38:5-8.
- MIZOBUCHI, M., I. MATSUOKA, Y. SOMA, H. KISHINO, S. YABUTA, M. IMAMURA, T. MIZUNO, Y. HIROSE and F. KAWAKAMI (1996) Susceptibility of Forest Insect Pests to Sulfuryl Fluoride. 2. Ambrosia Beetles. *Res.Bull.Pl.Prot. Japan* 32:77-82.

- 内藤浩光・相馬幸博・松岡郁子・三角 隆・赤川敏幸・溝渕三必・川上房男 (1999) メチルイソチオシアネートによる木材害虫の殺虫試験. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 35:1-4.
- NAITO,H., M.GOTO, N.OGAWA, Y.SOMA and F.KAWAKAMI (2003) Effects of Methyl Iodide on Mortality of Forest Insect Pests. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 39:1-6.
- 扇田哲男・相馬幸博・溝渕三必・小田義勝・松岡郁子・川上房男 (1997) リン化水素による木材害虫の殺虫試験. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 33:17-20.
- SOMA,Y., S.YABUTA, M.MIZOBUCHI, H.KISHINO, I.MATSUOKA, M.GOTO, T.AKAGAWA, T.IKEDA and F.KAWAKAMI (1996) Susceptibility of Forest Insect Pests to Sulfuryl Fluoride. 1. Wood Borers and Bark Beetles. *Res.Bull.Pl.Prot. Japan* 32:69-76.
- 相馬幸博・岸野秀昭・赤川敏幸 (1996) 穀類豆類くん蒸におけるリン化水素の収着性. *Res. Bull.Pl.Prot.Japan* 32:47-50.
- 相馬幸博・溝渕三必・扇田哲男・三角 隆・岸野秀昭・赤川敏幸・川上房男 (1997) 木材害虫のフッ化スルフリル感受性に関する試験. 3.25℃における感受性. *Res. Bull.Pl.Prot.Japan* 33:25-30.
- 相馬幸博・松岡郁子・内藤浩光・土屋芳夫・三角 隆・川上房男 (2002) リン化水素くん蒸による輸出用二十世紀梨の消毒試験. 2.投薬機を利用したリン化アルミニウム剤による実用化くん蒸試験. *Res.Bull.Pl.Prot.Japan* 38:9-12.