

リン化水素によるグラナリアコクゾウムシ (*Sitophilus granarius* L.) 蛹の 100% 殺虫条件の調査

林 浩司¹⁾・西崎 博則・内藤 浩光・赤川 敏幸

横浜植物防疫所調査研究部

Study on 100% Mortality Condition of Phosphine on the Pupal Stage of the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera : Dryophthoridae). Hiroshi Hayashi¹⁾, Hironori Nishizaki, Hiromitsu Naito and Toshiyuki Akagawa (Research Division, Yokohana Plant Protection Station, 1-6-10, Shin-Yamashita, Naka-ku, Yokohama, 231-0801 Japan yokohama_shodoku@pps.maff.go.jp ¹⁾Shimizu Substation, Nagoya Plant Protection Station, 9-1, Hinode-cho, Shimizu-ku, Shizuoka, 424-0922, Japan shimizu@pps.maff.go.jp). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan*. **52**:7-10 (2016).

Abstract: Fumigation tests were conducted using pupal stage of the granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) infesting wheat and sorghum using phosphine in order to specify the conditions that could achieve 100% mortality rates of the pupae. The fumigation with wheat and sorghum was conducted at dose of 0.3–2.0 mg/l for 2–14 days at 15°C, 20°C, and 25°C (sorghum only at 15°C). As a result of the fumigation tests of wheat, the pupae were killed completely at 0.5 mg/l for 5 days at 25°C and 1.0 mg/l for 7 days at 20°C. The pupal stage of the granary weevil infesting sorghum were killed completely for 9 days at 15°C, shorter than the fumigation duration of the pupae infesting wheat. Sorption test of phosphine using wheat was investigated at 20°C and 25°C at a dose of 2.0 mg/l with a loading factor of 0.5 kg/l. As a result of the fumigation and sorption tests, it was demonstrated that pupae of the granary weevil infesting wheat were killed completely at a dose 2.0 mg/l with a loading factor of 0.5 kg/l for 5 days at 25°C–35°C and for 7 days at 20°C–25°C.

Key Words: *Sitophilus granarius*, fumigation, phosphine, wheat, sorghum

緒 言

グラナリアコクゾウムシ (*Sitophilus granarius* L.) は、北米やヨーロッパなど世界各地に発生し、主に乾燥したコムギやオオムギの穀粒に寄生する害虫であり、その他多くの貯蔵穀物にも加害することが知られている (CABI, 2014)。また、植物防疫法施行規則 (昭和 25 年 6 月 30 日号外農林水産省令第 73 号) においてグラナリアコクゾウムシは、検疫有害動植物に指定されていることから、輸入検疫の際に発見された場合、くん蒸等の検疫措置を講じる必要がある。

輸入穀類等検疫要綱 (昭和 46 年 2 月 6 日 45 農政第 2628 号) で、グラナリアコクゾウムシは、臭化メチルくん蒸による消毒基準が設定されているものの、臭化メチルは「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」において、代替技術への転換、使用量の削減が求められている (IPPC, 2008)。一方、リン化アルミニウム (殺虫有効成分：リン化水素) くん蒸については、現行の輸入穀類等検疫要綱による消毒基準は設定されていないものの、過去の報告で 15°C の場合、0.39mg/l で 16 日、20°C の場合、0.5mg/l で 10 日、25°C の場合、1.65mg/l で 4 日及

び 0.32mg/l で 7 日以上のかん蒸条件で殺虫されとしている (Barbara et al., 1976; 後藤ら, 1996)。

そこで、グラナリアコクゾウムシに対応したリン化アルミニウムの消毒基準を検討するため、輸入穀類等検疫要綱及び過去の報告を基に、より詳細な試験区を設定し、リン化水素によって 100% 殺虫することのできるくん蒸条件 (薬量、温度及び時間) について調査した。また、実際のかん蒸では穀類の収着性を考慮する必要があるため、コムギの収着性試験を行ったので、その結果を報告する。

材料及び方法

1. 殺虫試験 供試虫

2000 年にイギリスから独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所に導入され、2002 年に当所調査研究部に分譲され飼育されているグラナリアコクゾウムシ (農林水産省指令 12 横植第 336 号) を、25°C、60%R.H.、16L:8D の条件で累代飼育しているものを供試した。

¹⁾ 名古屋植物防疫所清水支所

グラナリアコクゾウムシは、リン化水素に対し、蛹が最耐性ステージとしているため (R.W.HOWE, 1973; 森・川本, 1966)、殺虫試験には蛹を使用することとした。

試料は、好適寄主であるコムギ (日本産) 及び好適寄主ではないモロコシ (アルゼンチン産) を使用し、コムギでは 150g あたり 600-700 頭の成虫を、モロコシでは 150g あたり 1,200-1,400 頭の成虫を 3 日間放飼し産卵させた。コムギは産卵後 30 日経過したもの、モロコシは産卵後 34 日経過したものを殺虫試験に用いた。

く ん 蒸

くん蒸には、内容積約 5 l のガラス製くん蒸ビンを使用した。コムギに寄生させた蛹の殺虫試験は、15、20 及び 25℃ の条件下で行い、15℃ では薬量 2.0mg/l、9、12 及び 14 日間、20℃ では薬量 0.3、0.5、1.0 及び 2.0mg/l、3、5、7、9 及び 12 日間、25℃ では薬量 0.3、0.5、1.0 及び 2.0mg/l、2、3、5、7 及び 9 日間とした。モロコシに寄生させた蛹の殺虫試験は、15℃ の条件下で、薬量 2.0mg/l、5、7、9 及び 12 日間とした。グラナリアコクゾウムシの蛹を寄生させた試料は、くん蒸前日に 1 試験区あたりコムギは 15g、モロコシは 30g に分け、くん蒸温度に設定したくん蒸実験室で温度順化させた。くん蒸時には、この小分けした試料を不織布のバック (9.5cm × 7.0cm) に入れ、くん蒸ビンの空間部に吊り下げた。投薬は、リン化水素ボンベ (高千穂化学工業株式会社製、PH₃ 9.89%、N₂ バランス及び PH₃ 10.2%、N₂ バランス) からガラス製シリンジでリン化水素ガスを所定量採取し、減圧状態のくん蒸ビンに投薬した後、速やかに常圧に戻した。投薬後は、ガラス製シリンジを使用し、くん蒸ビン内を攪拌した。くん蒸中のガス濃度は、くん蒸ビン空間部からマイクロシリンジでサンプルを採取し、TCD 検出器付きガスクロマトグラフ (GC-2014: 島津製作所製) により、投薬 3 時間後及びくん蒸終了時に測定した。くん蒸中の温度は、ワイヤレスデータロガー (おんどとり WL: T&D 社製) を使用し確認した。くん蒸終了後は、ガス排出装置を用いて 1 時間排気した。

殺虫効果の確認

くん蒸後、処理区及び対照区の供試虫は累代飼育の条件下で保管し、週に 2-3 回観察し羽化脱出成虫をカウントし除去した。調査期間は、羽化予定日である産卵後 40 日後から 30 日間とした。殺虫率は、対照区の羽化脱出成虫数をもとに推定した。なお、本試験に供試した蛹の有効供試虫数を推定するため、同時に寄生させたコムギ 7.5g 及びモロコシ 15g をくん蒸当日凍結処理し、後日切開調査して、蛹化率を確認した。

$$\begin{aligned} \text{殺虫率 (\%)} &= (1 - \text{処理区脱出成虫数} / \\ &\quad \text{対照区脱出成虫数}) \times 100 \\ \text{蛹化率 (\%)} &= \text{蛹数} / \text{寄生頭数} \times 100 \end{aligned}$$

2. 収着性試験

コムギ等の穀物は、輸入検疫の際に検疫有害動植物が発見された場合、サイロ (収容比 0.5kg/l 程度) でくん蒸することが

想定されるが、殺虫試験では少量の試料 (コムギ及びモロコシ) しか使用していないため、通常のサイロくん蒸時と同等の収容比で試料の収着性を考慮する必要がある。すなわち、100% の殺虫効果が確認されたくん蒸条件下で、試料を通常のサイロと同程度に収容した状態でも、100% の殺虫結果となったガス濃度を維持することが必要となる。これを確認するため収着性試験を実施した。

5 l のガラス製くん蒸ビンに、コムギを収容比 0.5kg/l で収容し密閉した。25 及び 35℃ の条件下で、リン化水素ボンベ (高千穂化学工業株式会社製、PH₃ 9.89%、N₂ バランス及び PH₃ 10.2%、N₂ バランス) からガラス製シリンジでリン化水素ガスを薬量 2.0mg/l になるよう採取し、減圧状態のくん蒸ビンに投薬した。投薬後速やかに常圧に戻し、手動ポンプ (ゴム球) を使用し、くん蒸ビン内の空気を 2 分間循環させた。ガス濃度は、くん蒸ビン空間部からマイクロシリンジでサンプルを採取し、TCD 検出器付きガスクロマトグラフ (GC-2014: 島津製作所製) により、投薬 3 時間、1、2、5、7 及び 9 日後に測定した。くん蒸中の温度は、ワイヤレスデータロガー (おんどとり WL: T&D 社製) を使用し確認した。くん蒸終了後は、ガス排出装置を用いて 1 時間排気した。

結果及び考察

1. 殺虫試験

コムギに寄生させたグラナリアコクゾウムシの蛹をリン化水素でくん蒸した結果を Table 1 に示す。15℃ において、薬量 2.0mg/l では 12 日間で 100% の殺虫率となった。20℃ において、薬量 0.3mg/l で 12 日間、0.5mg/l で 9 日間、1.0mg/l で 7 日間、2.0mg/l では 5 日間で 100% の殺虫率となり、25℃ では、0.3mg/l で 7 日間、0.5 及び 1.0mg/l で 5 日間、2.0mg/l では 3 日間で 100% の殺虫率となった。いずれも薬量を増やすことにより 100% 殺虫までのくん蒸時間が短くなった。

また、温度別で比較すると、薬量 2.0mg/l の場合、25℃ は 3 日間で 100% の殺虫率を達成し、20℃ の 5 日間と比べくん蒸日数が 2 日短くなった。15℃ では 12 日間にならなければ 100% の殺虫率に至らず、20℃ と比べ 2 倍以上のくん蒸日数がかかり、7 日の差があった。このことから、15 から 20℃ の間で、薬剤感受性が大きく低下することが示唆された。後藤ら (1996) は、15℃、薬量 2.0mg/l の LT₉₅ 値は 8.5 日であり 100% 殺虫するためにはそれ以上の時間が必要であるとしており、本試験結果によって、15℃、薬量 2.0mg/l の条件で 100% の殺虫率を達成するくん蒸日数は 10 日以上であることが確認された。

モロコシに寄生させたグラナリアコクゾウムシの蛹を、15℃、薬量 2.0mg/l で 5、7、9 及び 12 日間くん蒸した結果を Table 1 に示す。この結果、コムギに寄生させた場合よりも短い 9 日間で 100% 殺虫され、リン化水素に対する感受性が高くなることが示唆された。西崎ら (2016) によれば、モロコシで発育したグラナリアコクゾウムシは、コムギに比べ穀粒から脱出できずに死亡している数が多く、脱出できた成虫についても体が小型になる傾向があるとし、これらの原因として、可食部

重量が少ないことが考えられると報告している。このため、コムギよりも短い時間で100%殺虫された一因として、モロコシを餌とした場合、可食部が少ないことから十分な食料が得られず生育状態が劣っていたため、くん蒸の影響を受けやすい蛹に成長していたのではないかと推測された。モロコシに寄生した

蛹は、コムギに寄生した蛹より短い時間で100%殺虫されることがわかったことから、20℃及び25℃についても、モロコシに寄生した蛹で殺虫試験を実施することにより、コムギより短い時間で100%殺虫することができる可能性がある。

Table 1. Mortalities of pupae of *Sitophilus granarius* fumigated with phosphine (mean% $\pm$ SD)

Infested Grain	Temperature (°C)	Dose (mg/l)	Replicates	Control*	Duration of fumigation						
					2	3	5	7	9	12	14
Wheat	15	2.0	3	703	-	-	-	-	99.6 $\pm$ 0.5	100	100
		0.3	3	727	-	-	-	96.1 $\pm$ 0.8	99.6 $\pm$ 0.5	100	-
		0.5	3	648	-	-	-	99.3 $\pm$ 0.8	100	100	-
		1.0	3	654	-	-	98.9 $\pm$ 1.3	100	100	-	-
	20	2.0	3	734	-	92.8 $\pm$ 4.4	100	100	-	-	-
		0.3	3	618	-	-	99.3 $\pm$ 0.9	100	100	-	-
		0.5	3	601	-	95.7 $\pm$ 0.6	100	100	-	-	-
		1.0	3	708	-	99.9 $\pm$ 0.2	100	100	-	-	-
	25	2.0	3	754	93.7 $\pm$ 5.9	100	100	-	-	-	-
Sorghum	15	2.0	5	343	-	-	94.4 $\pm$ 5.5	98.7 $\pm$ 0.8	100	100	-

*Total number of *S. granarius* pupae in three replicates

2. 収着性試験

25 及び 35℃、収容比 0.5kg/l、薬量 2.0mg/l でのコムギの収着性試験の結果は Fig. 1 のとおりである。温度で比較すると、35℃の残存ガス濃度は、25℃と比べ低くなっており、相馬ら (1996) の報告のように、温度が高い方が収着量が多いことが確認された。

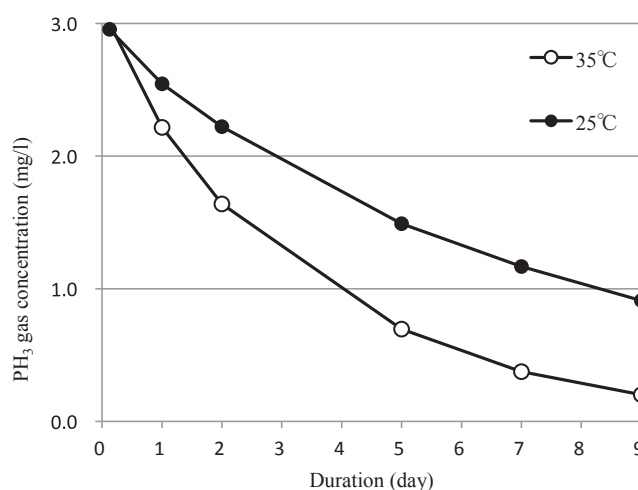


Fig1. Progressive gas concentration during sorption test of wheat fumigated with phosphine at dose of 2.0 mg/l for 9 days at 25°C and 35°C with loading factor of 0.5 kg/l.

3. 消毒基準の検討

殺虫試験の結果、温度が高いほど100%殺虫するまでの時間は短くなり、収着性試験の結果、温度が高いほどガス濃度の低下が大きくなることから、25℃の殺虫試験と35℃の収着性試験の結果から25℃以上35℃未満の殺虫効果、20℃の殺虫試験

と25℃の収着性試験の結果から20℃以上25℃未満の殺虫効果を判断することができる。

コムギの収容比 0.5kg/l、35℃の収着性試験の結果、5日で0.70mg/lの濃度となり、25℃の殺虫試験で100%殺虫された薬量0.5mg/l以上の濃度が保たれていることから、25℃以上35℃未満でグラナリアコクゾウムシの蛹を100%殺虫する条件は、薬量2.0mg/l以上、5日間以上であった。

25℃の収着性試験の結果、7日で1.17mg/lの濃度となり、20℃の殺虫試験で100%殺虫された薬量1.0mg/l以上の濃度が保たれていることから、20℃以上25℃未満でグラナリアコクゾウムシの蛹を100%殺虫する条件は、薬量2.0mg/l以上、7日間以上であった。

今後、コムギ以外でも西崎ら (2016) の発育調査でグラナリアコクゾウムシの発育が認められた飼料作物や輸入検査においてグラナリアコクゾウムシが発見された作物等について、コムギと同様の収着性試験を行う必要がある。それらの結果と今回得られた結果をもとに、消毒基準としての導入に向けた殺虫効果を総合的に判断する必要があると考える。

引用文献

- Barbara D. Hole, C.H. Bell, K.A. Mills and Gwen Goodship (1976) The toxicity of phosphine to all developmental stages of thirteen species of stored product beetles. *J. of Stored Prod. Res.* **4**: 235–244.
- B. Delobel, A and M. Grenier (1993) Effect of non-cereal food on cereal weevils and tamarind pod weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* **29**: 7–14.
- CABI (2014). *Sitophilus granarius*. In crop protection compendium. Commonwealth Agricultural Bureau International (online).

- [<http://www.cabi.org/cpc/>] (accessed 2014 -11-25)
- 後藤睦郎・岸野秀昭・今村守一・廣瀬裕二・相馬幸博 (1996) コクゾウムシ類蛹のリン化水素及びリン化水素・二酸化炭素感受性 植防研報 **32** : 63-67.
- International Plant Protection Convention (IPPC) (2008) Replacement or Reduction of the Use of Methyl Bromide as a Phytosanitary Measures. CPM-3 (2008)/REPORT APPENDIX6.
- 森武雄・川本登 (1966) 燐化アルミニウム剤の性状と効果に関する研究 植防研報 **3** : 24-35.
- 西崎博則・林浩司・内藤浩光・赤川敏幸 (2016) 異なる飼料類におけるグラナリアコクゾウムシの発育可能性調査 植防研報 **52** : 37-43.
- R.W.HOWE (1973) : The susceptibility of the immature and adult stages of *Sitophilus granarius* to phosphine. *J. Stored Prod. Res.* **8** : 241-262.
- 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 植防研報 **32** : 47-50.