

貯穀害虫の臭化メチル感受性

4. スジマダラメイガ

渡辺 朋也・黒川 憲治

横浜植物防疫所調査研究部調査課

The Tolerance to Methyl Bromide of Stored Product Insects. 4. Almond moth, *Ephestia cautella* (WALKER). Tomonari WATANABE and Kenji KUROKAWA (Research Division, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 22: 79-86 (1986).

Abstract: To determine the tolerance of developing individuals of *Ephestia cautella*, cultured at 26°C and 70% R.H., were fumigated at 5, 15 and 25°C, for 5 hr exposure period. The concentrations of methyl bromide required for 99% mortality (LC₉₉) were estimated by probit analysis. The most tolerant stages were eggs (5, 15°C) and pupae (25°C). The 2nd instar larvae were the most susceptible among the all stages. The LC₉₉ of all the stages except 1st instar, decreased with an increased temperature.

To determine the effect of temperature and exposure period, the mature larvae and pupae were fumigated at 5, 15 and 25°C for 5, 24 and 48 hrs. The CT products (concentration×time, mg·hr/l) for 99% kill of the mature larvae at 5 hr exposure and the pupae at 5 and 24 hr exposure, increased with a decreased temperature. But those of the mature larvae increased with an increased temperature at 48 hr exposure. At 24 hr exposure, the mature larvae showed the smallest CT product at 15°C. However, at 48 hr exposure, the pupae showed the greatest value at 15°C. The CT products of the pupae at 24 and 48 hr exposure and 25°C, were smaller than those of the mature larvae. Emergence of adults from fumigated eggs and larvae delayed compared with that from untreated ones. In the 4, 5th and mature larvae, a correlation was observed between the percentage of the mortality and the delay of mean emergence period of survived moth. More than 20% deformed adults emerged from fumigated pupae in spite of any mortalities. Less than 25% deformed adults emerged from fumigated larvae.

緒 言

臭化メチル CH₃Br は、わが国の輸入農産物の検疫くん蒸処理に、もっとも多く使用されている農薬である。近年この臭化メチルも他の多くの農薬と同様に、取り扱いの安全性や残留毒性についての検討がされている。当所では、安全性の高いくん蒸技術に関する調査の一環として貯穀害虫の臭化メチルに対する感受性を調べ、もっとも低濃度でしかも効果的に殺虫ができる条件について検討している（秋山ら, 1980, 1983; 秋山・黒川, 1984）。そしてこれまでの結果から、1) 発育段階により感受性は変化する、2) くん蒸時の温度、くん蒸時間を変えると感受性が変化する、3) 昆虫の種によって1), 2) のパターンが異なる、ことなどが明らかとなった。今回は、スジマダラメイガ *Ephestia cautella* (WALKER) を用い、発育段階による臭化メチル感受性の変化ならびにくん蒸後の成育にあたる影響について、およびくん蒸条件（温度、時間）が感受性に与える影響について検討をしたのでここに報告する。

本試験を行うにあたり、当所調査課の諸兄に数多くのご援助をいただいた。また当所調査研究部長尊田望之氏には本報のご校閲を賜った。本文に先だち、慎しんでお礼申しあげる。

材 料・方 法

1. 供試昆虫

使用したスジマダラメイガは、1976年6月に横浜市内の飼料工場で採集し、26°C, 70% R.H., 暗黒条件下で累代飼育した系統である。この条件では休眠は観察されず、約28日で1世代を終了するので、試験を開始した1983年9月までで、約90世代を経過していた。餌は、ふすまにグリセリンを重量比で12%加えて用いた。飼育容器はプラスチック製（16×22×7.5 cm）で、ふたに4×5 cmの穴をあけ、紙をはって空気の流通をよくした。系統保存のための累代飼育時は、この容器に餌100 gと、24時間以内に産下された卵500個を入れた。試験のための大量飼育には、同じ容器に餌200 gと卵1,000個を入れたものを必要数用意した。

Table 1. Head capsule widths and growth ratio for larvae of *E. cautella*.

Stage	No. larvae used	Head capsule(mm) widths	Coefficient of variation(%)	Growth ratio	Days after oviposition
Eggs	—	—	—	—	0 — 4
I	42	0.197	4.2	—	4 — 7.5
II	58	0.290	4.9	1.47	7.5—10.5
III	49	0.445	8.0	1.53	10.5—13
IV, V	64	0.661	12.9	1.49	13 —16
Mature larvae	33	0.886	3.7	1.34	16 —20
Pupae	—	—	—	—	18.5—30
Adults	—	—	—	—	26 —30

2. 卵, 幼虫, 蛹の各期間の推定

発育段階による臭化メチルに対する感受性の変化を調べるため、卵から成虫までの各発育段階の期間を次の方法で推定した。

広口びん(内容積約 200 ml)に、餌 5g と 24 時間以内に産下された卵を 30 個加えた。別に秤量びんに卵 50 個を入れふ化の状態をみた。ふ化終了後から 2, 3 日ごとに広口びん 1 個に 70% エタノールを注入し、中の幼虫を取り出してマイクロメーターで頭幅を測定した。しっかりとした繭を作った時期、蛹化・羽化の時期も調べた。得られた頭幅の頻度分布から、幼虫の齢数、齢期間を推定した。卵から成虫までの各発育段階の期間を Table 1 に示した。Table 1 をもとに感受性を調べる時期を決定した。

3. 試験方法

試験 1 発育段階による感受性の変化

くん蒸中に感受性が変化するのを防ぐため、くん蒸時間は 5 時間とした。くん蒸温度は 5, 15, 25°C の 3 区を設けた。相対湿度は 3 温度区とも 70% となるように調節した。供試昆虫は、以下に示すように、くん蒸時の発育段階に応じて、取り扱い方法、飼育容器、くん蒸用飼育容器をかえた。そして、くん蒸用飼育容器中でくん蒸前日まで飼育条件下に置き、くん蒸開始の 18 時間前にくん蒸温度に移した。くん蒸後は、ガス抜き終了後ただちに飼育条件下にもどした。

i) 卵, 1 齢幼虫

卵と餌をキムワイプで軽く包み、くん蒸に供した。ひと包みに餌 1g と、6 時間以内に産下された卵 60 個を入れた。くん蒸後は餌 5g を入れた広口びんにキムワイプごと移し、包みを開いた状態で保存した。

ii) 2 齢幼虫

用いた卵数は i) と同じ、餌は 5g とした。これらを用いたくん蒸用飼育容器(内径 3 cm, 長さ 8 cm の両切りガラス管の一端に 60 メッシュの金網をはったもの、以下ケージと称する)に入れ、ケージの両端をナイロンネット(150 メッシュ)で覆った。くん蒸後はケージ中に 4・5 齢になるまで置いてから広口びんに移した。

iii) 3・4・5 齢幼虫

卵数と餌の量は ii) と同じである。これを広口びんに入れて保存し、くん蒸前日にケージへ移した。くん蒸終了後は、その日のうちに広口びんへふたたびもどした。

iv) 終齢幼虫

大量飼育した幼虫 30 頭を、餌 5g とともにケージへ入れ、ケージの上部をナイロンネットで覆った。くん蒸終了後は iii) と同じとした。

v) 前蛹, 蛹

用いた昆虫数、餌の量は iv) と同じである。終齢幼虫が広口びん中で前蛹、蛹になった後、ケージへ移しかえた。くん蒸終了後は、iii) と同じとした。

1 薬量区あたり、ひと包みあるいは 1 ケージを使用した。

試験 2 くん蒸時間とくん蒸温度が感受性に与える影響

くん蒸時間は 5, 24, 48 時間、くん蒸温度は 5, 15, 25°C とし、それぞれを組み合わせた区での感受性を調べた。供試昆虫には、終齢幼虫と蛹を使用した。試験 1 の結果から、蛹でも日齢によって感受性が変化することがわかったので、この試験 2 には、感受性ももっとも低い 24 日齢の蛹を用いた。取り扱い方法は、終齢幼虫、蛹ともそれぞれ試験 1 の iv) および v) と同じである。1 薬量あたり 2 ケージ(60 頭)を使用し、くん蒸前後の温度処理は試験 1 と同じにした。

4. くん蒸装置とくん蒸方法

くん蒸装置は、秋山・黒川(1984)が使用した内容積約5 lの全ガラス製を用いた。装置内への臭化メチルの注入は次の手順でおこなった。まず装置内を、注入する臭化メチルの体積よりやや多めに空気を抜き、ミニナートバルブ付きバイアルびん中の気体状の臭化メチルを、ガラスシンジにとり、一定量を装置内へ注入する。最後に装置内を大気圧にもどした。注入後装置内の攪はん子をマグネチックスターラで回転させ、装置内のガスを均一化させた。臭化メチルの濃度は、FID付ガスクロマトグラフで測定した。ガスクロマトグラフの条件は、秋山ら(1980)と同じである。くん蒸終了後、ただちに装置内の臭化メチルを吸引排気し、ケージあるいは、キムワイブを取り出した。これらは、飼育条件下で1時間新鮮な空気気流中に置き、餌の中に残存する臭化メチルを脱着させた。

5. 殺虫効果の判定

臭化メチルクん蒸の殺虫効果は、成虫の羽化をもって判定した。羽化開始日から21日間、最初の1週間は毎日、あとは2~3日に一度、羽化個体をチェックし取り除いた。奇形個体は生存個体とし、蛹殻から完全に脱皮できずに死亡したものは、死亡個体とした。各くん蒸区の死亡率は、ABBOTT(1925)の補正式を用いて以下のように求めた。

$$Y' = 100(X - Y)/X (\%) \quad \text{--- (1)}$$

ここで、X：無処理区の生存率

Y：くん蒸区の生存率

Y'：くん蒸区の補正死亡率

試験1で卵から4・5 齢幼虫を供試した場合は、くん蒸時の供試個体数を推定しなければならない。そこで、飼育条件下に置いた場合の羽化数をx、くん蒸以外はすべてくん蒸区と同様に扱った無処理区からの羽化数をx'とし、

$$X = 100x'/x$$

を(1)式に代入してY'を求めた。死亡率(プロビット)と臭化メチル濃度(実数値mg/l)との関係を、プロビット法(FINNEY, 1971)により計算し、50および99%死亡濃度(以下LC₅₀、LC₉₉と称す)を求めた。

生き残った個体に臭化メチルが与えた影響を調べるため、各薬量区ごとに平均羽化日数と奇形率を求めた。

結 果

1. 発育段階による感受性の変化(試験1)

結果をFig. 1に示した。LC₉₉は、1 齢幼虫を除いたすべての発育段階において、5, 15, 25°Cの順で低くなった。卵では、くん蒸時の温度により感受性の変化の傾向が異なった。5°C区では、卵の日齢が進むとLC₉₉は低下した。15°C区では、LC₉₉が2日齢で一度下がり、3日齢でふたたび上昇した。25°C区の場合、日齢による変化は他の温度区にくらべて小さく、2日齢で最高となった。幼虫から蛹までのLC₉₉の変化の傾向は、3温度区とも同じであった。2 齢幼虫が、全発育段階でもっともLC₉₉が低くなった。発育段階が進むとLC₉₉は上昇し、蛹中期で卵期を除いた最高値を示した。蛹の後期にはLC₉₉はふたたび低下した。感受性の変化の幅は、5°Cが一番大きく、15°C、25°Cの順に小さくなった。

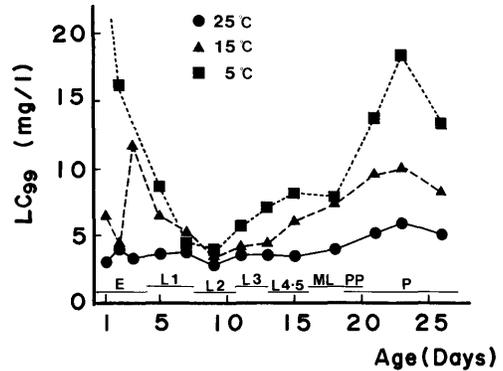


Fig. 1. The change with age in the susceptibility to methyl bromide of the developmental stages of *E. cautella* at 5, 15 and 25°C, for 5 hr exposure period. E: eggs, L1-4・5: larvae, ML: mature larvae, PP: prepupae, P: pupae.

2. くん蒸時間とくん蒸温度が感受性に与える影響(実験2)

終齢幼虫と蛹の、各くん蒸温度、時間における濃度・死亡率回帰式、LC₅₀、およびLC₉₉をTable 2に示した。5時間区では、終齢幼虫、蛹ともくん蒸温度が低下するにつれて、回帰式の傾きの値が小さくなった。24、48時間区では、このような傾向はみられない。

くん蒸時間が異なる場合、殺虫効果の比較に濃度(mg/l)と時間(hr)の積(濃度・時間積、以下CT値と呼ぶ)が用いられる。Table 2に示したLC₉₉の値を

Table 2. Regression equation and estimated lethal concentrations (with 95% confident limits) for the mature larvae and pupae of *E. cauteila* fumigated with methyl bromide at various temperatures and exposure periods.

Stage	Exposure period (hr)	Temp. °C	Regression equation	LC ₅₀ (mg/l)	LC ₉₅	χ^2	D.F. ^c
Mature larvae	5	25	Y ^a = 5.3092 + 2.8711(x ^b - 2.6376)	2.62(2.55 - 2.69)	3.43(3.30 - 3.62)	6.8	5
		15	Y = 5.1931 + 1.0675(x - 4.2532)*	4.07(3.46 - 4.54)	6.25(5.47 - 8.57)	30.3	5
	24	5	Y = 5.0267 + 0.4702(x - 4.7051)*	4.65(3.97 - 5.31)	9.60(8.16 - 12.63)	13.5	5
		25	Y = 4.9389 + 2.7130(x - 1.0064)*	1.03(0.91 - 1.15)	1.89(1.63 - 2.44)	14.0	5
		15	Y = 5.0642 + 5.2010(x - 1.1009)	1.09(1.06 - 1.12)	1.54(1.47 - 1.62)	7.1	5
	48	5	Y = 5.3338 + 1.8422(x - 1.2457)	1.06(0.95 - 1.14)	2.33(2.06 - 2.84)	9.6	5
		25	Y = 4.9080 + 5.0989(x - 0.6219)*	0.64(0.48 - 0.85)	1.10(0.87 - 2.51)	55.0	5
Pupae	5	15	Y = 5.2491 + 7.2246(x - 0.7943)	0.76(0.74 - 0.78)	1.08(1.04 - 1.14)	7.0	5
		5	Y = 4.8110 + 6.7892(x - 0.4845)*	0.51(0.38 - 0.72)	0.86(0.68 - 2.14)	68.6	5
	24	25	Y = 4.9922 + 0.9625(x - 4.3482)	4.36(4.21 - 4.50)	6.77(6.40 - 7.29)	9.0	5
		15	Y = 5.0332 + 0.8305(x - 6.8906)	6.85(6.63 - 7.06)	9.74(9.31 - 10.33)	1.4	5
		5	Y = 4.9714 + 0.4987(x - 8.7812)	8.84(8.50 - 9.18)	13.50(12.78 - 14.48)	9.3	5
	48	25	Y = 4.9880 + 3.0658(x - 0.9199)	0.92(0.86 - 0.99)	1.68(1.55 - 1.87)	4.1	4
		15	Y = 5.0112 + 3.1633(x - 1.3697)	1.37(1.31 - 1.42)	2.10(1.98 - 2.27)	3.6	3
5	25	Y = 4.4154 + 2.1443(x - 1.1276)*	1.40(1.23 - 1.73)	2.49(2.03 - 3.75)	15.1	5	
	25	Y = 5.3365 + 6.1740(x - 0.4983)	0.44(0.41 - 0.48)	0.82(0.75 - 0.92)	0.7	5	
	15	Y = 5.1699 + 3.5916(x - 0.7757)*	0.73(0.39 - 0.87)	1.38(1.09 - 4.14)	21.1	5	
5	Y = 4.8112 + 8.2172(x - 0.5098)	0.53(0.51 - 0.56)	0.82(0.76 - 0.90)	8.6	5		

a: Probit mortality, b: Methyl bromide concentration (mg/l), c: Degrees of freedom.

*: Non-significant at 5% level (χ^2 -test).

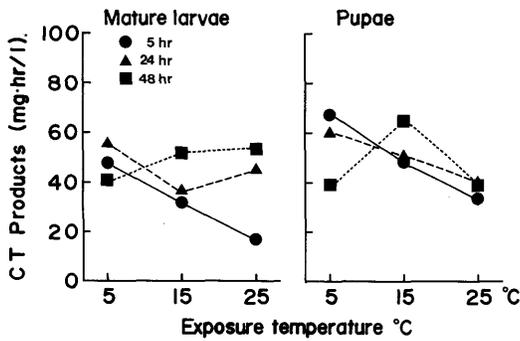


Fig. 2. Relationship between temperatures and susceptibility of mature larvae and pupae of *E. cautella* to methyl bromide. CT product = $LC_{99} \times$ exposure period.

用いて、各くん蒸条件での終齢幼虫と蛹のCT値を求めた (Fig. 2)。

くん蒸温度が高くなるとCT値が下がるのは、終齢幼虫の5時間区と蛹の5時間区および24時間区である。終齢幼虫の48時間区では、温度が高くなるとCT値も高くなった。終齢幼虫の24時間区では、15°Cで最低のCT値であり、蛹の48時間区では15°Cが最高値を示した。温度を基準に Fig. 2 をみると、終齢幼虫では5°Cでくん蒸時間によるCT値の変化がもっとも小さかったのに対して、蛹では25°Cが一番小さくなった。5時間区では、3温度区とも、終齢幼虫より蛹の方がCT値は高くなったが、24時間区および48時間区の25°Cで終齢幼虫の方が蛹よりCT値が高くなった。

3. 臭化メチルくん蒸による羽化の遅れ

試験1のくん蒸区と無処理区の平均羽化日数の差を、死亡率に対してプロットした図を Fig. 3 に示した (25°Cでの結果)。Fig. 3の縦軸の値が正の方向にずれるほど、くん蒸区の平均羽化日数が遅れたことを示す。卵では、くん蒸区は羽化が遅れたが、死亡率との間に相関はない。幼虫前期 (1~3 齢) でも、くん蒸区は羽化が遅れるが、死亡率との間に有意な相関はない。幼虫後期 (4・5, 終齢) は、すべての发育段階中で羽化の遅れの最大値を示し、死亡率との間に相関があった。蛹と前蛹では他の发育段階にくらべて羽化の遅れは少なく、死亡率との相関もなかった。

試験2の結果は、蛹、終齢幼虫について、各温度、時間条件をまとめて示した (Fig. 4)。試験1と同様に、蛹ではくん蒸区の羽化の遅れはないが、終齢幼虫では、死亡率が高くなるほど羽化が遅れる傾向があった ($r = 0.41, p < 0.01$)。

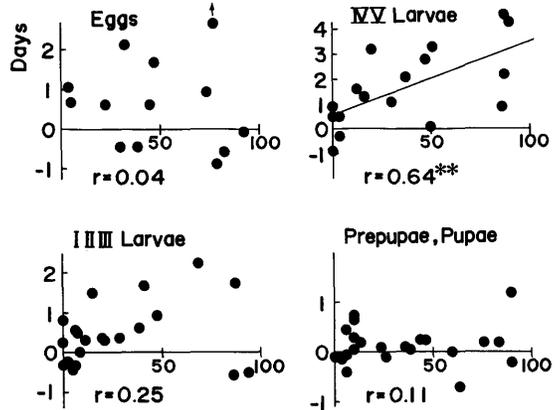


Fig. 3. The delay of mean emergence period of survived moth, *E. cautella*, at fumigated samples (25°C, 5 hr exposure period). Abscissa: percentage of the mortality, Ordinate: difference of mean emergence period between fumigated sample and the control. **: significant at 1% level by t-test.

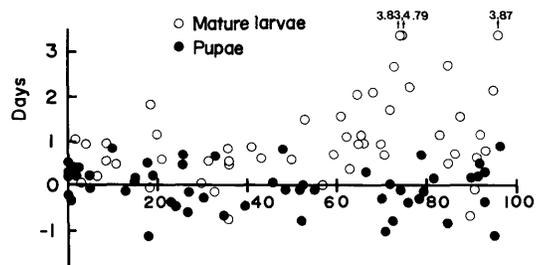


Fig. 4. The delay of mean emergence period of survived moth, *E. cautella*, at fumigated samples (5, 15 and 25°C, for 5, 24 and 48 hr exposure periods). Abscissa and ordinate see the legend of Fig. 3.

4. 臭化メチルくん蒸による奇形の出現

試験2における結果を Fig. 5 に示した。終齢幼虫では、死亡率が高くなると奇形個体が出現したが、最高でも25%であった。蛹の場合は、死亡率にかかわらず奇形が現れた。奇形の出現は、終齢幼虫、蛹ともくん蒸温度、時間に関係なかった。出現した奇形の約6割は、翅その他の形状は正常だが、前翅の模様がほとんどなく白色になった個体であった。その他の奇形は、翅がちぢれたり、巻きこんだりした個体であり、交尾器の異常は少なかった。

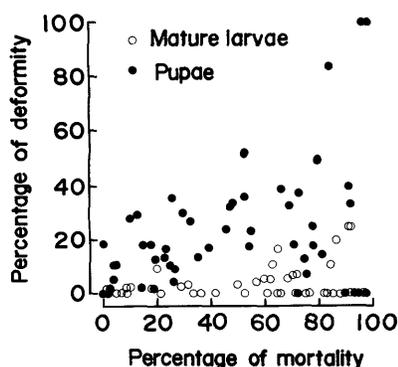


Fig. 5. Percentage of the structural deformities of adults emerged from fumigated mature larvae and pupae.

考 察

1. 発育段階による感受性の変化

スジマダラメイガの各発育段階における臭化メチル感受性の変化については、BELL (1976) が卵、終齢幼虫、蛹について他の鱗翅目3種とともに報告している。彼は、くん蒸時間を1~16時間、濃度を4~11 mg/l の間で組み合わせて、異なるCT値を作り感受性を調べている。われわれは、くん蒸時間を5時間に固定し、濃度を変えて調べたので試験方法は異なるが結果は、卵を除くと、数値は多少違うものの傾向は一致した。BELL (1976) の卵の結果は、15~25°Cの範囲でわずかであるが日齢とともに感受性が低くなっており、この傾向は残り3種のガでも同じである。われわれの場合は、温度によって異なる傾向を示した。卵については、MOSTAFA *et al.*, (1972) がくん蒸温度26°C、くん蒸時間5, 6, 7時間でスジコナマダラメイガ *E. kuehniella* および、甲虫3種の感受性を調べているが、その結果では日齢とともに感受性が高くなった。

同じ種の昆虫でも報告者により、発育段階による感受性の変化傾向が異なることがある。例としてはグラナリアコクゾウ *Sitophilus granarius* があり、HOWE and HOLE (1966) の結果では、感受性は蛹<卵<4齢<3齢<2齢<1齢の順に高くなったのに対して、UPITIS (1977) は、卵より1齢幼虫のほうが、また蛹より4齢幼虫のほうが感受性が低いと報告している。この原因としては、系統の違いはもちろんだが、くん蒸装置やくん蒸方法の違いが大きく影響している可能性がある。さらに、卵の場合、殺虫効果を卵のふ化で判定する (MOSTAFA *et al.*, 1972) か、成虫の羽化で判定する (BELL, 1976) かで、感受性の評価に差が出

てくることも考慮する必要がある。

2. くん蒸時間と温度が感受性に与える影響

終齢幼虫を24, 48時間くん蒸した場合、温度が高くなると感受性が低下した。この現象はすでに何種類かの昆虫で報告されている (秋山ら, 1980; 秋山・黒川, 1984; BELL, 1978 など)。この原因としては、1) 温度が高いほうが、昆虫の解毒能力が高くなる (BELL, 1978)、2) 温度が高いと発育が進み、感受性が変化する (秋山・黒川, 1984) ことなどが考えられている。今回の結果からは1) の現象が起こっているかどうかについての確認はできない。2) については、試験1の結果からも明らかである。蛹の48時間区で、15°Cより25°CのほうがCT値が低くなったことも、蛹の後期で感受性が高くなったことで説明できる。

温度が一定でCT値が同じでも、濃度と時間の組み合わせが違えば殺虫効果が異なることは、すでにHOWE and HOLE (1966) や BELL (1976) が述べているが、われわれの結果でも、終齢幼虫の25°C、蛹の5°Cで、同じことが観察できた。また、くん蒸温度と時間によっては、終齢幼虫と蛹で感受性が逆転した (24および48時間区の、25°C)。このことから、感受性をCT値で表現する場合は、他の報告と比較することも考えて、くん蒸温度とともにくん蒸時間と濃度を明示したほうがよい。

3. 羽化の遅れと奇形の出現

くん蒸による羽化の遅れは、卵から終齢幼虫まで観察できた。とくに後期 (4~終齢) の幼虫では、死亡率と羽化の遅れに相関があり、臭化メチルクん蒸は幼虫の脱皮・成長や蛹化に何らかの影響を与え、これを遅らせている可能性がある。蛹化後の臭化メチルクん蒸は、蛹化前とは異なる作用をしているらしい。それは蛹では羽化の遅れはないかわりに卵、幼虫をくん蒸した場合にほとんどみられなかった奇形の成虫が、高い頻度で出現することから推測できる。また、蛹では死亡率が低くても20-30%以上の奇形個体が現れていることから、蛹での奇形の出現は、臭化メチルの濃度がある閾値を超えると、濃度に関係なく起こる現象だと考えることができる。

本試験では、奇形個体はすべて生存個体とみなした。しかし、実際には奇形の程度により、正常な個体と同じように活動しているものから、ほとんど移動できずにそのまま死亡してしまうものまで観察できた。ガのように成虫が貯蔵穀類を摂食しない昆虫では、生き残った個体が次世代を残せない場合は、その個体は死

Table 3. Susceptibility ratio of *E. cautella* compared with *E. kuehniella* in the LC₉₉ to methyl bromide at various temperatures and exposure periods.
(*E. kuehniella*/*E. cautella*)

°C	Exposure period (hr)					
	Larvae			Pupae		
	5	24	48	5	24	48
25	1.1	1.1	1.4	1.1	1.2	2.4
15	0.7	0.8	0.8	1.2	1.3	1.3
5	1.0	1.0	1.1	2.4	2.7	4.0

亡したとみなしてさしつかえないのではないだろうか。そうなると、ある程度以上の奇形を生じた個体が不妊化されているならば、濃度-死亡率の回帰式、LC₅₀、LC₉₉などの値も変更する必要が生じるが、今回の試験では奇形の程度や不妊化についての詳しいデータがないので、これ以上の議論はできない。

4. 他種との比較

今回の結果をほぼ同じ条件でくん蒸をおこなったスジコナマダラメイガの終齢幼虫および蛹（秋山・黒川, 1984）、ヒラタコクヌストモドキおよびコクゾウの蛹（秋山ら, 1980）の結果とLC₉₉で比較してみた（Table 3, 4）。まずスジコナマダラメイガとくらべると、終齢幼虫の場合25°Cと5°Cではほとんど違いがないが、15°Cではスジコナマダラメイガのほうが感受性が低くなった。蛹ではすべてのくん蒸区でスジコナマダラメイガのLC₉₉が大きくなった。ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウとの比較では、すべてのくん蒸区でスジコナマダラメイガのほうが感受性が高かった。しかし、感受性の比はくん蒸条件によって1.1から8.3まで大き

く変化した。

5. 植物検疫への応用

現在輸入植物に対する臭化メチルくん蒸では、付着害虫の種による感受性の違いを考慮して、3段階の濃度を使いわけている。もっとも低い濃度が適用される高感受性害虫は、現在までのところコクゾウとコクゾウだけである。4.で考察したように、本試験に使用したスジコナマダラメイガは、調べたくん蒸条件の全範囲でコクゾウよりも感受性が高かった。つまりスジコナマダラメイガにも高感受性薬量基準が適用できる可能性がある。また考察の3.で述べたように、いわゆる完全殺虫濃度以下で生き残った個体が完全に不妊化される濃度が存在すれば、さらにくん蒸濃度を下げることが可能となる。ところがスジコナマダラメイガには、温度と光条件によって終齢幼虫で休眠する系統が報告されている（BELL *et al.*, 1983）。一般に休眠態は感受性が他の発育段階にくらべて低いことが知られている（BELL, 1977; Cox *et al.*, 1984 など）が、スジコナマダラメイガでの休眠虫の臭化メチル感受性についてはまだ報告がない。スジコナマダラメイガへ高感受性薬量基準を適用するためには、この休眠個体の感受性を明らかにする必要がある。

摘 要

26°C, 70% R.H., 暗黒条件で累代飼育したスジコナマダラメイガの臭化メチル感受性を調べた。発育段階による感受性の変化を5時間くん蒸, 5, 15, 25°Cの条件で、またくん蒸時間と温度による感受性の変化を、くん蒸時間5, 24, 48時間, 温度5, 15, 25°Cの各条件を組み合わせで調べた。

1. 発育段階により感受性は大きく変化した。もっとも低感受性は卵（5, 15°C）および蛹（25°C）であっ

Table 4. Susceptibility ratio of *E. cautella* compared with *T. confusum* and *S. zeamais* pupae in the LC₉₉ to methyl bromide at various temperatures and exposure periods.

°C	Exposure period (hr)					
	<i>T. confusum</i> / <i>E. cautella</i>			<i>S. zeamais</i> / <i>E. cautella</i>		
	5	24	48	5	24	48
25	2.3	1.6	3.9	1.6	1.1	3.5
15	3.6	3.6	2.5	1.8	2.0	1.5
5	4.7	7.0	6.7	6.0	6.2	8.3

た。2 齢幼虫が一番感受性が高かった。幼虫と蛹の感受性は1 齢幼虫を除くと、 $25 > 15 > 5^{\circ}\text{C}$ の順に低下した。

2. くん蒸時間と温度の組み合わせにより感受性は大きく変化した。24, 48時間くん蒸、 25°C では、蛹より終齢幼虫のほうが感受性が低くなった。

3. くん蒸区の羽化時期の遅れを、卵から終齢幼虫をくん蒸した場合に観察した。4・5 齢と終齢幼虫をくん蒸した場合に、死亡率と成虫の羽化の遅れに相関があった。

4. くん蒸による成虫の奇形の出現率は、幼虫をくん蒸した場合は最高で25%であったが、蛹をくん蒸した場合は、死亡率に関係なく20%以上と高頻度であった。

引用文献

- ABBOTT, W.S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* **18**: 265-267.
- 秋山博志・佃由美子・安友 純・川本 登 (1980) 貯穀害虫の臭化メチル感受性に関する研究 1. ヒラタコクヌストモドキ, コクゾウの臭化メチル感受性に関するくん蒸温度及びくん蒸時間の影響. 植防研報 **16**: 77-84.
- 秋山博志・佃由美子・安友 純・柰 雅雄 (1983) 貯穀害虫の臭化メチル感受性に関する研究 2. ヨツモンマメゾウムシ及びローデシアマメゾウムシの臭化メチル感受性に及ぼすくん蒸温度とくん蒸時間の影響. 植防研報 **19**: 73-80.
- 秋山博志・黒川憲治 (1984) 貯穀害虫の臭化メチル感受性に関する研究 3. スジコナマダラメイガの幼虫及び蛹の臭化メチル感受性に及ぼすくん蒸温度とくん蒸時間の影響. 植防研報 **20**: 7-15.
- BELL, C.H. (1976) The tolerance of immature stages of four stored product moths to methyl bromide. *J. stored Prod. Res.* **12**: 1-10.
- BELL, C.H. (1977) Tolerance of the diapausing stages of four species of lepidoptera to methyl bromide. *J. stored Prod. Res.* **13**: 119-127.
- BELL, C.H. (1978) Effect of temperature of the toxicity of low concentrations of methyl bromide to diapausing larvae of the warehouse moth *Ephestia elutella* (HUBNER). *Pestic. Sci.* **9**: 529-534.
- BELL, C.H., P.D. COX, L.P. ALLEN, J. PEARSON and M.A. BEIRNE (1983) Diapause of twenty populations of *Ephestia cautella* (WALKER) (Lepidoptera: Pyralidae) from different parts of the world. *J. stored Prod. Res.* **19**: 117-123.
- COX, P.D., C.H. BELL, J. PEARSON and M.A. BEIRNE (1984) The effect of diapause of the tolerance of larvae of *Ephestia kuehniella* to methyl bromide and phosphine. *J. stored Prod. Res.* **20**: 215-219.
- FINNEY, D.J. (1971) Probit Analysis. 3rd ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press., 333 p.
- HOWE, R.W. and B.D. HOLE (1966) The susceptibility of the developmental stages of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) to methyl bromide. *J. stored Prod. Res.* **2**: 13-26.
- MOSTAFA, S.A.S., A.H. KAMEL, A.K.M. EL-NAHAL and F.M. EL-BOROLLOS (1972) Toxicity of carbon bisulphide and methyl bromide to the eggs of four stored product insects. *J. stored Prod. Res.* **8**: 193-198.
- UPITIS, E., H.A.U. MONRO and E.J. BOND (1973) Some aspects of inheritance of tolerance to methyl bromide by *Sitophilus granarius* (L.). *J. stored Prod. Res.* **9**: 13-17.