

サヤインゲンに寄生したウリミバエの 臭化メチルくん蒸による殺虫試験および 南西諸島産サヤインゲンの 薬害試験（第1報）

田中 健治*・砂川 邦男・小田 義勝**

那覇植物防疫事務所国内課

外間 忠守***

門司植物防疫所名瀬支所

Methyl Bromide Fumigation for Control of Melon Fly (*Dacus cucurbitae* COQUILLET) in String Beans. Kenji TANAKA, Kunio SUNAGAWA, Yoshikatsu ODA (Naha Plant Protection Station) and Tadamori HOKAMA (Naze Branch, Moji Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 22: 67-78 (1986).

Abstract: To develop a new plant quarantine treatment for disinfestation of the melon fly, *Dacus cucurbitae*, in harvested string beans, fumigation tests were carried out of string beans artificially infested with the developing stages of the fly. Fumigation injuries of string beans were also investigated.

Two-hour-old and 1-day-old eggs and 1st, 2nd and 3rd instar larvae of *D. cucurbitae* were fumigated with methyl bromide over a wide range of concentrations at 15°C to compare the tolerance of the stages to methyl bromide. Of all the stages tested, the 1-day-old eggs were the most resistant to methyl bromide, and fumigation with 35 g/m³ of methyl bromide for 2.5 hr at 15°C, with a load factor of 0.117 t/m³ resulted in a complete kill of the individuals of this stage in harvested string beans.

Cultivars "Kentucky-wonder", "Sujinashi-F.S.-edogawa", "America-ingen-shakugosun" and "Keystone-sujinashi" of string beans were fumigated with methyl bromide. Of these cultivars "Kentucky-wonder" and "America-ingen-shakugosun" were more susceptible to methyl bromide, and brownish patches developed on the outer skin of these cultivars when fumigated with 35 g/m³ methyl bromide for 2.5 hr at 20°C. Within the same cultivars, the susceptibility to the fumigant also varied with the size of the pods, smaller ones being more susceptible. String beans stored at 10-15°C after the fumigation at 20°C developed injury symptoms more readily than those stored at 20°C after the same treatment. However, the load factor, brand of methyl bromide, different combinations of fumigation times and concentrations of methyl bromide under the same CT product and time after harvest of string beans did not have significant effects on the susceptibility of string beans to the fumigant.

はじめに

サヤインゲンはウリミバエの寄主植物であり、植物防疫法上の移動規制品目の一つとなっているが、EDBくん蒸によるウリミバエの完全殺虫技術が開発されたこと（野原ら、1974）に伴い、同処理を行うという条件

つきで、ウリミバエが分布する沖縄県および奄美群島からの移動が認められている。

しかしながら、EDBくん蒸の場合、くん蒸後の排気に時間がかかり、出荷がくん蒸の翌日になってしまう等の問題点もあることから、この現行の方法に加えて、さらに新しい消毒技術の開発が望まれているところである。

このような背景から、今回臭化メチルくん蒸によるウリミバエ殺虫試験および薬害試験を実施したのでその結果を報告する。

* 現在、横浜植物防疫所害虫課

** 現在、横浜植物防疫所成田支所

*** 現在、那覇植物防疫事務所国内課

沖縄県産サヤインゲンの臭化メチルくん蒸については、野原ら（1978）によって、主として薬害の観点から検討がなされ、激しい薬害の発生が報告されているが、今回の試験は、当時よりも低い薬量条件下でのくん蒸を試みたものである。

試験は基礎試験および実用化試験からなる。

I. 基礎試験

サヤインゲンは臭化メチル耐性が比較的低いため、なるべく薬量が少なく、しかも完全殺虫を保證できる条件を探索する必要がある。そこで、殺虫試験では、まず最も臭化メチル耐性の高いステージを見だし、そのステージについてプロビット9に相当する致死率を得るのに必要なCT積を得ることを、また薬害試験では、薬害発生に影響すると思われる諸要因を検討し、なるべく薬害発生の少ない条件を見いだすことをそれぞれ目標として、試験を実施した。

1. 殺虫試験

材料および方法

1) 試験に使用したウリミバエ

試験に使用したウリミバエの系統は、西表島で採集し、那覇植物防疫事務所の飼育室において、 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、75% R.H.、14L（前後の薄明り各1時間を含む）-10Dの条件で人工飼料（Ichinohe, F. *et al.*, 1976）を与えて累代飼育してきたものである。供試虫は累代飼育開始後29~31世代目の成虫から採卵して得た。供試ステージは産下当日卵（以下当日卵）、産下後1日経過した卵（以下1日齢卵）、1齢幼虫、2齢幼虫および3齢幼虫の5ステージとした。蛹、成虫については通常インゲン内部に寄生することはないこと、また蛹化前の老熟幼虫が寄生したサヤインゲンは原形を維持することはありえず、したがってこのようなものが商品化される可能性はないことから、今回の試験対象から除外した。

2) 採卵、寄生果の作成および供試虫数

採卵：成虫約4,000頭を入れた5面サラネット張りの成虫ケージ内にカボチャジュースを入れた採卵器（一戸ら, 1976）を置き、約1時間産卵させた後、卵を回収した。

寄生果の作成：まず、サヤインゲン（ケンタッキーワンダーLないしLLサイズ）のスジにそってナイフで切れ込みを入れ、果実中の種子を1~2個取り出し、そこにできる間隙に卵または幼虫を埋め込んだ。1日齢卵、1齢幼虫、2齢幼虫については、採卵当日に卵の

状態で埋め込み、その後所定の齢になるまで 27°C で飼育した。当日卵は卵を埋め込んだ当日に供試した。卵の埋め込みは、約4mm四方のカボチャ切片上に10卵をまとめてのせ、これを果実の切り口に差し込むことで行った。埋め込み後、切り口はビニールテープで封じた。保管日数は、1日齢卵で1日、1齢幼虫で2日、2齢幼虫で4日であった。3齢幼虫については、人工培地で飼育後、3齢に達した時点で幼虫を直接サヤインゲンに埋め込み、1日間保管した。インゲン1果当たりの埋め込み数は、卵、幼虫とも10頭とした。

1区当たりの供試虫数は、原則として100ないし200頭としたが、試験結果の信頼度に大きな影響を与えない範囲で随時増減させた。

なお、くん蒸に際しては、これらの寄生果をまとめてゴース布でくるみ、くん蒸に伴う幼虫の脱出を防止した。

3) くん蒸器具およびくん蒸条件

くん蒸容器はステンレス製の内容積 0.250 m^3 のくん蒸箱1台および 0.256 m^3 のくん蒸箱2台の計3台を使用した。これらはいずれも、ヒーターとサーモスタットで箱内温度の調節が可能である。

投薬には分注器を用いた。薬量は、1日齢卵~3齢幼虫の各ステージごとに9, 12, 15, 18, 21, 24 g/m^3 の6区とし、1日齢卵については17, 20, 30 g/m^3 の3区を追加した。当日卵については1日齢卵と比較することとどめ、薬量は7.5, 15, 22.5 g/m^3 の3区とした。くん蒸の時間と温度はそれぞれ2時間、 15°C とし、攪拌はくん蒸中継続した。反復は行わなかった。

4) 生存虫の調査方法

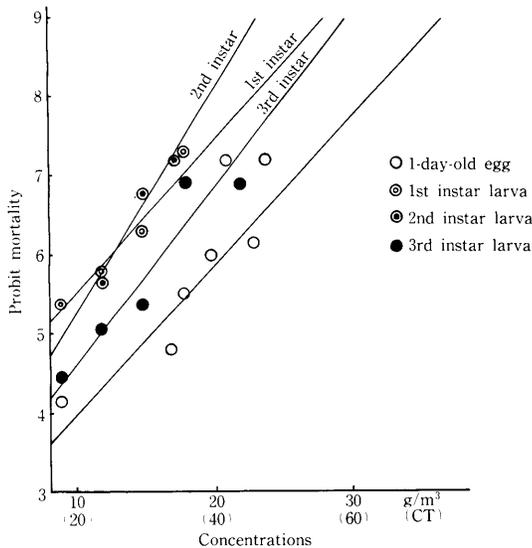
くん蒸終了後 27°C に保管しておき、卵と1齢幼虫についてはくん蒸4日後に、また2齢幼虫についてはくん蒸3日後に、それぞれ供試果を切開し、生存幼虫を調べた。3齢幼虫については、果実ごと砂上に保管し、くん蒸4日後に蛹化の有無を調べ、正常に蛹化しているものを生存虫とみなし数をかぞえた。死亡虫数は、供試虫数から生存虫数を差し引いて求めた。なお、処理区の死亡率は自然死亡の影響を除くために、アボットの補正式〔処理区の補正死亡率=（無処理区の生存率-処理区の死亡率）÷無処理区の生存率×100〕で補正した後にプロビット計算した。

結果および考察

ステージ別、薬量別の供試虫数、死亡率はTable 1に示したとおりである。このデータをもとに、CT積（常数）-死亡率プロビット値の関係を図示したのがFig. 1である。またLC50~LC99.9968（=プロビット9）の値を推定した結果はTable 2のとおりである。

Table 1. Mortality of eggs and larvae of *D. cucurbitae* in string beans after fumigation at doses of 9–24 g/m³ of methyl bromide for 2hr at 15°C

Dose g/m ³	Stage										
	1-day-old egg		1st instar larva		2nd instar larva		3rd instar larva		1-day-old egg (Additional test)		
	Number of individuals used	Mortality %	Dose g/m ³	Number of individuals used	Mortality %						
control	200	28.5	300	11.0	110	10.9	188	20.2	control	200	44.5
9	100	49.0	100	68.0	100	53.0	89	42.7			
12	100	14.0	100	80.0	100	77.0	92	60.9	17	200	62.0
15	100	19.0	100	91.0	100	97.0	72	70.8			
18	100	80.0	100	99.0	100	99.0	100	98.0	20	200	89.5
21	100	99.0	100	100	100	100	84	100			
24	100	99.0	100	100	100	100	88	97.7	23	200	92.0

**Fig. 1.** Response of the various stages of *D. cucurbitae* to methyl bromide at various exposure time

LC 50, LC 95, LC 99.9968 のいずれにおいても 1 日齢卵が最も値が高く、ついで 3 齢幼虫、最も低いのが 1, 2 齢幼虫であった。

1 日齢卵と当日卵を比較した結果は Table 3 のとおりで、当日卵は 7.5 g/m³ の薬量で 100% 死亡したが、1 日齢卵では 15.0 g/m³ まで生存虫が認められ、当日卵より 1 日齢卵で耐性が高いという傾向は明瞭であった。

以上の結果から、ウリミバエの臭化メチル耐性が最も高いステージは卵～3 齢幼虫においては 1 日齢卵であり、15°C 下でこれを完全殺虫するためには、CT 積

74.56 をやや上回る薬量と時間の組み合わせが必要であると判断された。

2. 薬害試験

青果物を臭化メチルくん蒸する際、薬害発生に影響を及ぼす可能性のある諸要因については、種々の説があるが、今回は薬量、収容比、CT 積を一定にした場合の薬量と時間の組み合わせ、薬剤メーカーの違い、採果からくん蒸までの日数、くん蒸温度、くん蒸後の保管温度等について検討した (Table 4)。栽培時期の違いも要因としては大きいと思われたが、インゲンの出荷期間 12 月～翌年 5 月に対して、今回の試験は 3 月～5 月と短かったためにこの要因は検討できなかった。

材料および方法

1) 薬害試験に用いたサヤインゲン

沖縄本島産のケンタッキーワンダー (以下ケンタッキー) およびスジナシ FS 江戸川 (以下スジナシ)、奄美群島産アメリカインゲン尺 5 寸 (以下アメリカインゲン) およびキーストンスジナシ (以下キーストン) の 4 品種を用いた。サヤインゲンをくん蒸する際には出荷用のダンボール箱 (7.5×20×31 cm で側面に 0.75×3 cm の穴が 18 個開いたもの) に入れて供試した。4 月 16 日以前の試験ではダンボール箱内に供試果のみを入れてくん蒸したが、4 月 23 日以後の試験では供試果の他に充填用の果実を入れ、1 箱当たり 2 kg とし、出荷時と同じ荷姿にしてくん蒸した。

2) くん蒸方法

くん蒸容器、温度調節の方法、投薬方法およびファンによる攪拌の期間は前記殺虫試験に同じである。

くん蒸中のガス濃度は干渉計型ガス検定器 (理研 18

Table 2. Estimated lethal doses (with 95 percent fiducial limits) of different stages of *D. cucurbitae* fumigated with methyl bromide

stage	LC50 (gh/m ³)	LC95 (gh/m ³)	LC99 (gh/m ³)	LC99.9968 (gh/m ³)
1-day-old egg	31.52 (18.76~36.20) ^{a)}	49.22 (43.42~70.0)	56.56 (48.44~89.20)	74.56
1st instar larva	15.20 (11.76~17.52)	32.22 (30.10~35.22)	39.26 (36.20~44.36)	56.56
2nd instar larva	18.74 (17.02~20.04)	30.24 (28.56~32.68)	35.02 (32.60~38.66)	46.72
3rd instar larva	23.76 (16.26~28.10)	38.98 (33.48~54.74)	45.28 (37.96~68.40)	60.74

Table 3. Mortality of 2-hour-old and 1-day-old eggs of *D. cucurbitae* in string beans after fumigation at doses of 7.5-22.5 g/m³ of methyl bromide for 2hr at 15°C

stage	Dose g/m ³			
	control	7.5	15	22.5
2-hour-old egg	17%	100%	100%	100%
1-day-old egg	31%	23.2%	82.6%	100%

型)を用いて、投薬終了10分後、投薬からくん蒸予定時間の半分が経過した時点、開放直前の計3回、それぞれくん蒸箱内上部および下部について測定した。その際、検定器のガス放出口とくん蒸箱とをビニールチューブでつなぎ、吸引したガスが再びくん蒸箱内に戻るように配慮した。

3) 薬害の調査方法

薬害の調査は、サヤインゲンの表面に現れる褐色斑の程度、萎凋の程度、鮮度、商品性を有する果実の割合、重量の減少率の5項目について実施した。

薬害の発生程度の判定に際しては、まず上記の各項目ごとに無処理区と処理区の間で比較を行い、項目ごとの障害程度を判定し、次にこれらの判定結果に基づいて全体としての薬害発生程度を評価した。

各項目ごとの調査方法および判定基準は以下のとおりである。

① 褐色斑

褐色斑の占める面積が10%を超える果実の割合をパーセントで求め、無処理区との差が全くない場合を差が無いものとして-、差が0%を超え5%以下の場合をやや差が有るものとして+、5%を超える場合を差が有るものとして++とした。

② 萎凋

萎凋が全くみられない果実から、激しくみられる果

実まで、その程度を4段階に分け、それぞれ0, 1, 2, 3と数値を与えて各区ごとに平均値をとった。無処理区との差が0.5未満の場合を-、0.5以上・1.0未満の場合を+、1.0以上の場合を++とした。

③ 鮮度

上, 中, 下の3段階に分け、各々3, 2, 1と数値を与えて各区ごとに平均値を求めた。無処理区との差が0.5未満の場合を-、0.5以上・1.0未満の場合を+、1.0以上の場合を++とした。

④ 商品性を有する果実の割合

小売段階で販売可能と思われる果実数の、供試果全体に占める割合をパーセントで求めた。無処理区との差が全くない場合を-、差が0%を超え5%以下の場合を+、5%を超える場合を++とした。

⑤ 重量減少率

くん蒸前の重量からの減少割合をパーセントで求め、処理区と無処理区との間に危険率5%で有意差が無い場合を-、有る場合を+、危険率1%で有意差が認められる場合を++とした。

全体としての薬害発生程度は、①~⑤の各判定結果から十の数をかぞえ(このとき++は+が2つとみなした)、その数の多少によりTable 4のとおり評価した。評価の基準は原則として下記によった。

○: 各項目とも-の場合

△: +が1~2個の場合

▲: +が3~4個の場合(ただし、褐色斑の項が++である場合を除く)

●: +が5個以上の場合、もしくは褐色斑の項が++の場合

なお、試験によっては調査をくん蒸後3日目および5日目の2回実施したが、その際には、サヤインゲンの消費されるまでの期間等流通上の理由から、3日目の結果を重視した。その他、各試験ごとの条件等の詳細

は Table 4 に記した。

結果および考察

1) 予備試験

従来よりも低薬量条件下での薬害発生の有無を調べるため、予備的に薬量を $35\sim 40\text{ g/m}^3$ ・くん蒸温度を $20\sim 25^\circ\text{C}$ にとり、2.5時間くん蒸を行ったところ、Table 4-A の結果を得た。すなわち、ケンタッキーでは S サイズ、L サイズともいずれの処理区にも薬害が認められた。スジナンは S サイズについては $35, 40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 25^\circ\text{C}$ 区では薬害は中程度であったが、 $40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 20^\circ\text{C}$ 区では明らかな薬害が認められた。また、同 L サイズでは $35\text{ g/m}^3, 40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 25^\circ\text{C}$ 区では薬害はなかったが、 $40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 20^\circ\text{C}$ 区では薬害が認められた。

以上の結果から、サヤインゲンを臭化メチルくん蒸した場合、 $35\sim 40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 20\sim 25^\circ\text{C}$ という従来よりも低い薬量でも条件しだいでは薬害が出ること、薬害が出現する傾向はスジナンよりもケンタッキーで強いこと、サイズでは L よりも S で薬害が現れやすいことがわかった。なお、スジナン L サイズについて、 $40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 20^\circ\text{C}$ で薬害が認められ、同 25°C 区では温度が高いにもかかわらず薬害が認められなかったことについては、原因は不明であった。

2) 薬量の検討

試験 1

1) の予備試験の結果から $35\sim 40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ 時間} \cdot 20\sim 25^\circ\text{C}$ のくん蒸条件ではサヤインゲンに薬害が生じることがわかったので、さらに薬量を落とした処理区を設けることとし、 20°C 下で $30, 35, 40\text{ g/m}^3$ 、 25°C 下で $25, 30, 35\text{ g/m}^3$ の薬量を用い、おのおの 2.5時間くん蒸を行い、どの薬量から薬害が出始めるかを検討した。

また、処理後の保管温度の影響も検討するため、くん蒸温度と同じ温度で保管する区のほかに、 15°C の低温保管区を設け、併せて調査を行った。

結果は Table 4-B に示したとおりである。ケンタッキー S サイズでは、薬量 40 g/m^3 ・くん蒸時間 2.5 時間・くん蒸温度 20°C ・くん蒸後の保管温度 20°C の区〔以下 $40\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (20°C)〕、 $25\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 25^\circ\text{C}$ (25°C) を除いたいずれの区においても激しい薬害が認められた。M、L サイズでは 15°C 保管区の一部に薬害が認められたほかは顕著な薬害はなかった。

スジナンでは 20°C くん蒸の場合、各サイズとも薬害は認められなかった。 25°C くん蒸では、S、M サイズの 15°C 保管区に薬害が発生したほかは顕著な薬害は認められなかった。

アメリカインゲン S サイズでは $30\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (15°C)、 $35\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (20°C) および $35\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 25^\circ\text{C}$ (15°C) で薬害が認められた。

キーストン S サイズではいずれの区にも顕著な薬害は認められなかった。

このようなくん蒸条件の組み合わせにおいては薬量と薬害の出方に一定の傾向はなく、薬害の出なくなる薬量を決定することはできなかった。また、くん蒸後の 15°C 低温保管には薬害発生を抑える効果はなく、むしろ助長する傾向がみられた。

試験 2

試験 1 では薬害の出始める薬量を決定することはできなかったので、 $7.5\sim 45\text{ g/m}^3$ まで 6 段階の薬量を取り、 20°C 下で 2 時間くん蒸を行った。試験は 1 回とした。

結果は Table 4-C のとおり、4 月 25 日に実施したケンタッキー S の試験では、いずれの区にも顕著な薬害は認められなかった。5 月 5 日の試験では、スジナンの全サイズおよびケンタッキー L サイズについては 45 g/m^3 まで薬害は認められなかったが、ケンタッキー S と M については 22.5 g/m^3 から萎凋等が認められ始め、 $30\sim 37.5\text{ g/m}^3$ からやや薬害発生の程度が高まり、 $37.5\sim 45\text{ g/m}^3$ ではそれが顕著になるという結果が得られた。ただ、M サイズの 45 g/m^3 では顕著な薬害が認められなかったが、この原因は不明である。

このように、ケンタッキーにおいては、4 月 25 日および 5 月 9 日と 5 月 5 日とで結果にやや相違があったが、これはインゲンの産地による感受性の相違によるものと思われ、5 月 5 日の試験に使用したケンタッキーはかなり薬害感受性が高かったものと思われる。こうしたことからわかるように、薬害の発生には未知の要素が複雑にからんでおり、現時点では薬害の出ない薬量範囲を規定することはできないと考える。

3) 収容比の検討

収容比の違いも、臭化メチルの吸着量の多少を通じて薬害発生の有無に影響を持つ可能性が考えられた。そこで収容比の大きい区 (0.117 t/m^3) と、120 本の供試果をダンボール箱に入れただけの収容比の小さい区 (0.0052 t/m^3 以下) を設け $35\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (20°C) の条件でくん蒸し、薬害発生の程度の相違を調査した。また、両区間での投薬後のガス濃度の減少程度も比較した。

結果は Table 4-D のとおり、いずれの区、いずれの品種にも明らかな薬害は認められなかった。また、収容比が大きくても著しいガス濃度の低下は認められなかった。こうしたことから、収容比の影響はそれほど

Table 4. Degree of MB injury of string beans fumigated according to various schedules and postfumigation storage

Test and its code	Date of Fumigation	Dose g/m ³	Fumigation exposure hr	Temperature during		Degree of injury
				Fumigation °C	Postfumigation storage (°C)	
Preliminary test A	12 March	40	2.5	20	(20)	Cultivars of Okinawa prefecture Kentucky L S L Sujinashi S S L
	14 March	35	2.5	25	(25)	
		40	2.5	25	(25)	
50 pods/brock. Observed at 1, 3 and 5 days after fumigation						
Influence of dose B	23 March 2 April	30	2.5	20	(15)	Cultivars of Okinawa prefecture. Kentucky S M L Sujinashi S M L America-ingen S Keystone S
		35	2.5	20		
		40	2.5	20		
	26 March 3 April	30	2.5	25	(15)	Cultivars of Amami district America-ingen S Keystone S
		35	2.5	25		
		40	2.5	25		
	23 March 2 April	30	2.5	20	(20)	Cultivars of Okinawa prefecture. Kentucky L S L Sujinashi S M L America-ingen S Keystone S
		35	2.5	20		
		40	2.5	20		
	26 March 3 April	25	2.5	25	(25)	Cultivars of Amami district America-ingen S Keystone S
		30	2.5	25		
		35	2.5	25		
20 pods/brock. Observed at 5 days after fumigation						
C	5 May	7.5	2.0	20	(20)	20 pods/ brock
		15	2.0	20	(20)	brock
		22.5	2.0	20	(20)	25 April
		30	2.0	20	(20)	
		37.5	2.0	20	(20)	
		45	2.0	20	(20)	
10 pods/brock. Observed at 3 and 5 days after fumigation						

大きなものではないと判断した。

4) CT積を一定にした場合の薬量と時間の組み合わせの検討

低濃度長時間くん蒸と高濃度短時間くん蒸の間に薬害の発生程度に違いが見られるか否かを検討するため、CT積が75付近になるように薬量と時間を組み合わせ、くん蒸を行った。

結果はTable 4-Eのとおりである。いずれの品種にも顕著な薬害は認められず、したがって組み合わせの効果は評価できなかった。しかし、前述のTable 4-Bの $30\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (20°C)およびTable 4-Cの $37.5\text{ g/m}^3 \cdot 2.0\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (20°C)など今回の試験条件に比較的近い条件で薬害の発生があったことを考慮すると、こうした薬量と時間の組み合わせの効果より、インゲンの感受性の違いの方が薬害の発生を考えるうえでは大きく影響すると考えられ、組み合わせの操作は、薬害回避の手段としてはあまり有効ではないと判断された。

5) 処理後の低温保管、採果後日数、薬剤メーカーの違いの影響の検討

$35\text{ g/m}^3 \cdot 2.5\text{ h} \cdot 20^\circ\text{C}$ (15°C)という条件ではケンタッキーS、Mサイズの薬害発生を抑えることができないことは、Table 4-Bから明らかである。そこで、これよりもさらに低温の 10°C 保管の効果を検討するとともに、採果からくん蒸までの日数の違い、薬剤メーカーの違いを評価するための試験を実施した。インゲンは4品種のSサイズを用いた。薬剤メーカーの違いの調査はA社(ポンペ入り、純度99%)とB社カン入り、純度98%)の間で行った。

結果はTable 4-Fに示したとおりである。ケンタッキー、スジナンは薬剤メーカー、採果後日数、保管温度に関係なく、いずれの区にも薬害が発生した。アメリカインゲンでは逆にいずれの区にも顕著な薬害は認められなかった。キーストンでは、採果1日後のもののみ薬害が認められた。

以上の結果およびTable 4-Bの試験結果から、処理後 10°C で低温保管することはケンタッキー、スジナンについては、薬害を抑えるどころかむしろその発現を助長する傾向があると判断された。薬剤のメーカーの違いも、あまり薬害の発生には影響ないと判断された。収穫後の日数の違いは、品種により異なるように思われ、キーストンでは1日経過した方が若干薬害が出にくいようであるが、ケンタッキー、スジナンでは無関係であると判断された。アメリカインゲンについては、今回のデータだけでは判断できなかった。

6) 低温くん蒸、低温保管の検討

5)の試験と併せて 15°C の低温くん蒸と 10°C の低温保管を組み合わせたくん蒸試験をケンタッキーSサイズについて実施した。結果はTable 4-Gのとおりであり、いずれの区にも明らかな薬害が認められた。この結果から、ケンタッキーSサイズについては、低温くん蒸と低温保管を組み合わせても薬害の発生を抑えることはできないと判断された。

以上、1)~6)の結果から、薬害の発生には薬量等の一般的な要因の他、サヤインゲンの品種、サイズ、くん蒸後の保管温度などの要因が影響していることがわかった。すなわち、品種ではケンタッキー、アメリカインゲンがスジナン、キーストンに比して薬害が多く、またサイズではLよりもM、Sで薬害が出やすく、さらに低温保管は薬害の発生を助長する傾向が認められた。一方、収容比、薬剤メーカーおよびインゲンの採果後の日数は薬害発生にはあまり大きく影響しないと考えられた。しかしながら、上記の要因を一定にしてもなお薬害の発生する場合としない場合とがあり、特にケンタッキーに関しては薬害の発生には今回検討した以外にかなり複雑な要因がかかわっていると考えられ、結果的には、これら一連の薬害試験からは、ウリミバエが完全殺虫されると思われる薬量範囲で、しかも供試した4品種とも全く薬害が出ないという条件は見いだせなかった。

II. 実用化試験

基礎試験の殺虫試験結果から 15°C 下で1日齢卵を完全殺虫するためにはCT積74.56を上回る薬量と時間の組み合わせが必要であると判断された。一方、Iの薬害試験では全品種について薬害を完全に回避する方法は見いだせなかったものの、品種を特定するか、ある程度の薬害はやむを得ないものとして実用化する可能性も考えられた。そこで、実用化の条件として、上記CT積をやや上回る条件、すなわち薬量 35 g/m^3 、くん蒸時間2.5時間(CT積87.5)、くん蒸温度 $15\sim 20^\circ\text{C}$ を想定し、これに基づいて大量殺虫試験および薬害試験を実施した。なお、実用化された場合の高収容比を勘案し、殺虫試験にはこの点も考慮した。

1. 大量殺虫試験

材料および方法

1) 供試虫

1日齢卵のみを対象とした。供試したウリミバエの来歴は基礎試験に同じである。

寄生果は、埋め込みと強制採卵の二通りの方法で作

成した。埋め込みについては手順、方法とも基礎試験にはほぼ同じである。ただし、ここでは採卵後すぐに埋め込むのではなく、27°Cに1日保管してから埋め込んだ点が異なっている。強制採卵の場合、まず昆虫針を使って表裏各10ヶ所に刺し穴をあけたケンタッキーLサイズを400本用意し、これを成虫約4,000頭を放した5面サラネット張りの成虫ケージ内に1ケージ当たり40本入れて1~2時間産卵させ、寄生果を作成した。こうして得られた寄生果は、上面ゴース張りのプラスチック容器に入れ、27°Cに1日保管した後、よくかき混ぜて2等分し、一方を処理区用、残りを無処理区用とした。

2) 供試頭数

埋め込みの場合、処理区1反復当たり400果、1果当たり10頭の計4,000頭とした。ただし、無処理区では1反復当たり50果、計500頭とした。なお、総殺虫数の算出に際しては処理区の殺虫数を無処理区の自然死亡率で補正した値を用いた。強制採卵した場合の処理区の供試頭数は無処理区の生存虫数から推定した。それぞれ3反復実施した。

3) くん蒸条件

くん蒸容器はステンレス製の0.256 m³のくん蒸箱を使用した。くん蒸条件は35 g/m³・2.5 h・15°Cである。温度調節の方法、投薬の方法、攪拌期間は基礎試験と同じである。くん蒸に際しては、出荷用ダンボール箱に寄生果を入れ、これに充填用のサヤインゲンを加えて2 kgとし、またこれとは別に2 kgずつ箱詰めしたサヤインゲンを14箱用意し、全部で30 kg (=取

容比0.117 t/m³)となるようにした。

4) 生存虫の調査方法

埋め込み虫については調査方法は基礎試験と同様である。強制採卵したものでは、くん蒸後27°C下に保管しておき、処理区については4日後に切開して生存虫の有無を調査した。この切開残渣はさらに砂を敷いた上面ゴース張りのプラスチック容器中に保管しておき、無処理区のウリミバエが羽化し終えた時点で砂ごとふるい、成虫の有無を調査した。無処理区については、保管中に幼虫がサヤインゲンを食いつくしてしまう場合があったので、必要に応じて人工培地を補給した。この場合、個体数は、保管中のプラスチック容器から老熟幼虫をとび出させ、砂中で蛹化させた後、砂をふるってかぞえた。

結果および考察

結果はTable 5に示すとおり、埋め込みの場合および強制採卵の場合とも処理区は生存虫が認められなかった。一方、無処理区の埋め込みでは3反復の平均生存率が72.4%、また強制採卵では3反復の合計生存頭数が93,346頭となった。これから処理区の供試頭数を求めると、埋め込み8,688頭、強制採卵93,346頭で、合計102,034頭となる。

このように、サヤインゲンに寄生した状態で最も臭化メチル耐性が高いと考えられる1日齢卵を10万頭以上供試し、35 g/m³・2.5 h・15°C・収容比0.117 t/m³の条件でくん蒸して1頭の生存虫も認めなかったことから、この条件でインゲンに寄生した状態のウリミバエは完全殺虫できると判断される。

Table 5. Survival of 1-day-old eggs of *D. cucurbitae* in string beans after fumigation at dose of 35g/m³ of methyl bromide for 2.5hr at 15°C

Replication	Date of fumigation	Eggs artificially inserted into the pods		Eggs laid in the pods by the female flies		
		Number of eggs treated	Survivors %	Estimated number of eggs treated	Survivors	
1	15 May	Fumigated	4000	0	30114	0
		Control	(500)	(77.2)		
2	18 May	Fumigated	4000	0	24645	0
		Control	(670)	(72.2)		
3	21 May	Fumigated	4000	0	38587	0
		Control	(500)	(67.8)		
Total	—	Fumigated	12000	0	93346	0
		Control	(1670)	(72.4)		
		Rectified* number	8688	0		

* Number of eggs was corrected by the mortality of the control

Table 6. Degree of injury of string beans after fumigation with 35g/m³ of methyl bromide for 2.5hr at 20°C and postfumigation storage at 20°C

Date of fumigation		Degree of injury *											
		Cultivars of Okinawa prefecture						Cultivars of Amami district					
		Kentucky			Sujinashi			America-ingen			Keystone		
		S	M	L	S	M	L	S	M	L	S	M	L
1st test	9 April												
	16 April	●	●	●	△	○	△	—	—	—	—	—	—
2nd test	4 May												
	7 May	△	△	△	○	○	○	▲	○	△	△	○	△
	9 May												

* Degree of injury : ○ No injury, △ Slight, ▲ Moderate, ● Heavy

2. 薬害試験

材料および方法

くん蒸条件は 35 g/m³・2.5 h・20°C (20°C) である。試験は 2 回行い、1 回目はケンタッキーとスジナシの各々 S, M, L サイズを使って 2 反復、2 回目はこの 2 品種の他、アメリカインゲン、キーストンを加えて各々 3 反復(ただしアメリカインゲンのみは反復なし)実施した。また、1 回目はダンボール箱に供試果のみとしたが、2 回目には充填用のインゲンを箱に詰めて 2 kg とし、フタを閉じて出荷時と同じ荷姿で供試した。くん蒸容器、投薬方法および攪拌期間は基礎試験に同じである。

薬害の調査は、くん蒸 3 日後、5 日後にそれぞれ実施した。調査方法は基礎試験と同様である。

結果および考察

各品種ごとの薬害程度は Table 6 に示すとおりである。1 回目の試験ではスジナシについては明らかな薬害は認められなかったものの、ケンタッキーについては S, M, L すべてに明瞭な薬害が認められた。様相は褐色斑の出現とそれに伴う商品性の低下であった。一方、2 回目の試験では、アメリカインゲンにやや商品性の低下が目立った他は、いずれの品種、いずれのサイズにも明瞭な薬害は認められなかった。

このように 1 回目の試験と 2 回目の試験とで結果が大きく異なった。この違いの原因の 1 つとして、供試インゲンの箱詰め形態の違い、すなわち 1 回目はダンボール箱のフタを開け、しかも充填用インゲンを入れずに供試したのに対し、2 回目は充填用インゲンを詰め、フタをガムテープでとめて供試したことが考えられるが、その他にも 1 回目と 2 回目とで供試インゲンの薬害感受性が相違していた可能性が考えられる。このような感受性の不安定さは基礎試験段階でもたびたび

認められた現象であることから、品種ごとの薬害の発生程度を検討するためには、ある程度の事例の集積が必要であると判断された。そこで、薬害の検討は基礎試験段階でなされた一連の試験結果を含めて総合的に行うこととした。

Table 7 は、I. 基礎試験、II. 実用化試験の一連の薬害試験のうち、35 g/m³・2.5 h・20°C (20°C) の条件で実施した結果を、品種、サイズ別に総括したものである。品種別に薬害の発生をみると、スジナシでは S, M サイズで各延べ 9 回、L サイズで 7 回くん蒸試験を実施しているが、いずれにも顕著な薬害は認められていない。キーストンも、試験回数は少ないが同様であった。したがって、この条件下であれば両品種とも薬害の発生はほとんどないと判断してよいと思われる。

一方、ケンタッキーでは、S サイズについては延べ 9 回の試験中 4 回は薬害が見られたことから、この条件ではかなりの頻度で薬害が発生するものと判断せざるを得ない。M, L サイズについても各々延べ 9 回の試験中 2 回に薬害発生が認められたこと、M サイズについてはこれよりゆるい条件である 30 g/m³・2.0 h・20°C (20°C) でもやや薬害が見られていること (Table 4-C) から、S サイズほどではないにせよ、薬害の発生はあると判断される。

アメリカインゲンでは延べ 5 回の試験中 3 回で明らかな薬害を見ていることから、かなりの頻度で薬害が発生すると判断される。

なお、ケンタッキー、アメリカインゲンの薬害の内容は主として表面に現れる褐色斑であり、腐敗して形がくずれてしまうような激しいものではなかった。これは、実用化の問題を検討する際に考慮してしるべき点の一つであろう。

Table 7. Degree of injury* of string beans after fumigation with 35g/m³ of methyl bromide for 2.5hr at 20°C and postfumigation storage at 20°C

Cultivar	Size														
	S					M					L				
Kentucky	●	●	●	●	▲	●	●	△	△	△	●	●	△	△	△
	△	△	△	△	—	△	△	△	△	—	△	△	○	○	—
Sujinashi	△	△	△	△	○	△	△	○	○	○	△	△	△	○	○
	○	○	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	—	—	—
America-ingen	●	●	▲	—	—	○	—	—	—	—	△	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Keystone	△	△	△	○	—	○	○	○	—	—	△	△	△	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Degree of injury : ○ No injury, △ Slight, ▲ Moderate, ● Heavy

III. 総合考察

サヤインゲンに寄生したウリミバエの臭化メチルくん蒸による完全殺虫技術を開発するために、殺虫試験および南西諸島産サヤインゲンを対象とした薬害試験を実施した。基礎試験の結果から、実用化試験を実施するくん蒸条件としては、薬量 35 g/m³・くん蒸時間 2.5 時間・くん蒸温度 15~20°C が適当であろうと判断された。そこでくん蒸温度 15°C・収容比 0.117 t/m³ の条件下での大量殺虫試験およびくん蒸温度 20°C 下での薬害試験を実施したところ、殺虫に関しては、最も臭化メチル耐性の高い 1 日齢卵を 10 万頭以上供試して 1 頭の生存虫もなかったことから、この条件で完全殺虫が可能であると判断された。一方、薬害に関しては、スジナシ、キーストンでは発生はないものの、ケンタッキー、アメリカインゲンでは発生は避けられなかった。

以上の結果から実用化の可能性を品種ごとに論ずるならば、スジナシとキーストンについては、季節的な薬害感受性の変化の検討が残されているものの、一応薬量 35 g/m³・くん蒸時間 2.5 時間・くん蒸温度 15~20°C・収容比 0.117 t/m³ 以下の処理条件で実用化できると思われる。一方、ケンタッキーとアメリカインゲンについては、今回の結果だけでは結論を出すことはむずかしいと考える。これは、両品種に薬害の発生はあったものの、腐敗などのように食品としての価値を決定的に失わせるような性質のものではなかったこと、また薬害感受性の季節的变化等薬害発生に影響を持つと思われる要因について今後検討の余地がまだあると考えられること、などの理由による。

このようなことから、今後の課題としては、特にケンタッキーとアメリカインゲンの薬害回避方法の探索が重要であり、なかでも上述のように薬害感受性の季節的变化の問題については未検討のまま残されていることから、薬害の出ない時期が存在するか否かという点を中心にして、今後検討を進める必要があると考える。

本報告を終わるにあたり、試験計画、データのとりまとめ方法等について懇切な御指導をいただいた横浜植物防疫所調査研究部の尊田望之部長、同調査課の小田保課長、野原堅世技官（現那覇植物防疫事務所国際課長）、石井泰明技官、同害虫課の一戸文彦技官、杉本民雄技官、殺虫試験に際してプロビット計算を行っていただいた調査課秋山博志技官に感謝の意を表す。また、門司植物防疫所名瀬支所および那覇植物防疫事務所の職員の方々には試験を実施するに際して種々御協力をいただいた。さらに、鹿児島県経済農業協同組合連合会および沖縄県経済農業協同組合連合会の担当職員の方々には試験に使用するサヤインゲンについて便宜をはかっていただいた。厚くお礼申し上げる。

摘 要

1. 臭化メチルくん蒸によるサヤインゲンに寄生させたウリミバエの殺虫試験および南西諸島産サヤインゲン（品種名：ケンタッキーワンダー、スジナシ FS 江戸川、アメリカインゲン尺 5 寸、キーストンスジナシ）の薬害試験を実施した。

2. ウリミバエの卵から 3 齢幼虫までの各ステージの中で臭化メチル耐性が最も高かったのは産卵後 1 日を経過した卵（1 日齢卵）であった。また 1 日齢卵につ

いて、プロビット9に相当する致死率を得るためにはCT積74.56が必要であると推定された。

3. ウリミバエの1日齢卵は薬量 35 g/m^3 ・くん蒸時間2.5時間・くん蒸温度 15°C の条件で完全殺虫された。

4. ケンタッキーワンダー、アメリカインゲン尺5寸はスジナシFS江戸川、キーストンスジナシに比べて臭化メチルに弱く、またサイズではLよりもM、Sで薬害が多く発生し、さらにくん蒸後の低温保管は薬害の発生を助長させることがわかった。一方、収容比、薬剤のメーカー、インゲンの採果後の日数、一定のCT積下での薬量と時間の組み合わせの要素は、薬害発生にあまり影響はないと考えられた。

5. 薬量 35 g/m^3 ・くん蒸時間2.5時間・くん蒸温度 20°C ・くん蒸後の保管温度 20°C の条件では、スジナシFS江戸川、キーストンスジナシには薬害が認められ

なかったが、ケンタッキーワンダーおよびアメリカインゲン尺5寸には主として褐色斑などの薬害が認められた。

引用文献

ICHINOHE, F., K. NOHARA (1976) Larval Diets for Production of Melon Fly in Okinawa. Res. Bull. Pl. Prot. Japan 13: 1-3.

一戸文彦・竹内秀健・尊田望之(1976) ウリミバエの産卵数. 植防研報 13: 60-63.

野原堅世・一戸文彦・仲宗根早苗・橋本敏彦(1978) 沖縄県産青果実の臭化メチルクん蒸試験. 那覇植物防疫事務所昭和52年度調査研究成績 1-8.

野原堅世・与儀喜雄・西平良雄・砂川邦男(1974) ネットメロン・サヤインゲンに寄生したウリミバエの臭化エチレンによるくん蒸. 植防研報 12: 31-36.