

ピーマンの蒸熱処理によるミカンコミバエの 殺虫及び障害試験*

杉本 民雄**・古澤 幹士・溝渕 三必***

那覇植物防疫事務所国内課

The Effectiveness of Vapor Heat Treatment against the Oriental Fruit Fly, *Dacus dorsalis* HENDEL, in Green Pepper and Fruit Tolerance to the Treatment. Tamio SUGIMOTO, Kenji FURUSAWA and Mitsusada MIZOBUCHI (Naha Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 19: 81-88 (1983).

Abstract: Vapor heat treatment was tested against eggs and larvae of the oriental fruit fly in green pepper. An approach period of ca. 2-hr saturated vapor heat treatment at $43.9^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ of chamber temperature was necessary to raise the central temperature of all the fruits to 43°C .

The test fruits were exposed to 3-, 4-, 5- and 12-hr treatments at $43.4^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ of fruit temperature in order to check the damages caused by the vapor heat. There were no injuries in a 3-hr treatment, but in the other treatments some damages occurred in both outside and inside of the fruit.

In the above test, totals of 133,110 24-hr-old eggs and 118,793 1st-instar larvae of the oriental fruit fly were completely killed using a 3-hr treatment of the vapor heat at $43.4^{\circ}\text{C} \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ of the fruit temperature.

はじめに

ピーマン (*Capsicum annuum*) はミカンコミバエ *Dacus dorsalis* HENDEL とウリミバエ *D. cucurbitae* COQUILLETT の寄主植物である。このため、わが国ではこれらのミバエが発生している地域から未発生地域へのピーマン生果実の移動は植物防疫法によって禁止されている。

ミバエ類の寄生する生果実の消毒方法として“vapor heat treatment” (以下蒸熱処理という。) が初めて利用されたのは、1929 年アメリカ・フロリダ半島にチチュウカイミバエ *Ceratitis capitata* WIEDEMANN が侵入した時であり、蒸熱処理は HAWKINS らによってこのミバエの寄主植物の生果実をフロリダ州から他州に移動するための消毒方法として研究され、実用化された (BAKER *et al.*, 1944)。その後、*Dacus* 属のミバエ (小泉, 1936; SBO, 1979) や *Anastrepha* 属のミバエ (BAKER *et al.*, 1944) についてもこの消毒方法の研究が行なわれた。蒸熱処理は現在でもアメリカ合衆国や日本の植物検疫の消毒基準として認められており、一時、ハワイから日本向

けに輸出されるパパイアの消毒に利用されていた。しかし、その後ミバエ類の寄生した果実の消毒には臭化メチルや二臭化エチレンなどのくん蒸剤が広く利用されるようになり、蒸熱処理の利用及び研究はほとんど行われなくなった。日本でも現在ではミカンコミバエやウリミバエが発生している南西諸島や小笠原諸島からウンシュウミカン、ボンカン、ネットメロン、キュウリ等 12 品目の生果実を未発生地域に移動するための消毒にはすべてくん蒸剤が利用されている。しかし、南西諸島で栽培されているピーマンの生果実ではくん蒸によって葉害が発生するために、ピーマンの消毒にこれらのくん蒸剤を利用することができなかった (馬場, 未発表; 野原, 未発表)。

このようなことから、筆者らは移動規制緩和策の一環として、ミバエ類に対する一連の耐熱性試験 (杉本ら, 1980; 杉本ら, 未発表) を行ってきた。今回は、それらの結果をもとに蒸熱処理によるピーマン生果実に寄生したミカンコミバエの大量殺虫試験並びにピーマンに対する障害試験を実施し、実用化の可能性について検討したので、その結果を報告する。

本文に入るに先立ち、有益な御助言をいただいた横浜植物防疫所調査研究部 尊田望之害虫課長 (現、業務部国際第一課長)、松谷茂伸害虫課長、調査課 萩原 潤管理官及び高野利達技官並びに当所国内課 野原堅世管

* 本報告の一部は日本応用動物昆虫学会第 26 回大会 (1981) で発表した。

** 現在、横浜植物防疫所調査研究部害虫課

*** 現在、神戸植物防疫所広島支所平生出張所

理官に深く感謝する。また、供試果実の入手に当たり種々ご協力をいただいた沖縄開発庁沖縄総合事務局農林水産部農産園芸課、沖縄県経済連園芸部野菜課、読谷村農協並びに豊見城村農協の職員の方々に感謝の意を表する。

材料及び方法

蒸熱処理装置 試験に使用した蒸熱処理装置の構造については第 1 図に示した。この装置は果実を入れる処理庫内の温湿度を自動的にコントロールするための加温、加湿、冷却及び送風のための装置を備えている。制御の精度は、庫内温度 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ の範囲においては温度が $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、湿度が $\pm 5\%$ である。処理庫の内容積は 1.14 m^3 ($110\times 80\times 130\text{ cm}$) であり、その内壁はステンレスで作られている。第 1 図に示したように空気調節室で所定の温湿度に調節された空気が上部のファン ($11\text{ m}^3/\text{min.}$) によって、処理庫上部全面に作られた小穴 ($\phi 4\text{ cm}$) から均一に庫内に送風され、床面より吸引されて再び調節室に送られる。また、処理庫内の温湿度及び果実温度を自動的に測定し、記録するための 6 端子付きサーミスター自動記録式温度計を備えている。

供試虫 試験に供したミカンコミバエは沖縄本島及び宮古島において野外の果実に寄生していた幼虫を採集し、当所の飼育室 (温度 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $75\pm 5\%\text{ R. H.}$ 、

12 時間照明、その前後 2 時間の薄明) 内で人工飼料により 5~8 世代累代飼育した系統である。殺虫試験には、下記の方法によって得られた 24 時間令の卵と 1 令幼虫を用いた。

供試果実 大量殺虫及び障害の試験に用いた果実は、いずれも沖縄本島で生産されたピーマン (*Capsicum annuum*) で品種は長交エースである。この品種は南西諸島で広く栽培されているものであり、果実は濃緑色で肉が厚く大型で、1 個の重量が $50\text{ g (SS)}\sim 120\text{ g (LL)}$ である。

大量殺虫試験

試験は 1980 年 2 月に 1 回と 1981 年 2 月に 3 回の計 4 回実施した。

1. 供試果実の作成

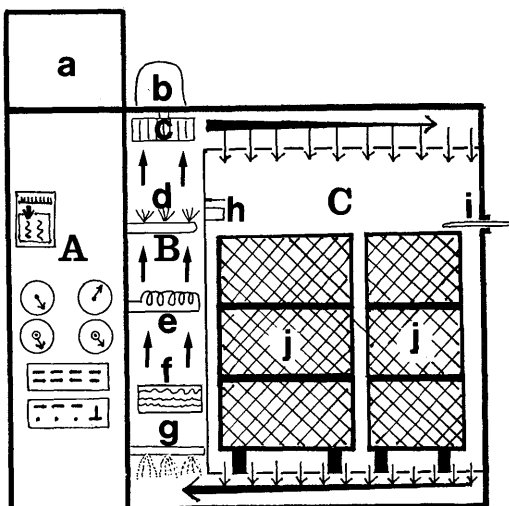
羽化後 15 日から 35 日たったミカンコミバエの成虫を約 2,000 頭入れた飼育箱 ($36\times 50\times 40\text{ cm}$ 、サランネット張り) の中に、1 箱当たり約 10 個のピーマンを入れて直接果実に産卵させた。供試したピーマンは収穫後 1~2 日たったものである。8 時間後に飼育箱の中から取り出してゴース布張りの木箱 ($30\times 30\times 25\text{ cm}$ 、以後保管箱という。) に入れ、飼育室に約 19 時間保管した果実を卵区の供試果とした。供試果数は 4 反復で合計 476 個、その他に無処理区として反復ごとに 10 個 (反復 4 では 20 個) を供試した。幼虫区の供試果は 24 時間後に飼育箱から取り出し、保管箱に入れて室温 ($20\sim 25^{\circ}\text{C}$) に約 2 日間保管した果実で、一部の果実を切開して産まれた卵が 1 令幼虫になっていることを確認してから処理に供した。供試果数は 3 反復で合計 256 個、その他に無処理区として反復ごとに 10 個を供試した。

2. 蒸熱処理

(1) 処理条件 処理庫内の温湿度を $43.9\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、 $100\%\text{ R. H.}$ に設定し、果実収容量 $70\sim 90\text{ kg/m}^3$ で処理を行った。処理時間は全ての果実の果実温度が 43.0°C になってから 3 時間とした。

(2) 果実の入庫方法 寄生している態の区別ができるように供試果実にマークをつけた後、所定の果実収容量にするために用いた充填用の果実と均一に混合してプラスチックの容器に詰めた。果実を詰める容器は加温効率をよくするために側面と底面が格子状になったプラスチック製の箱 ($33\times 53\times 40\text{ cm}$ 、以後すかし箱という。) とした。このすかし箱には 1 個当たり約 10 kg のピーマンを詰めることができる。1 回の処理には 9 個のすかし箱を使用し、3 個ずつ 3 山に積み重ねて処理室内に配置した。

(3) 温湿度の測定 加温開始から処理終了までの庫内温度は、基準温度計を用いて経時的に測定した。その測



第 1 図 蒸熱処理装置の構造

A: 機械室 B: 空気調節室 C: 処理室
a: 水槽 b: モーター c: ファン d: 水蒸気噴出口 e: ヒーター f: クーラー
g: ミスト噴出口 h: 乾湿球センサー
i: 基準温度計 j: すかし箱

定部位は第1図に示したように、3段に積み重ねたすかし箱の上端と天井との間の側壁から20cmはなれた空間とした。蒸熱処理開始時刻決定のための果実温度の測定は3点式サーミスター温度計を用いて、3段に積み重ねた各すかし箱の果実の中で果実温度の上昇が最も遅い中央部の果実それぞれ1個について行った。また、処理中の果実温度については蒸熱処理装置付属のサーミスター温度計で自動的に測定、記録した。この場合の果実温度の測定か所は5点とした。その中の3点は前述の処理開始時刻を決定するために用いたものと同じ位置の果実で、他の2点は上、中段のすかし箱に入っている果実の中で最も早く温度が上昇する上部にある果実それぞれ1個を用いた。

以上の果実温度の測定はピーマンの果肉の最も厚い部分である種子の集合している胎座の中心部にサーミスター温度計の感温部をさし込んで行った。

加温開始から処理終了までの庫内湿度は自動的に測定、記録された湿球温度と乾球温度との差から計算した。測定部位は庫内温度の測定場所と反対側の壁の同様な空間である(第1図)。なお、この位置には庫内の温湿度を一定に保つためのサーミスター温湿度調節器の感温部がある。

3. 殺虫効果の調査

処理の終わった果実は保管箱に入れて、無処理区の果実を入れた保管箱と並べて実験室(20~25°C)に保管した。

処理効果の判定は、無処理区の果実の一部を切開調査し、寄生している幼虫が3令幼虫になっていることを確認した後、処理区及び無処理区のすべての果実を切開して生存虫の有無について調査した。処理区の供試虫数は切開調査時の無処理区の生存3令幼虫数から推定した。

障害試験

試験は1981年の低温期の2月に3回と高温期の5月に1回の計4回実施した。

1. 供試果実

供試果実は市場に出荷された収穫後2日目のもので、秀のS, M, Lの規格(沖縄県経済連)の果実をほぼ同じ割合に混合して用いた。なお、充填用の果実としては良、優またはSS, LL等の規格の果実も用いた。

2. 蒸熱処理

処理は殺虫試験の場合と同様の方法で行った。処理時間は、庫内温度が $43.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ の時には3, 4, 5及び12時間、また、庫内温度が $44.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 及び $44.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$ の時には3時間とした。その他の処理条件は全て殺虫試験の場合と同じにした。

所定の時間処理した果実は果実温度が室温まで下ったことを確認した後、処理条件別に10kgずつ出荷用ダン

ボール箱に詰めて障害調査を行う時まで実験室(2月: 20~25°C, 5月: 24~28°C)に保管した。

3. 障害に関する調査

果実の外観及び果実の内部の肉眼による観察、果汁の化学的性質、果実の重量並びに食味に及ぼす影響について調査を行った。

果実の外観及び内部の肉眼による観察は処理後7日目に行った。外観の調査は処理後ダンボール箱に詰めて保管した1箱(10kg)の全ての果実を対象として、果皮の変形、変色及び腐敗を調べた。さらに、外観上腐敗の認められなかった果実の中から任意に50果を選び果実内部の障害について調べた。

果汁の化学的性質に与える影響としてはpH、糖度及びビタミンC含量について処理後1日目及び7日目に各処理区から5個の果実を選び調べた。pH及び糖度は合成樹脂製のおろし金で1個ずつ別々に果肉をすりつぶし、ガーゼ2枚でしぼった果汁について測定した。pHの測定はデジタルpHメーター、糖度の測定はアッペの屈折計で行った。

ビタミンC含量の測定はインドフェノール法で還元型ビタミンCについて行った。測定用の試料は果実の上、中、下部よりほぼ同量の果肉を合計5gとり、5%メタリン酸と海砂を加えて摩砕した後、水を加えてろ過して浸出液を得、標準アスコルビン酸液で検定したインドフェノール液で滴定した。

果実の重量についてはそれぞれの区の供試果から5個ずつの果実を選び処理前日と処理後7日目に1個ずつ果重を測定し、その減少率を調べた。

果実の食味調査は果実の風味と味について処理後4~10日目に行った。

結 果

1. 庫内温湿度及び果実温度

果実収容量 $70\text{kg}/\text{m}^3$ 、庫内温度 43.9°C 、湿度100% R. H. の条件設定で実施した加温開始から処理終了までの経過時間と庫内の温湿度及び果実温度との関係について、その1例を第1表に示した。処理庫内の温度は加温開始後約20分で 44.0°C に達し、以後は全ての果実温度が 43.0°C 以上になって実質的な処理が開始されるまで 44°C よりも少し高い温度で推移した。実質的な蒸熱処理が開始されてからの庫内温度は $43.8\sim 44.1^\circ\text{C}$ の間で推移した。庫内湿度は加温開始直後には加湿器の能力よりも加熱器の能力が高いためにいったん40%台にまで低下したが、約60分後には95%になって安定し、処理開始30分(加温開始145分)以降は99~100%で推移した。すかし箱の中央部に置かれている果実の果実温度

第 1 表 処理を開始してから果実中心温度¹⁾が所定の温度に達するまでの時間

経過時間(分)	処 理	庫 内 空 気		果実温度 (°C)	
		温 度 (°C)	相 対 湿 度 (%)	最 低	最 高
0		20.7	74	18.2	18.7
20		44.0	58	21.0	24.3
40		44.2	85	30.8	35.1
60		44.0	94	38.4	40.8
90		44.1	96	42.1	42.7
105		44.2	97	42.6	43.1
115	0	44.1	97	43.0	43.5
	30	43.8	98	43.5	43.5
	60	44.0	100	43.7	43.7
	90	43.8	99	43.7	43.7
	120	44.0	99	43.8	43.8
	150	43.9	100	43.7	43.8
180		44.0	99	43.7	43.7

1) 果実温度は 3 点の最高と最低を示した。

は加温を開始してから最初の 60 分間では初期温度よりも 20.2~22.1°C 上昇したが、果実温度が庫内温度に近くなった前処理終了前の 25 分間では 0.8~0.9°C しか上昇しなかった。

果実温度の上昇速度は果実の置かれた位置によって異なり、上段のすかし箱の果実が最も早く、次いで下段のすかし箱のものであった。上昇速度が最も遅いのは中段のすかし箱中の果実で、すべての果実の温度が蒸熱処理開始時刻として設定した 43.0°C に達したのは、この例

第 2 表 ビーマンに寄生するミカンコミバエ (卵, 1~2 令幼虫¹⁾) の殺虫効果 (庫内温度: 43.9±0.3°C, 湿度: 90~100%, 果実中心温度: 43.4±0.4°C, 処理時間: 3 時間)

反復 態	供試果数	供 試 虫 数			殺虫率 (%)	果実収容比 (kg/m ³)
		死虫数	生存虫数	合 計		
1. 卵	65	5,473	0	5,473	100	70
2. "	102	27,438	0	27,438	100	80
3. "	96	16,704	0	16,704	100	90
4. "	213	63,495	0	63,495	100	70
	476			113,110		
1. 幼虫 ¹⁾	65	11,804	0	11,804	100	70
2. "	91	89,089	0	89,089	100	80
3. "	100	17,900	0	17,900	100	90
	256			118,793		

1) 幼虫の 80% 以上は 1 令幼虫であり、一部 2 令幼虫を含む。

では加温を開始してから 115 分後であった。果実温度はその後ともきわめてゆっくりと上昇を続け、処理終了時には 43.7~43.8°C に達した。

第 1 表に示した値は最も効率よく果実温度が上昇した例であり、時には終了時の果実温度が 43.2°C までしか上昇しないこともあった。

2. 殺虫効果

ピーマンの生果実に寄生したミカンコミバエの 24 時間令の卵及び 1 令幼虫の蒸熱処理による殺虫試験の結果

第 3 表 処理時間の違いとピーマン生果実 (外部) の障害の程度との関係 (庫内温度: 43.9±0.3°C, 湿度: 90~100%, 果実温度: 43.4±0.4°C)

処理期間 (時間)	障 害 の 程 度 ¹⁾ (%)							
	2 月 ²⁾				5 月 ²⁾			
	果実数	-	+	+	果実数	-	+	+
0	169	100	0	0	143	87.4	0	12.6
3	151	99.3	0	0.7	100	94.0	0	6.0
4	136	81.6	14.7	3.7	113	93.8	1.8	4.4
5	140	87.8	10.0	2.1	107	88.7	6.5	4.7
12	98	12.2	74.5	13.3	109	73.4	15.6	11.0

- 1) -: 障害の認められないもの。
+: 小さなあばた状の陥没, ケロイド状の凹凸, ガク片の変形変色が認められたもの。
+: 腐敗。
2) 収穫月。

第 4 表 処理時間の違いとピーマン生果実 (内部) の障害の程度との関係 (庫内温度: 43.9±0.3°C, 湿度: 90~100%, 果実温度: 43.4±0.4°C)

処理期間 (時間)	障 害 の 程 度 ¹⁾ (%)							
	2 月 ²⁾				5 月 ²⁾			
	果実数	-	+	+	果実数	-	+	+
0	50	100	0	0	50	100	0	0
3	50	94	6	0	50	90	10	0
4	50	56	34	10	50	90	10	0
5	50	48	28	24	50	82	14	4
12	50	28	44	28	50	44	40	16

- 1) -: 障害の認められないもの (全ての種子は白色)。
+: 50% 未満の種子が褐変しているもの。
+: 腐敗又は 50% 以上の種子が褐変 ~ 黒変しているもの。
2) 収穫月。

第5表 処理温度¹⁾の違いとピーマン生果実（外部）の障害の程度との関係（2月）

庫内温度 (°C)	箱の位置	供試果数	障害の程度 ²⁾ (%)		
			—	+	+
Cont.	—	155	96.8	0	3.2
43.9±0.3	上段	124	98.4	0.8	0.8
"	中段	141 ^a	99.3	0	0.7
44.9±0.3	上段	227 ^b	77.5	18.5	4.0
"	中段	111 ^b	93.7	2.7	3.6

1) 処理温度は庫内温度で示した。湿度は90～100%であった。処理時間はいずれも果実温度が43.0°Cになって3時間。

2) —: 障害の認められないもの。

+: 小さなあばた状の陥没、ケロイド状の凹凸、ガク片の変形変色が認められたもの。

+: 腐敗。

a 無処理区との間で $p < 0.05$ で有意。

b " $p < 0.01$ " "

第6表 処理温度¹⁾の違いとピーマン生果実（内部）の障害の程度との関係（2月）

庫内温度 (°C)	箱の位置	供試果数	障害の程度 ²⁾ (%)		
			—	+	+
Cont.	—	50	100	0	0
43.9±0.3	上段	50	100	0	0
"	中段	50	100	0	0
44.9±0.3	上段	50 ^b	64	22	14
"	中段	50 ^b	92	4	4

1) 処理温度は庫内温度で示した。湿度は90～100%であった。処理時間はいずれも果実温度が43.0°Cになって3時間。

2) —: 障害の認められないもの。

+: 50%未満の種子が褐変しているもの。

+: 腐敗又は50%以上の種子が褐変～黒変しているもの。

b 無処理区との間で $p < 0.01$ で有意。

第7表 処理時間¹⁾の違いがピーマン生果実²⁾の重量減少に及ぼす影響について（2月）（庫内温度: 43.9±0.3°C, 湿度: 90～100%, 果実中心温度: 43.4±0.4°C）

無 処 理	処 理 時 間 (hrs)			
	3	4	5	12
13.04 ³⁾ ±1.72	13.93 ±1.82	11.00 ±2.67	11.98 ±2.97	9.63 ^a ±2.54

1) 果実の中心温度が43.0°C以上になって以降の時間。

2) 処理後7日目に供試果5個について調査。

3) 処理前の果重に対する減少率(%)。

a 無処理区との間で $p < 0.05$ で有意。

第8表 処理時間¹⁾の違いがピーマン生果実²⁾のビタミンC含量に及ぼす影響について（5月）（庫内温度 43.9±0.3°C, 湿度 90～100%, 果実中心温度 43.4±0.4°C）

処理後 日数	無 処 理	処 理 時 間 (hrs.)			
		3	4	5	12 (mg/ 100g)
1	94.89 ±13.88	109.84 ±35.51	122.11 ±31.95	105.08 ±21.04	100.07 ±13.19
7	91.50 ±12.26	95.02 ±9.70	104.03 ±17.28	104.03 ±17.28	93.84 ±25.12

1) 果実の中心温度が43.0°C以上になって以後の時間

2) 供試果数は5個

第9表 処理時間¹⁾の違いによるピーマン果汁²⁾のpH値、糖度の変化（2月）（庫内温度: 43.9±0.3°C, 湿度 90～100%, 果実温度 43.4±0.4°C）

	無 処 理	処 理 時 間 (hrs)			
		3	4	5	12
pH	5.39 ±0.11	5.32 ±0.05	5.32 ±0.08	5.47 ±0.10	5.38 ±0.06
糖度 (bx.)	4.76 ±0.17	4.62 ±0.40	4.34 ^a ±0.27	4.36 ^a ±0.13	4.10 ^a ±0.47

1) 果実中心温度が43°C以上になって以後の時間。

2) 処理後7日目に供試果数5個について調査。

a 無処理区との間で $p < 0.05$ で有意。

第10表 処理温度¹⁾の違いによるピーマン果汁²⁾のpH糖度の変化（2月）

	無 処 理	処理温度（庫内温度） ²⁾		
		43.9°C	44.4°C	43.9+44.4°C ⁴⁾
pH	5.20 ±0.04	5.14 ^b ±0.04	5.11 ^b ±0.03	5.08 ^b ±0.04
糖 度 (bx.)	4.56 ±0.09	4.20 ^b ±0.24	4.08 ^b ±0.18	4.04 ^b ±0.17

1) 処理時間は果実中心温度が43.0°C以上になって3時間

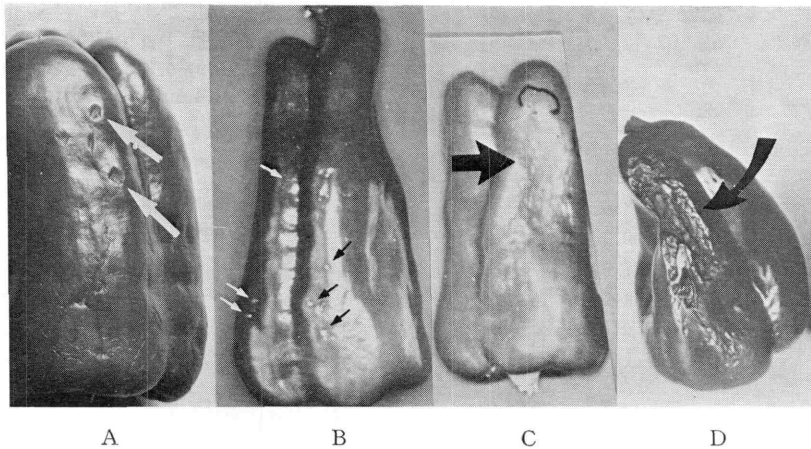
2) 処理後7日目に供試果5個について調査

3) 庫内温度の変異はいずれも±0.3°Cで、湿度は90～100%

4) それぞれの温度で3時間、計6時間処理

b 無処理との間で $p < 0.01$ で有意

は第2表に示した。果実温度43.4±0.4°Cの条件で3時間蒸熱処理したピーマンを切開調査した結果、果実温度の上昇速度が最もおそい中段のすかし箱中の果実を含め、すべての果実において生存虫は1頭も発見されな



第 2 図 蒸熱処理によるピーマン生果実の外観上の障害

A・B： 小さなあばた状の陥没， C・D： ケロイド状の凹凸

かった。

3. 果実の障害

蒸熱処理がピーマンの生果実に与える影響については第 3 表から第 10 表に示した。

全体的な果実の色つやについて処理後 7 日目に行った観察では無処理区の果実よりも処理区の果実の方が収穫時に近い果実の色つやをしていた。なお無処理区の果実の色つやの減少はダンボール箱に果実を詰めて 3~4 日間保管した頃から認められるようになり、保管期間が長くなるほど顕著になった。

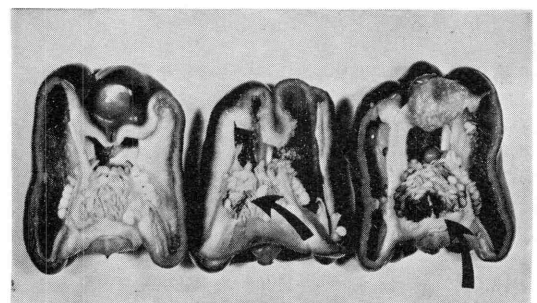
蒸熱処理による果実の外観上の障害としては (1) 小さなあばた状の陥没 (第 2 図 A 及び B)，(2) ケロイド状の果皮の凹凸 (第 2 図 C 及び D)，(3) ガク片の変形及び変色，(4) 果実の腐敗などが認められた。第 3 表及び第 5 表に示した障害の程度は，「-」が前述の障害の認められないもの，「+」が (1)，(2)，(3) の障害の発生が認められたもの，「++」は (4) の腐敗が認められたものである。「+」の程度として示した障害の中で、あばた状の陥没は 4 時間以上処理した場合に処理後 1~2 日目から果皮の表面に認められ、ケロイド状の凹凸は 5 時間以上処理した果実で処理後 4~5 日目から認められるようになったが、いったん現われたこれらの障害はその後の時間の経過につれて大きくなったり、変色して腐敗するようなことはなかった。

果実温度 $43.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ で蒸熱処理した果実の処理時間と障害発生の程度は第 3 表 (外観) 及び第 4 表 (内部) に示した。3 時間処理では 2 月及び 5 月の果実ともに蒸熱処理特有の障害 (+) の発生は認められなかった。しかし 4 時間の処理では障害が認められるようになり、5

時間、12 時間と処理時間が長くなるにつれて障害の発生する果実が多くなった。また、腐敗果の発生程度は 3~5 時間処理区よりも 12 時間処理区で明らかに高かった。

果実の内部では種子の変色、腐敗が顕著な障害として認められた (第 3 図)。第 4 表及び第 6 表に示した障害の発生の程度は「-」が種子の変色を認めないもの (第 3 図 A)，「+」が 50% 未満の種子が褐変しているもの (第 3 図 B)，「++」が腐敗または 50% 以上の種子が褐変~黒変しているもの (第 3 図 C) である。障害の発生傾向は外観的な障害の発生傾向と同じであるが、処理による種子の変色は外観に現われる障害よりも顕著に現われ、3 時間の処理でも、ごく一部の種子が褐変しているものがあつた。

果実の収穫時期と障害の発生程度との関係については第 3 及び 4 表にみられるように、外観及び内部の障害と



第 3 図 蒸熱処理によるピーマン生果実の内部の障害
A: 種子の変色を認めない， B: 50% 未満の種子が褐変， C: 50% 以上の種子が褐変~黒変

も5月の収穫果よりも2月の収穫果に多く発生する傾向がみられた。しかし、腐敗の発生程度は2月の果実と5月の果実の間に差がないか、むしろ5月の果実で高い傾向があった。腐敗の発生程度は無処理区でも5月の果実の方が高かった。

つぎに、第5表と第6表に処理温度の違いによる果実の障害発生程度について示した。この試験でも庫内温度 $43.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、3時間処理では障害はほとんど発生しなかったが、庫内温度を $44.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ にして果実温度が 43.0°C になってから3時間処理した時には処理終了時の果実温度は $44.1 \sim 44.7^\circ\text{C}$ に達し、果実の外観及び内部に障害の発生する果実が増加した。また、庫内温度 44.9°C 区では中段より早く果実温度が高くなる上段のすかし箱の果実に障害が強く現われ、入庫位置によって障害発生程度に差が認められた。

処理時間の違いによる果実重の変化については第7表に示した。果実の重量の減少率は処理時間が長くなると小さくなる傾向があり、無処理区と12時間処理区との間には重量の減少率に有意な差が認められた。

ピーマン生果実の還元型ビタミンC含量と処理時間の関係は第8表に示した。果実に含まれる還元型ビタミンCの含量は100g中に約100mgであり、処理区間に有意な差は認められなかった。

第9表及び第10表にピーマン果汁のpH及び糖度と処理時間の関係について示した。果汁の糖度は処理によって低くなる傾向があり、処理時間が長くなると低下の程度も大きくなった。一方果汁のpHに対しては蒸熱処理の影響がやや認められる場合(第10表)とほとんど認められない場合(第9表)とがあり、十分解明できなかった。

4. 食味調査

処理後4～10日目に果実の味、香り、異臭について食味調査を実施した結果、無処理区と5時間以下の処理区の間には明瞭な差は認められなかったが、12時間処理区においては香りが減少し味が淡泊になった。

考 察

杉本ら(1980:未発表)が行ったミバエ類に対する一連の耐熱性試験において、ミカンコミバエとウリミバエの卵及び各令幼虫の中、最も耐熱性が高いのはミカンコミバエの24時間令の卵であった。また果実温度 $42 \sim 43.3^\circ\text{C}$ での蒸熱処理の場合、3時間処理では若干の生存虫がみられ、完全に殺虫するためには少なくとも $42 \sim 43.3^\circ\text{C}$ で4時間の蒸熱処理または 43°C で2.5時間の温湯浸漬を行うことが必要であると考えられた。一方、小泉(1936)はタンカンの果実に寄生したミカンコミバ

エの卵、幼虫を温湯浸漬した場合には耐熱性が最も大きいのは若令幼虫であり、次いで卵であると述べている。

これらの結果をもとにして、今回の試験では、殺虫試験にはミカンコミバエの24時間令の卵及び1令幼虫を用い、果実温度 43°C 以上で3時間の蒸熱処理を行った。その結果、処理果実では生存虫は1頭も発見されず、同時に調査した無処理果実における生存虫数から推定して卵113,110個と1令幼虫118,793頭の供試虫は蒸熱処理によって完全に殺虫されたものとする。ミカンコミバエ2令及び3令幼虫とウリミバエの卵及び各令幼虫はミカンコミバエの24時間令の卵及び1令幼虫よりも耐熱性が低いので、今回の蒸熱処理条件、すなわち果実温度 $43.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、3時間でのピーマンの蒸熱処理によってミカンコミバエとウリミバエの卵及び各令幼虫の完全殺虫が可能であると考えられる。

次に蒸熱処理による果実の障害について、WALTON(1955)は同じ作物であっても栽培条件(時期、方法、場所、果実の熟度等)によって、障害の発生程度が異なると報告している。

沖縄県におけるピーマンの栽培は主としてビニールハウスで行われ、12月から翌年7月頃に収穫されるが、今回の試験においても、冬の寒い時期(2月)に収穫された果実は耐熱性が低く、5月に収穫した果実よりも小さなあばた状の陥没、クロイド状の果皮の凹凸、種子の変色などの蒸熱処理による障害が強く現われた。なお腐敗の発生程度は5月の果実の方が高かったが、これは無処理果実でも腐敗果の発生率が5月には12.6%と2月の0%よりも高かったことから明らかなように、蒸熱処理の影響よりも保管期間中の温度の影響が強く現われたものと考えられる。

沖縄県産ピーマンを用いた今回の試験において、殺虫試験と同じ処理条件、すなわち果実温度 $43.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、3時間の処理では、果汁の糖度がやや低下し、pHもやや低下した場合もあったが、食味への影響は認められず、耐熱性の低い2月の果実においても実用的な障害は発生しないと考える。しかし $43.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ での4時間以上の処理や庫内温度を約 1°C 高く設定し、果実温度 $43.8 \pm 0.8^\circ\text{C}$ で3時間処理した場合には明らかな障害が発生した。以上の結果から、沖縄本島産のピーマン(長交エース)では、 $43.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、3時間処理は実用的な障害が発生しない上限に近い条件と考えられる。しかし、ピーマンを出荷用のダンボール箱に詰めて保管した場合には処理果は無処理果よりも果皮の萎凋が少なく、収穫時の色つやを長く保つので、輸送に長時間を要する沖縄県から本土へピーマンを出荷する時には蒸熱処理した果実の方が有利であると考えられる。

アメリカ合衆国の植物検疫では、ピーマンに寄生するミバエ類を完全に殺虫するための蒸熱処理条件として、果実温度が 43.3°C になってから $8\frac{3}{4}$ 時間の処理を要求している。この基準は今回の試験で得られた結果と殺虫効果及び障害発生との両面において、大きな差があるように思われる。この原因は明らかでなく、ピーマンの品種や栽培条件の違い、ミバエの種類や分布地域による耐熱性の違い等の影響について、さらに検討する必要がある。

以上の検討結果から、 $43.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、3 時間の蒸熱処理はピーマンに寄生するミカンコミバエ及びウリミバエの卵及び幼虫を完全に殺虫することができ、ピーマンにも実用的な障害を生じないので、両ミバエが発生している沖縄県から未発生地へピーマンを移動するための消毒方法として利用することができると考える。しかし完全な殺虫ができ、かつ果実に障害を生じない蒸熱処理条件の範囲は非常にせまいので、処理時の温度管理は厳重に行う必要がある。また、アメリカ合衆国における処理基準との違いからもわかるように、沖縄県産ピーマン以外に対して、どの範囲まで蒸熱処理が利用できるかについては今後の検討にまたなければならない。

摘 要

ピーマンの熱蒸処理 (vapor heat treatment) による障害及びミカンコバエの殺虫効果について試験した。

処理は、処理庫内温度 $43.9 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 90~100% R. H., 果実収容量 $70 \sim 90 \text{ kg/m}^3$ の条件で行い、すべての果実の中心温度が 43.0°C になってから 3~12 時間の処理を行った。

すべての果実の中心温度が 43.0°C に達するのに約 2 時間の前処理を必要とした。3 時間処理における処理終了時の果実温度は反復間でやや異なり、 $43.2 \sim 43.8^{\circ}\text{C}$ であった。また、処理時間が 3 時間以上になっても、処理終了時の温度は 3 時間処理の場合と大きな差はなかった。

処理後果実を一定期間保管した後に殺虫効果及び果実の障害を調査した。その結果、果実温度が 43.0°C に達してから 3 時間処理することにより、果実に障害を発生することなく、ピーマンに寄生したミカンコミバエ 24 時間令の卵 113, 110 個及び 1 令幼虫 118, 793 頭を完全に殺虫することができた。

以上のことから、蒸熱処理はミカンコミバエ・ウリミバエの発生する沖縄県から未発生地へピーマンを移動するための消毒方法として利用することができると考える。

引用文献

- ANON. (1972) USDA, Agricultural Research Service, Plant Quarantine Division. Plant Quarantine Treatment Manual (Second Edition).
- BAKER, A.C., W.E. STONE, C.C. PLUMMER and M. MCPHAIL (1944) A review of studies on the Mexican fruitfly and related mexican species. U.S. Dept. Agr. Misc. Pub. 531: 47-53
- 小泉清明 (1936) 果実繩に対する台湾産果実の加熱消毒法の研究 第二報 タンカンに寄生するミカンコミバエ. 熱帯農学会誌 8: 166-175.
- LATTA, R. (1939) Vapor-heat treatment for the control of narcissus bulb pests in the pacific northwest. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 672: 1-53.
- SEO, S.T., B.K. HU, M. KOMURA, C.Y.L. LEE and J. HARRIS (1979) *Dacus dorsalis*: Vapor-heat treatment in papayas. J. Econ. Ent. 67: 240-242.
- 杉本民雄, 溝淵三必, 金城早苗 (1980) ミバエ類の高温殺虫処理について. 第 24 回応動昆虫大会講演要旨: 36.
- WALTON, B.S. and D.L. LINOGREN (1955) Vapor-heat sterilization of California citrus and avocado fruits against fruit-fly insects. J. Econ. Ent. 48: 132-138.