

蒸熱処理前の加温がミカンコミバエ卵の殺虫効果に与える影響

石毛康博¹⁾・安達浩之・菊川華織・宮崎 勲

那覇植物防疫事務所

Effects of Preheating with Vapor Heat on Mortality of *Bactrocera dorsalis* Eggs (Diptera: Tephritidae). Yasuhiro Ishige¹⁾, Hiroyuki Adachi, Kaori Kikukawa and Isao Miyazaki (Naha Plant Protection station, 2-11-1 Minato-machi, Naha-shi, Okinawa, 900-0001 Japan. ¹⁾Tokyo Sub-station, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **49**: 35-40 (2013).

Abstract: Preheating at 38°C followed by hot water immersion (HW) or vapor heat treatment (VHT) was conducted to examine the mortality of Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) eggs. Preheating in 38°C water for 30-120 min led to lower mortality following HW at 46°C than no preheating, suggesting that preheating eggs increased their thermotolerance. VHT tests in two different temperature increase programs after preheating for 30-120 min inside a VHT chamber set at 38°C were conducted with papayas infested with eggs, to determine whether the preheating affects mortality from VHT. Under immediate VHT at 47°C after preheating, mortality was inversely proportional to the exposure time of preheating in comparison with the gradual linear increase of VHT to 47°C over 3 hours after preheating. It is unclear as to how the thermotolerance of eggs to VHT after preheating at 38°C for 30-120 min is comparable with that to HW after preheating. However, when preheating was applied to avoid heat injury of the fruit and to shorten the plant quarantine treatment by VHT, it appeared that preheating in VHT affected the mortality of fruit flies.

Key words: plant quarantine treatment, vapor heat, hot water immersion, preheating, *Bactrocera dorsalis*

諸 言

蒸熱処理は、飽和蒸気により植物を加熱し植物に寄生する害虫を殺虫する検疫処理法で、主に熱帯・亜熱帯の生果実に寄生するミバエの卵や幼虫を殺虫する手段として用いられている。

一般的に熱帯・亜熱帯のパパイヤやマンゴウなどの生果実は、蒸熱処理等の加熱処理に対して熱障害が少ないとされているが、更に35～40°Cで一定時間、熱に曝すと熱耐性を生じることが知られている（Lurie and Mitcham, 2007）。このため加熱による検疫処理の前に生果実を加温（以下、「プレヒーティング」という）することで、熱障害を軽減できると考えられている（Paull *et al.*, 1990; Jacobi *et al.*, 1995）。一方、果実に寄生する害虫も、同温度域で熱耐性が生じることが知られている（Tang *et al.*, 2007）。クインスランドミバエでは34～42°Cの温湯浸漬でプレヒーティングすることで同虫が熱耐性を獲得し、46°Cの温湯に対する死亡率が低下することが報告されている（Waddell *et al.*, 2000）。またミカンコミバエでは、35°Cの高温で幼虫を飼育することで、43°Cの温湯での3齢幼虫の死亡率が20～30°Cでの飼育に比べ低下することが報告されている（Miyazaki and Dohino, 2000）。

上述のように、プレヒーティング等により熱耐性を生じることが調べた研究の大半が害虫を直接温湯浸漬したものである。検疫処理を想定し、生果実にミバエを寄生させて加熱処理した場合での報告はない。そこで、プレヒーティングによりミカンコミバエの卵が熱耐性を獲得するか否かを裸虫温湯浸漬処理で確認した上で、ミカンコミバエ卵の寄生果実を用いて、蒸熱処理においてプレヒーティングが殺虫効果にどのような影響を及ぼすかを明らかにするための試験を実施した。

材料及び方法

1. 供試虫

沖縄本島産ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis*（農林水産省指令63 横植第2152号）の27時間齢卵（老熟卵）を処理に用いた。親虫のミカンコミバエ成虫は、那覇植物防疫事務所において26.5°C、55%RH、明暗周期14L10Dで飼育した。卵は、成虫約2,000頭を入れた飼育ケージ（45×30×30 cm）内にレモン果汁入り採卵器（ポリプロピレン製、直径7.5 cm、高さ13 cm、側面に0.5 mm径の小孔を198個有す）を1時間置き採取した。

¹⁾ 横浜植物防疫所東京支所

2. 裸虫温湯浸漬処理での殺虫試験

ミカンコミバエ卵がプレヒーティングによって熱耐性を獲得するか確認するため、裸虫温湯浸漬処理試験を実施した。

ミカンコミバエの卵を網底のガラス管（直径2.5cm、長さ15cm）に入れ、水温38℃の恒温水槽（矢沢科学製E-3）内に30、60、120分間浸漬することでプレヒーティングを行った（以下、それぞれ「Pre30」、「Pre60」、「Pre120」という）。上述の各プレヒーティング後、水温46℃に設定した別の恒温水槽（ヤマト科学製BK-53）内で、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60分間浸漬する裸虫温湯浸漬処理を行った。なお、プレヒーティングを行うことなく直接、46℃による温湯浸漬処理を行う試験区（以下、「Pre0」という）も設けた。また、恒温水槽内の水温は標準二重管温度計（日本計量器工業製）を用いて調整した。対照区は上記処理が終了するまでの間、25℃の室温水に浸漬したままにした。処理が終了した卵は、実体顕微鏡を用いて計数し、各区毎に100卵を湿った濾紙を敷いたシャーレ上のゴース布（1.5×1.5cm）上に載せ26.5±1.0℃で保管した。試験は3反復実施した。

生死判定は、温湯処理2日後に実体顕微鏡下で孵化の有無を確認することで行った。Abbott (1925) の式により補正死亡率を算定、当該死亡率及び生存が認められた最長処理時間を比較した。また、LeOra Software 製PoloPlusによりProbit解析を行い、致死時間LT₉₅、LT₉₉を算定し比較した。LT値の有意差は、95%信頼区間が重なっているか否かにより判定した。

3. 蒸熱処理での殺虫試験

プレヒーティングが蒸熱処理での殺虫効果に影響を与えるか調べるため、ミカンコミバエ卵を寄生させた生果実を用い殺虫試験を実施した。

(1) 供試果実及び寄生果作製

供試果実としてソロ種のパパイヤ生果実を用いた。平均重量は473.9±47.8g（平均±標準偏差）であった。

寄生果実は、人工接種法で作製した。ミカンコミバエの卵をゴース布（1.5×1.5 cm）上に載せ、実体顕微鏡を用いて200卵ずつ計数した。パパイヤの果実側面の果皮をコの字型（3.5×2.5 cm）に切り開き、その果皮下に卵をゴース布ごと1果実に200卵接種した。作製した寄生果実は、蒸熱処理に供試するまで26.5±1.0℃、55±10% RHで保管し、採卵から蒸熱処理開始まで27時間になるよう調整した。なお蒸熱処理前に、果皮に開けた通気孔及び卵接種時の果皮の切れ目を外科用テープで塞いだ。

(2) プレヒーティング及び蒸熱処理

プレヒーティング及び蒸熱処理には、差圧式蒸熱処理装置（三州産業製、EHK-500AO、処理庫容積0.5m³、以下「蒸熱処理機」という）を用いた。パパイヤは、38℃120分間の温

湯浸漬処理によってプレヒーティングすると熱ショックタンパク質を発現し、49℃に対する熱耐性が生じることが知られている（Paull *et al.*, 1990）。このため、蒸熱処理機の庫内温度を38℃とし、30、60、120分間のプレヒーティングを行う試験区（以下、それぞれ「Pre30」、「Pre60」、「Pre120」という）を設けた。蒸熱処理は検疫処理を想定して、各プレヒーティング後、庫内温度を直ちに47℃に上昇させる処理方法と、3時間かけて一定の上昇率で47℃に上昇させる処理方法の2種類の上昇方法で実施し、その後47℃を維持するよう設定した。蒸熱処理中の湿度設定は95% RHとした。なお、どちらの温度上昇方法においても、プレヒーティングを行うことなく蒸熱処理する試験区（以下、「Pre0」という）を設けた。

蒸熱処理中の果実温度は、非寄生果実を用い、果実の果皮下及び果実の中心部の2か所の温度をシース测温抵抗体温度センサー（チノー製、FT-210VF-F）又はデータロガー（ティアンドデイ製RTR-52）に接続したテフロン樹脂センサー（ティアンドデイ製TR-5106）を各部位に挿入して1分間隔で測定・記録した（以下、「センサー果実」という）。

センサー果実の中心部が下述の所定の目標温度又は保持時間に到達した時、寄生果実を蒸熱処理機の処理庫から常温下（26℃）に取り出した。庫内温度を直ちに47℃に上昇させる処理方法では、44.5、45.0、45.5、45.8、46.0℃を目標温度とし、保持時間は46.0℃到達後の6、12、18分間とした。また、庫内温度を3時間かけて47℃に上昇させる処理方法では、45.5、45.8、46.0℃を目標温度とし、保持時間は46.0℃到達後の6、12、18、24、30分間とした。

供試果実数は、対照区を含め目標温度または保持時間あたり1個とし、反復数は庫内温度を直ちに47℃に上昇させる処理方法では5反復、庫内温度を3時間かけて47℃に上昇させる処理方法では3反復実施した。

(3) 蒸熱処理後のミカンコミバエ卵の保管と生死判定

蒸熱処理後、寄生果実から速やかに卵をゴース布ごと摘出し、湿った濾紙を敷いたシャーレに移し、26.5±1.0℃で保管した。対照区については、処理区の作業が終了した後、処理区と同じ方法で卵の摘出及び保管を行った。

卵の生死判定は、蒸熱処理2日後に実体顕微鏡下で孵化の有無を確認することで行った。試験に供したミカンコミバエ飼育個体群の卵は、26.5±1.0℃において産卵後30～31時間で孵化が観察され、産卵後48時間経過した卵は孵化しないことがわかっていることから、生死判定時に孵化していない卵は死虫とみなした。補正殺虫率はAbbott (1925) の式で算定し、当該死亡率及び生存が認められた最長処理時間を比較した。統計解析は、補正死亡率を逆正弦変換（角変換）した後にTukey-HSD法の多重比較検定法により行い、有意水準は5%とした。

Table 1. Mortality of *B. dorsalis* eggs by hot water immersion at 46°C after three different preheating times at 38°C and non preheating.

Exposure time (min) at 46°C	Corrected mortality (%) ¹⁾			
	Pre0 ²⁾	Pre30 ²⁾	Pre60 ²⁾	Pre120 ²⁾
5	31.7 ± 4.0	8.6 ± 2.1	22.2 ± 18.9	14.4 ± 6.8
10	42.9 ± 18.5	15.5 ± 9.3	20.3 ± 15.7	49.2 ± 25.3
15	69.6 ± 11.3	44.4 ± 5.6	51.9 ± 15.3	74.4 ± 15.1
20	86.3 ± 7.3	76.7 ± 9.7	81.1 ± 14.5	79.5 ± 7.5
25	97.9 ± 0.7	90.1 ± 5.1	91.0 ± 6.2	94.4 ± 4.6
30	100	98.3 ± 1.6	96.2 ± 4.0	99.0 ± 1.7
35	100	99.6 ± 0.8	98.1 ± 2.2	97.9 ± 2.3
40	100	99.6 ± 0.8	100	99.0 ± 1.7
45	100	100	100	100

¹⁾ Corrected mortality (mean ± SD) was calculated from ABOTT(1925).

²⁾ Pre30, Pre60 and Pre120 mean preheated at 38°C for 30, 60 and 120 minutes respectively. Pre0 means non preheating.

Table 2. Comparison of estimated thermal death times for 95% and 99% mortality of *B. dorsalis* eggs by hot water immersion at 46°C after three different preheating times at 38°C and non preheating, modeled with probit analysis.

Preheating time (min.) at 38°C	Lethal time (min.) at 46°C	
	LT ₉₅ (95%CL)	LT ₉₉ (95%CL)
0	23.58 (22.27 – 25.17)	28.91 (27.10 – 31.23)
30	27.29 (25.73 – 29.31)	32.05 (29.93 – 34.96)
60	28.25 (26.35 – 30.72)	34.01 (31.43 – 37.63)
120	26.76 (24.47 – 30.56)	33.44 (29.78 – 38.94)

Estimated LT₉₅ and LT₉₉ for each preheating time with associated 95% confidence limits were calculated by Probit analysis.

結果及び考察

1. 裸虫温湯浸漬処理での殺虫試験

ミカンコミバエ卵の46.0°Cの裸虫温湯浸漬処理での補正死亡率をTable1に示した。プレヒーティングを行わなかったPre0では25分間の処理まで生存虫が確認された。一方、プレヒーティングを行ったPre60では35分間、Pre30及びPre120では40分間の処理まで生存虫が認められた。

Probit解析での致死時間 (LT値) をTable2に示した。致死時間は、プレヒーティングを行った試験区 (Pre30、Pre60、Pre120) がプレヒーティングを行わなかった試験区 (Pre0) に比べ長かった。特にLT₉₅においては、Pre0とPre30間及びPre0とPre60間で有意差が認められた ($p < 0.05$)。また、LT₉₉では、Pre0とPre60間で有意差が認められた ($p < 0.05$)。

以上のように、生存虫が認められた最長処理時間及び致死時間の比較から、46°Cにおける裸虫温湯浸漬処理では、38°Cでプレヒーティングを行うことでミカンコミバエ卵の殺虫効果が低下したと考えられる。クインスランドミバエ卵を供試したWaddellら (2000) の研究と同様に、ミカンコミバエにおいてもプレヒーティングによって、卵が熱耐性を獲得したと考えられる。

2. 蒸熱処理での殺虫試験

プレヒーティング中及び蒸熱処理中のセンサー果実の中心温度及び果皮下温度並びに庫内温度の推移をFig.1及びFig.2に示した。前者 (Fig. 1) は庫内温度を47°Cに直ちに上昇させた場合の温度推移であり、後者 (Fig. 2) は3時間かけて一定の上昇率で47°Cまで上げた場合の温度推移である。また、前者における各目標温度及び保持時間到達までの所要時間 (プレヒーティング終了時から蒸熱処理終了時までの時間。以下、「蒸熱処理時間」という) とミカンコミバエ卵の補正死亡率をTable 3に示した。同様に後者における蒸熱処理時間及び補正死亡率をTable 4に示した。

各目標温度及び保持時間ごとの蒸熱処理時間を比較すると、庫内温度を47°Cに直ちに上昇させる処理方法では、プレヒーティングの長さによりPre120、Pre60、Pre30、Pre0の順で蒸熱処理時間が短く、その差はPre120とPre0とで26.0 ~ 26.8分であった (Table 3)。一方、庫内温度を3時間かけて上昇させる処理方法では、蒸熱処理時間の差は3.8 ~ 4.2分で、プレヒーティングの長さにかかわらずその差は小さかった (Table 4)。これは、プレヒーティングの長さによって蒸熱処理開始時までに到達した果実中心温度はそれぞれ異なり、さらにその後の蒸熱処理での加熱方法によって、前者では蒸熱処理時間の差がほぼ変わらず、後者ではその温度

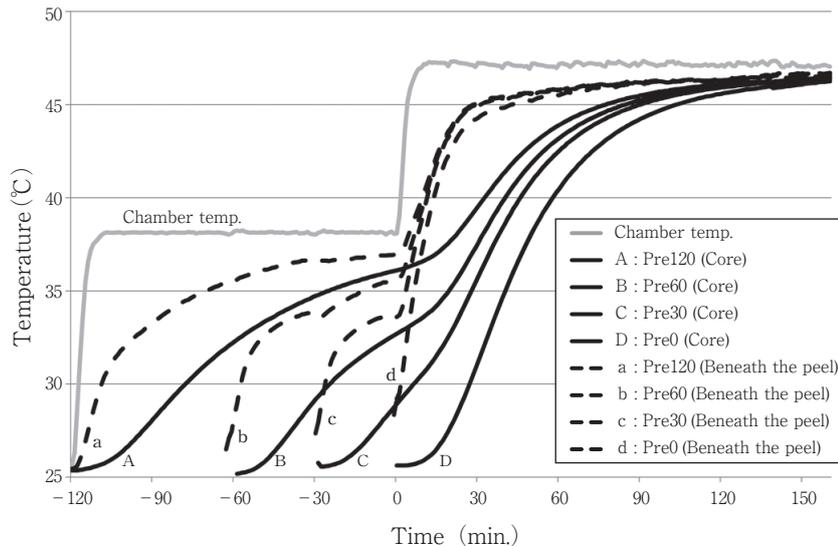


Fig. 1. Temperatures of the core and beneath the peel of papaya treated by immediate-VHT at 47°C after three different preheating times at 38°C and non preheating. Pre30, Pre60 and Pre120 mean preheated inside VHT chamber at 38°C for 30, 60 and 120 minutes respectively before immediate-VHT at 47°C. Pre0 means non preheating.

Table 3. Time-mortality relationship of papaya infested with *B. dorsalis* eggs by immediate-vapor heat treatment at 47°C after three different preheating times at 38°C and non preheating.

Target temperature (°C)	Holding time (min.)	Treatment time (min) ¹⁾				Corrected mortality (%) ²⁾			
		Pre0 ³⁾	Pre30 ³⁾	Pre60 ³⁾	Pre120 ³⁾	Pre0 ³⁾	Pre30 ³⁾	Pre60 ³⁾	Pre120 ³⁾
44.5	-	93.7	80.6	75.1	67.7	7.8 ± 5.8 ^a	4.3 ± 8.8 ^a	2.0 ± 4.3 ^a	1.4 ± 4.8 ^a
45.0	-	102.5	89.6	84.1	76.5	27.6 ± 23.8 ^a	5.1 ± 5.9 ^b	4.7 ± 8.9 ^{ab}	2.9 ± 2.2 ^b
45.5	-	115.7	102.1	97.3	89.3	68.2 ± 30.4 ^a	70.5 ± 31.0 ^a	14.0 ± 9.3 ^b	4.2 ± 2.1 ^b
45.8	-	127.5	113.5	109.5	100.7	94.9 ± 9.2 ^a	56.2 ± 25.6 ^b	53.8 ± 18.6 ^{bc}	16.2 ± 4.3 ^c
46.0	0	137.3	123.5	120.1	111.3	98.6 ± 0.9 ^a	94.5 ± 4.3 ^a	84.3 ± 30.0 ^a	54.1 ± 21.0 ^b
46.0	6	143.3	129.5	126.1	117.3	100 ^a	96.2 ± 6.9 ^{ab}	90.3 ± 9.1 ^{ab}	78.5 ± 24.7 ^b
46.0	12	149.3	135.5	132.1	123.3	100 ^a	99.9 ± 0.2 ^a	99.1 ± 1.9 ^{ab}	93.0 ± 9.2 ^b
46.0	18	155.3	141.5	138.1	129.3	100 ^a	100 ^a	99.7 ± 0.7 ^a	99.1 ± 2.0 ^a

¹⁾Vapor heat treatment at 47°C.

²⁾Corrected mortality (mean ± SD) was calculated from ABOTT(1925). Values in the same line followed by a different letter are significantly different (Tukey HSD test after angular transformation, $p < 0.05$).

³⁾Pre30, Pre60 and Pre120 mean preheated inside VHT chamber at 38°C for 30, 60 and 120 minutes respectively before immediate-VHT at 47°C. Pre0 means non preheating.

差が蒸熱処理庫内温度の制御に応じて時間経過と共に縮小したためと考えられる (Fig. 1 及び Fig. 2)。卵を接種した果皮下の温度は、蒸熱処理開始60分以降は、Pre0、Pre30、Pre60 及び Pre120 のいずれもほぼ同じ温度で推移していた (Fig. 1 及び Fig. 2)。

補正死亡率の比較では、庫内温度を直ちに47°Cまで上昇させる処理方法 (Table 3) ではプレヒーティング時間が長いほど卵が生き残る傾向があった。プレヒーティングを行わなかったPre0では46°C0分の処理まで生存したのに対し、Pre30では46°C12分、Pre60 及び Pre120 では46°C18分の処理でも生存が認められた。また、処理強度ごとの補正死亡率の比較でも、45.0°Cから46.0°C12分の処理強度において、プレヒーティング時間が長い複数の試験区で短い試験区よりも

有意に補正死亡率が低かった ($p < 0.05$)。この主な原因として、38°Cによるプレヒーティング時間が長いほど果実温度が目的温度へ到達するまでの蒸熱処理時間が短くなり、その分だけ卵が熱に曝されなかったため、殺虫率が低下したと考えられる。

一方、庫内温度を3時間かけて47°Cに上昇させる処理方法 (Table 4) では、プレヒーティングの有無やその時間の長さの違いによって、補正死亡率間に有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。また、卵の生存が確認された最長保持時間もPre0 及び Pre60 が46°C24分、Pre30 及び Pre120 が46°C30分であり、プレヒーティングによる明確な違いは認められなかった。これらの原因として、上述のとおりプレヒーティングの有無やその長さにかかわらず蒸熱処理時間の差が小さかつ

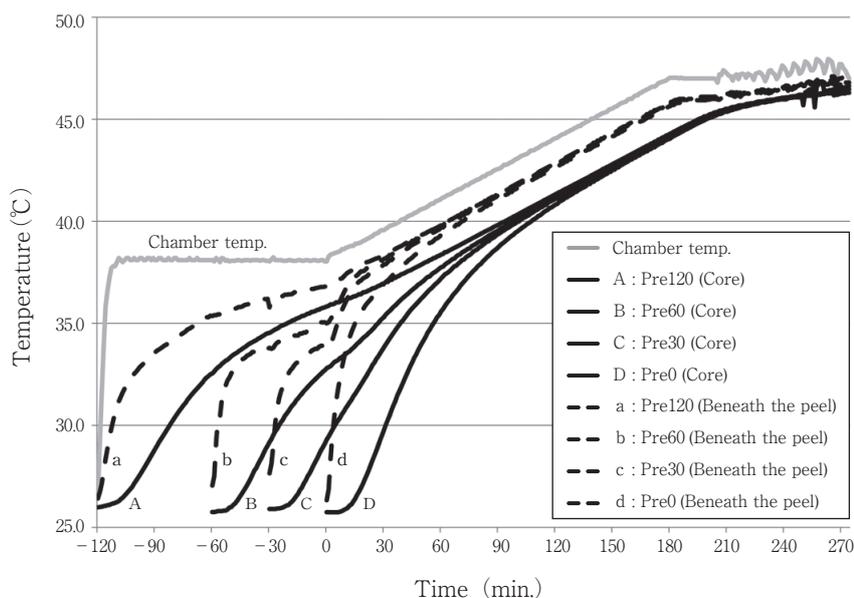


Fig. 2. Temperatures of the core and beneath the peel of papaya treated by linear gradual VHT to 47°C over 3 hours after three different preheating times at 38°C and non preheating. Pre30, Pre60, and Pre120 mean preheated inside VHT chamber at 38°C for 30, 60 and 120 min respectively before linear gradual VHT to 47°C over 3 hours. Pre0 means non preheating.

Table 4. Time-mortality relationship of papaya infested with *B. dorsalis* eggs by linear gradual-vapor heat treatment to 47°C over 3 hours after three different preheating times at 38°C and non preheating.

Target temperature (°C)	Holding time (min.)	Treatment time (min) ¹⁾				Corrected mortality (%) ²⁾			
		Pre0 ³⁾	Pre30 ³⁾	Pre60 ³⁾	Pre120 ³⁾	Pre0 ³⁾	Pre30 ³⁾	Pre60 ³⁾	Pre120 ³⁾
45.5	-	212.6	210.8	210.8	208.4	5.4 ± 1.7 ^a	4.5 ± 3.2 ^a	8.2 ± 5.2 ^a	4.3 ± 2.7 ^a
45.8	-	225.1	224.0	225.8	222.0	8.9 ± 0.3 ^a	13.6 ± 10.7 ^a	10.2 ± 1.6 ^a	8.7 ± 1.3 ^a
46.0	0	235.1	235.5	237.5	233.7	24.2 ± 8.1 ^a	20.3 ± 5.8 ^a	24.0 ± 9.5 ^a	21.2 ± 10.2 ^a
46.0	6	241.1	241.5	243.5	239.7	36.2 ± 9.4 ^a	31.0 ± 8.4 ^a	29.9 ± 15.6 ^a	29.0 ± 14.9 ^a
46.0	12	247.1	247.5	249.5	245.7	56.9 ± 26.0 ^a	37.0 ± 8.0 ^a	36.8 ± 10.7 ^a	67.5 ± 32.1 ^a
46.0	18	253.1	253.5	255.5	251.7	84.2 ± 25.4 ^a	88.1 ± 17.5 ^a	74.2 ± 19.7 ^a	76.0 ± 35.8 ^a
46.0	24	259.1	259.5	261.5	257.7	99.1 ± 0.9 ^a	96.5 ± 5.3 ^a	86.8 ± 17.5 ^a	98.7 ± 2.2 ^a
46.0	30	265.1	265.5	267.5	263.7	100 ^a	99.8 ± 0.3 ^a	100 ^a	98.7 ± 2.2 ^a

¹⁾ Gradual-vapor heat treatment to 47°C over 3 hours.

²⁾ Corrected mortality (mean ± SD) was calculated from ABOTT(1925). Values in the same line followed by a different letter are significantly different (Tukey HSD test after angular transformation, $p < 0.05$).

³⁾ Pre30, Pre60 and Pre120 mean preheated inside VHT chamber at 38°C for 30, 60 and 120 minutes respectively before linear gradual-VHT to 47°C over 3 hours. Pre0 means non preheating.

たためと考えられる。

裸虫温湯処理試験の結果から、38°Cのプレヒーティングは、46°Cに対する卵の耐熱性を高めると考えられた (Table 1)。しかし、蒸熱処理での試験では、卵の耐熱性を高めたか明確ではなかった。今後、裸虫温湯浸漬処理で38°C前後のプレヒーティングでどの程度耐熱性を獲得するか確認するとともに、寄生果実を用いた蒸熱処理を実施した際には熱ショックタンパクの検出を行うなどして、その関与を確認する必要があると思われる。

本試験結果から、検疫処理において果実の熱障害回避又は処理時間短縮のためプレヒーティングを行った場合、蒸熱処理での加熱方法によっては、生果実に寄生したミバエ類に対

する殺虫効果に影響を及ぼす可能性があると考えられる。

引用文献

- Abbott, W.S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* **18**: 265-267.
- Jacobi, K., J. Giles, E. MacRae and T. Wegrzyn (1995) Conditioning 'Kensington' mango with hot air alleviates hot water disinfestation injuries. *Hort Science.* **30**: 562-565.
- Lurie, S. and E.J. Mitcham (2007) Physiological responses of agricultural commodities to heat treatments. In: J. Tang, E. Mitcham, S. Wang and S. Lurie (eds) *Heat Treatments for Postharvest Pest Control*. CABI. pp.79-104.

- Miyazaki, I. and T. Dohino (2000) Comparative heat tolerance of third-instar larvae, the Oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae), reared at different temperatures and exposed to hot water immersion. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **36**: 13-19.
- Paull, R. E. and N. J. Chen (1990) Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. **115**: 623-631.
- Tang, J., S. Wang and J.A. Johnson (2007) Biology and thermal death kinetics of selected insects. In: J. Tang, E. Mitcham, S. Wang and S. Lurie (eds) *Heat Treatments for Postharvest Pest Control*. CABI. pp.133-161.
- Waddell, B.C., V.M. Jones, R.J. Petry, F. Sales, D. Paulaud, J.H. Maindonald and W.G. Laidlaw (2000) Thermal conditioning in *Bactrocera tryoni* eggs (Diptera: Tephritidae) following hot-water immersion. *Postharvest Biology and Technology* **21**: 113-128.