植物防疫所調査研究報告（植防研報）
第 18 号：47～52 昭和57年（1982）

セミノールに寄生するミカンコミバエの低温殺虫処理試験

杉本民雄・古澤幹士
那覇植物防疫事務所国内課

Cold-treatment of Seminole against the Oriental Fruit Fly, *Dacus dorsalis* HENDEL. Tamio SUGIMOTO and Kenji HURUSAWA (Domestic Section, Naha Plant Protection Station) *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **18**: 47–52 (1982)

Abstract: The effects of cold treatment on the oriental fruit fly infesting seminole fruits, a citrus of Okinawa, were studied.

1. The comparison of the cold-hardiness among the stages of the oriental fruit fly was made at a level of LT_{99} (99% lethal exposure time) at –0.6°C, the order of LT_{99} values being: first instar larvae (1-day-old); 8.97 days>eggs (24～26-hour-old); 6.10 days>third instar larvae (7-day-old); 3.72 days.

2. A complete mortality of a total of 46,620 eggs and first-instar larvae including a few second instar larvae was obtained when artificially infested seminole fruits were hold for 10 days with a fruit inside pulp temperature at 0°C.

3. Seminole fruits wrapped with thin paper individually and packed in carton boxes were treated at a pulp temperature of –1°C for 10 days. As a result, no injuries to the fruits were observed.

4. Summing up the above data, it became clear that cold treatment could be applied to the seminole as a control method of the oriental fruit fly.

まえがき

セミノールは大紅ミカン（タンゼリン）とグレープフルーツの交配によって作られた「タンゼロ」の一品種であり，近年沖縄県においても導入，栽培されるようになって，その収穫量も年々増加している。

しかし，セミノールも他の柑橘類と同じくミカンコミバエ *Dacus dorsalis* HENDEL の寄主植物であるため，ミカンコミバエの発生する沖縄諸島から日本の未発生地域へ果実を持ち出すことが植物防疫法によって禁止されている。

筆者らは，このセミノールの移動解禁に資するため，セミノールに寄生するミカンコミバエの低温殺虫処理試験を実施したので，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），調査課　萩原　潤防疫管理官及び高野利達技官に深甚の謝意を表する。

材料及び方法

供試果実のセミノールは沖縄本島南部の糸満市字新垣の果樹園から入手した。

供試虫のミカンコミバエは1978年2月沖縄本島北部のミカンから採集し，飼育室（27±1°C, 70～80%R. H., 12時間照明でその前後2時間薄明）において，人工飼料で累代飼育中のものを用いた。

低温殺虫処理にはミカンコミバエが寄生している果実を用いた。処理に先立ち，供試果実を次の方法によって準備した。

ステンレス製虫ピン（1号）6本をその先端が外へ約5mm 出るように刺したゴム栓を，果実の3ケ所に押しあててミカンコミバエが産卵しやすいように傷を付けた後，その10～20果をミカンコミバエの成虫約2,000～3,000頭とともに飼育箱に一定時間入れた。このようにして産卵がなされた果実を，それぞれ目的のステージに成長するまで保管箱（31×31×35cm，上面及び側面は薄布張）に入れて飼育室（前出）に保管した。

低温処理にはインキュベーターを使用し所定の温度を保った。処理期間中の果実の温度の測定には，サーミスタ温度計を用い，その感温部をインキュベーター庫内3ケ所の果実の中心に差し込んだ。また庫内温度を基準温度計で測定した。

1. 低温に対する耐性の比較

卵，1令幼虫及び3令幼虫の低温に対する耐性について調査した。

各ステージの調製は，前述の産卵方法によって，果実に2時間産卵させた後，飼育室での保管時間を次のようにして行った。すなわち，卵は4時間及び24時間，1令幼虫は2日間，3令幼虫は8日間保管した。処理は，果実の中心温度が −0.6°C となってから，卵及び3令幼虫に対して2〜10日間，1令幼虫に対して4〜10日間とした。供試果実は，あらかじめインキュベーター内で処理温度によって冷却しておいたダンボール箱に，果実が重なり合って温度ムラが生じないように間隔をあけて並べた。なお，3令幼虫が寄生した果実には腐敗が見られ，寄生の程度によって外観上差があったため，各果実の半分以上が腐敗しているものを「多寄生区」とし，産卵部位の1 cm^2 程度のみ腐敗しているものを「少寄生区」として区別することとした。

処理後，果実を室温に2〜3時間置いて，果実中より卵及び幼虫各200頭を取り出した。これらをペトリ皿中の湿ったロ紙上に並べ，飼育室に保管した。

供試虫の生死の判定は，卵については飼育室で24時間及び48時間保管した後に孵化の有無を調べた。なお，孵化した場合であっても，幼虫が動きを示さないものは，未孵化卵とした。1令及び3令幼虫については，飼育室で6時間保管した後，実体顕微鏡下で歩行及び口鈎の運動を観察し，正常な運動が見られない個体を死虫と判定した。

処理期間と致死率との関係については，BLISS のプロビット法によって99% の致死率に対応する処理日数（LT_{99}）を求めた。

低温に対する耐性の比較には，実際に100% の致死率が観察された処理日数と LT_{99} を用いた（MILLER, 1977）。

2. 大量殺虫試験

ミカンコミバエの卵及び幼虫が寄生したセミノール果実に対する商業的規模での低温処理の有効性を調査した。

卵及び幼虫が寄生した供試果実の調製は，前述の産卵方法による24時間の産卵後，卵においては20時間，幼虫においては48時間飼育室に保管して行った。

処理は，卵，幼虫が寄生した果実をそれぞれ95果ずつ10 kg 詰めのダンボール箱に充填用の果実とともに入れて，果実の中心温度が0°C になってから10日間，さらにインキュベーターの庫内温度を8°C に上げて2日間行った。

なお，処理区の供試虫数を推定するための対照区として卵又は幼虫の寄生した無処理の果実各10果をあてた。また，処理開始時の供試虫の令は，卵では20〜44時間令，幼虫では主として1令幼虫であったが，一部2令幼虫を含んでいた。処理は卵，幼虫区それぞれ2反復行った。

供試虫の生死の判定は，処理後卵区の果実を8日間，幼虫区の果実を7日間飼育室に保管した後に行った。

3. 果実の低温障害調査

生植物の低温障害は，植物を事前に低温に順化させること（ハードニング）により軽減される場合がある。本試験では，セミノール果実を8°C の定温器内に収穫後7日間置いた後，定温器内の温度を下げ果実の中心温度が −1°C に達してから10日間及び15日間の低温処理を行い，収穫後2日目に直ちに同様の低温処理をした果実と低温障害の程度を比較した。

供試果実は1処理につき20果とし，計120果であった。収穫後2日目の供試果実は充填用果実を含め1個ずつ薄い紙で包装してダンボール箱に詰めた区と，包装せず箱に詰めた区の2区を作った。8°C 順化区の果実は包装してダンボール箱に詰めて処理した。

低温処理後は庫内温度を8°C に上昇させて，果実を供試したままの状態で2日間置いた。

低温障害の調査は，果実をダンボール箱に収納したまま室温に7日間置いた後，ミカン類の果皮の低温障害といわれる「ピッチング」（浅見，1972）及び味覚の基本要素である果汁の pH と糖度（飯野，1972）について行った。

pH はデジタル pH 計，糖度はアッペの糖度計によって測定した。

結　　果

1. 低温に対する耐性の比較

調査結果を第1図及び第1表に示した。第1図の縦軸はミカンコミバエの死亡率（%）をプロビット目盛で表わし，横軸は処理日数を対数目盛で表わした。死亡率及び処理日数の回帰直線から求めた LT_{99} 値は，卵（24〜26時間令）で6.10日，1令幼虫で8.97日，「少寄生区」の3令幼虫（8日令）で3.72日であった。卵の4〜6時間令区と「多寄生区」の3令幼虫は低温処理3日目から100% の死亡率を示したため回帰直線が求められなかった。実際に100% の死亡率が観察された処理日数は，2〜4時間令の卵で3日，24〜26時間令の卵で8日，1令幼虫で9日，「多寄生区」の3令幼虫（8日令）で3日，「少寄生区」の3令幼虫で6日であった。

以上の結果から，セミノール果実に寄生したミカンコ

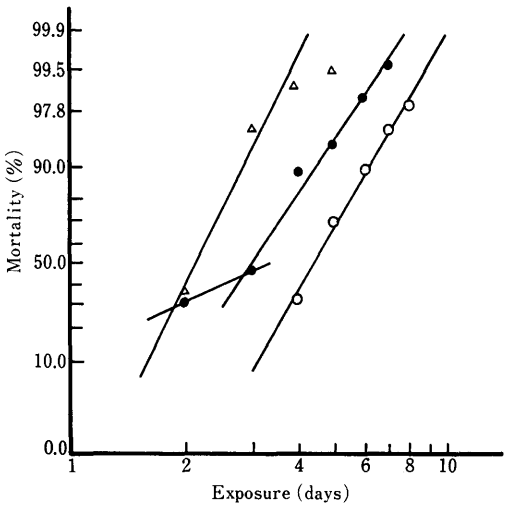

Fig. 1. Percentage mortality (probit scale) of *D. dorsalis* at −0.6°C. ●:Eggs, ○:1st instar larvae, △:3rd instar larvae.

ミバエの各ステージの低温に対する耐性を比較すると，1令幼虫が最も耐性が高く，次いで卵，3令幼虫の順であった。卵では産卵後数時間経過しただけのものより，約1日経たものの方が耐性が高かった。3令幼虫では幼虫が多数寄生して果実の腐敗が著しい場合の方が，短期間で死亡した。

2. 大量殺虫試験

結果を第2表に示した。これによれば，果実の中心温度が 0.0°C に達してから 10 日間処理することによって，セミノール果実に寄生したミカンコバエの卵及び1～2令幼虫の合計 46,620 頭全てを死亡させることができた。

なお，処理中の庫内温度は，0.9°～−1.8°C（基準温度計で測定）間で十数分ごとに上昇下降を繰り返した。また果実の中心温度は，処理開始から約2日間で 0.0°C に達し，それ以降サーミスタ温度計又は基準温度計で目測しうる程のフレはなかった。

3. 果実の低温障害調査

低温処理の結果，セミノール果実の表面に現われる褐色の凹んだ斑点「ピッチング」の発生率について第3表に示した。

薄い紙に包んで処理した果実では，8°C で7日間の順化処理の有無にかかわらず，果実の中心温度 −1.0°C で 10 日間の低温処理による障害は認められなかったが，15 日間処理では，いくつかの果実にそれぞれ5ケ所以下の「ピッチング」が認められた。しかし，紙で包装しなかった果実では，同様の 10 日間処理で 20 果中1果実に障害が認められ，さらに 15 日間処理で障害の認められた果実の発生率は 45% と増加した。

果汁の pH 及び糖度について，処理後室温に戻してから7日目に調べた結果を第4表に示した。

低温処理した果実の果汁の pH 及び糖度について，無処理区の果実と比較した結果有意な差は認められなかった。

考　　察

小泉（1936）は，台湾において各季節に入手出来かつミカンコミバエが寄生した各種の果実（ナツミカン，バンジロウ，マンゴー，ザボン，ポンカンなど）に対して低温処理を行った結果，ミカンコミバエの「前成虫」（卵，幼虫及び蛹）は 0°C で5日以内に死亡し，ステー

Table 1. Comparison of LT_{99} in *Dacus dorsalis*.

Stage (age)	Temp. (°C)	LT_{99} (days)	Fiducial limits (days)	Time to reach a 100% mortality (days)
Eggs (2–4 hr)	−0.6°C	—	—	3
Eggs (24–26 hr)	〃	6.10	5.53-7.61	8
1st instar (1 day)	〃	8.97	7.64-15.46	9
3rd instar (7 days)	〃	3.72	3.37-4.80	6
3rd instar[1)] (7 days)	〃	—	—	3

1). Over 50% of the fruits decayed by larval infestation

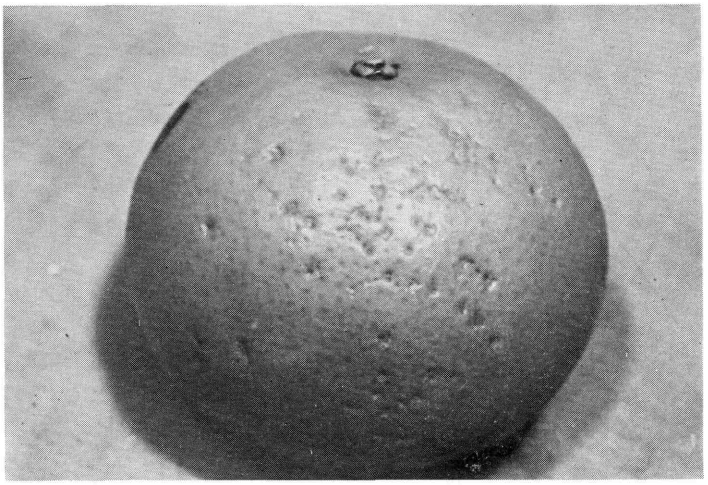

Fig. 2. The marked surface blemishes (pitting) occured on seminole fruits as the result of cold-storage.

Table 2. Effect of cold-storage[1] upon eggs and larvae of the oriental fruit fly infesting citrus fruits (seminole).

	Treated stage	No. of eggs and larvae			Mortality (%)
		Dead	Alive	Total	
1.	Eggs	14,781	0	14,781	100
2.	〃	9,768	0	9,768	100
3.	1st-2nd instars	10,296	0	10,296	100
4.	〃	11,775	0	11,775	100
Total				46,620	

1). Temperature of strage room: −1.8°C～0.9°C, Temperature of fruits: 0°C±0.1°C, Exposure peried: 10 days, Approach period: ca. 2 days, Post-treatment at 8°C: 2 days, Storage period after treatment at 25°C: 7–8 days.

Table 3. Effect of cold-storage[1], on the subsequent development of peel injury (pitting) of citrus fruit (seminole)[3].

	No. of days after harvest[2]	Peel injury (%)	
		Expousured period (days)	
		10	15
Wrapped in tissue paper	2	0	25
〃	7	0	20
Unwrapped	2	5	45

1) Temperature of storage room: −2.9°C～0.0°C, Temperature of fruits: −1.0±0.1°C, Approach period: ca. 2 days, Post-treatment at 8°C: 2 days, Storage period after treatment at 25°C: 7 days.
2) The fruits were stored at 25°C for 2 days or at 8°C for 7 days after harvest.
3) Each sample contained 20 fruits.

Table 4. Effect of cold-storage[1)] on pH and soluble solids of seminole fruits.

Exposured period (days)	No. of fruits	pH	Soluble solids (bx.)
Cont.	15	3.10±0.21	9.97±0.80
10	15	3.06±0.08	10.14±0.81
15	15	3.08±0.12	10.00±0.97

1). Temperatur of storage room: −2.9°C～0.0°C, Temperature of fruits: −1.0 ±0.1°C, Approach period: ca. 2 days, Post-treatment at 8°C: 2 days, Storage period after treatment at 25°C: 7 days.

ジ間で耐寒性に差がないと報告している。しかし本試験では，セミノール果実に寄生しているミカンコミバエの未成熟ステージの低温に対する耐性は，卵，1令幼虫及び3令幼虫間で差があることが明らかになった。これは，BAKER (1939) が報告しているように，チチュウカイミバエに対する低温殺虫効果は，寄主である果実の種類の違いによって異なることを裏付けるものである。また同じ3令幼虫でも，腐敗が著しい果実に寄生しているものと腐敗の少ない果実に寄生しているものとの間に，殺虫効果の差がみられたが，これによって果実の種類の相違ばかりではなく，同じ種類の果実であっても，個々の果実の状態の違いから，低温殺虫効果に差を生ずる場合があることが判明した。実際，腐敗の少ないセミノール果実の果肉の状態は，健全な果実に比べてそれ程変化をしていなかったが，腐敗が著しい果実では，果肉が原形をとどめず，ドロドロに崩れた状態であった。

一方，4～6時間令の卵と24～26時間令の卵との間にも，低温に対する耐性の差が見られたが，これは寄生部位の腐敗などの物理的な変化によるものではなく，卵の発生に伴なう生理的な相違が原因しているものと考えられる。

低温処理中の果実の温度は，果実を輸送用のダンボール箱に満たして処理することによって，処理庫内の温度の変動が大きい場合でも，それが周期的であれば，その平均温度よりやや高い温度で安定することが判明した。このことは，処理庫内の温度の変化が直ちに果実温度に変化を及ぼす蒸熱処理（杉本，未発表）に比べ，低温処理は，商業的規模での処理であっても，温度管理が比較的容易であることを示している。

セミノール果実の低温障害を調査した結果，8°C で7日間の順化処理の効果は不明であった。今後は，ウンシュウミカンの長期保存や低温保存の前処理として行われている予措（収穫後低湿度又は通風保管を行って一定量果重を減少させ果皮を強くする）のセミノール果実に対する効果を調査したい。

以上のことから総合的に判断すると，セミノール果実に寄生するミカンコミバエの低温殺虫処理は，植物検疫上，十分実用に耐えうると考えられる。

摘　　要

ミカンコミバエの寄主である沖縄県産セミノール果実を，ミカンコミバエの未発生地域へ移動するための措置として，低温殺虫処理が有効であるか否かについて検討した。

1. セミノール果実に寄生したミカンコミバエの低温（−0.6°C）に対する耐性を LT_{99} 値で比較すると，1令幼虫（1日令）=8.97日＞卵（24～26時間令）=6.10日＞3令幼虫（7日令）=3.72日の順であった。

2. セミノール果実に寄生する卵及び1令幼虫（一部2令幼虫を含む）の合計46,620頭を，果実の中心温度が0°Cに達してから10日間処理することによって，完全に殺虫できた。

3. セミノール果実を薄い紙で包装し，輸送用の10kg入りダンボール箱に満たして，果実の中心温度が −1°Cに達してから10日間処理しても，果実に障害は認められなかった。

4. 以上の検討結果から，セミノール果実に寄生するミカンコバエを駆除するための方法として，低温処理を利用することができることが明らかとなった。

引　用　文　献

浅見与七 (1972)　ミカン貯蔵における低温障害と褐斑症について．農業及び園芸．47: 1257-1259.

BAKER, A.C. (1939)　The basis for treatment of products where fruitflies are involved as a condition for entry into the United States. USDA Circular No. 551.

飯野久栄，小曾戸和夫 (1972)　温州ミカンの食味評価（第2報）屈折計示度および pH と嗜好度の関係について．園芸学雑誌．41 (4): 398-404.

小泉清明 (1936) 果実蠅の生育に及ぼす低温の影響に関する研究 (第七報) 蜜柑小実蠅の卵及幼虫に対する低温の致死作用. 熱帯農学会誌. 8: 221-236.

MILLER, G.W. (1977) Mortality of *Spodoptera litoralis* (BOISDUVAL) (Lepidoptera: Noctuidae) at non-freezing temperatures. Bull. ent. Res. **67**: 143–152.

菅原寛夫 (1959) プロビットの計算. 昆虫実験法 (深谷昌次他編) 東京: 植物防疫協会, pp.700-707.