

ミカンバエの生態解明と防除対策の確立

植原 稔*・清末義信**・高佐和成***

Clarification of the Ecology of Citrus Fruit Fly (*Bactrocera tsuneonis* Miyake) and the Establishment of their Control Method

Minoru NARAHARA, Yoshinobu KIYOSUE and Kazunari KOUSA

農林水産研究センター果樹研究所

Fruit Tree Research Institute, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：ミカンバエ, 生態, 飼育, 防除薬剤

目次

I 緒言	95
II ミカンバエの生態解明	96
1 3齢幼虫の寄生果からの脱出	96
2 3齢幼虫の囲蛹化に及ぼす温度の影響	96
3 囲蛹化後の呼吸量・体重変化	97
4 囲蛹の保存温度条件と成虫羽化時期	97
5 羽化成虫の人工飼育	99
6 野外成虫の捕獲	99
7 交尾・産卵行動の観察	100
8 集団飼育容器内における異性に対する反応	100
9 暗視カメラと長時間録画 VTR による成虫の行動観察	101
10 ペア飼育条件下における行動観察	101
11 雄成虫抽出物質に対する雌成虫の反応	102
12 小型風洞装置による誘引実験	103
13 産卵行動に関する調査	104
14 卵巣発育調査	104
15 卵の人工ふ化	105
16 幼虫の人工飼育	106
III 防除薬剤の検討	107
1 産卵防止効果	107
2 殺幼虫効果	107
3 ジメトエート乳剤による秋季防除	108
IV 総合考察	108
V 摘要	110

謝辞	111
引用文献	111
Summary	112
図版	114

I 緒言

ミカンバエはカンキツ類特有の害虫で、果実内部に産卵し、ふ化幼虫が果肉を食害して被害を与える。大分県での記録は古く、1894年に小ミカンの果実内部に寄生する幼虫が発見され、さらに1897年には宮崎勝蔵が寄生果を金網で覆って飼育し、翌年6月に成虫を確認したとの記述が残っている²⁾。

県内における小ミカンの栽培は、800年以上前から行われているとの記録があるが、1894年以前にミカンバエ被害についての記録はなく、この頃、外部から侵入してきたものと考えられる。その後、農商務省の三宅により、生態・防除対策に関する詳細な研究¹⁰⁾が実施され、さらに、トリモチによる成虫の捕殺や摘採・埋没・水浸といった被害果処理の徹底とともに、技術者、生産者の地域をあげた努力により、被害の発生は一部の地域に限られていた。

しかし、1920年代になると深井勝海ら当時の指導者が相次いで県外に転出したため、その後新たに被害が発生した地域においては成虫や被害果の識別ができず、ほとんど放任状態のままとなった。さらに第二次世界大戦の開始によって、それまで防除を励行していた地域までもが放任状態となり、急激に分布域が広まったとされている⁷⁾。

しかし、戦後もない1950年代に入ると深井によって DDT 乳剤, BHC 水和剤の立木散布法, BHC 粉剤

* 現所属：大分県農林水産部おおいブランド推進課
** 現所属：大分県農林水産部研究普及課
(大分県農林水産研究センター果樹研究所企画指導担当)
*** 現所属：大分県東部振興局農山漁村振興部

の下降気流を利用した散布法⁶⁾が、さらに安松らによって吐酒石と砂糖を混合した毒餌散布法といった新しい防除技術¹³⁾が次々と確立され、再び発生は一部地域に限定されるまでになった。

さらに、ジメトエート乳剤の有効性が確認されたことにより、薬剤散布を確実に実施すれば、経済栽培園における被害が問題になることはほとんどなくなっていた。

しかし、カンキツの価格低迷と深刻な後継者不足、さらには高齢化の進んだカンキツ生産者にとって、夏場の暑い時期の薬剤散布は非常に重労働となることから、徐々に、防除が実施されない管理不良園、放任園が増加し始め、薬剤防除のみに頼った防除対策では被害発生を抑えることが難しくなってきた。その上、被害発生地域から未発生地域への、被害果の移動（青果流通）・腐敗果の廃棄等により、新たな地域への分布拡大の恐れが出てきた。

そこで、未解明な点の多い本虫に対する基礎的な研究をさらに進めて、従来の薬剤防除に代わる性フェロモン・性誘引物質を利用した新たな防除技術を確立するために、1991年から依頼研究員研修制度を活用しながら本研究課題の取り組みを開始し、いくつかの成果が得られたのでここに紹介する。なお、研究結果の一部は、既報のとおりである⁸⁾⁹⁾。本稿が、今後のミカンバエ対策の一助となれば幸いである。

II ミカンバエの生態解明

ミカンバエは年一化性で、しかも人工的に飼育する技術が確立されていなかったため、試験に供する成虫を得るには、野外から採取した3齢幼虫を室内で川砂に潜り込ませて囲蛹化させ羽化成虫を得る以外に方法がなかった。よって、調査・研究に取り組む期間には自ずとおおきな制約があった。

そこで、常時、調査・研究ができる体制を整え、性フェロモン・性誘引物質等を利用した薬剤散布に頼らない新たな防除技術を開発するため、未解明部分の生態を明らかにするとともに、人工飼育技術の可能性について検討した。

1 3齢幼虫の寄生果からの脱出

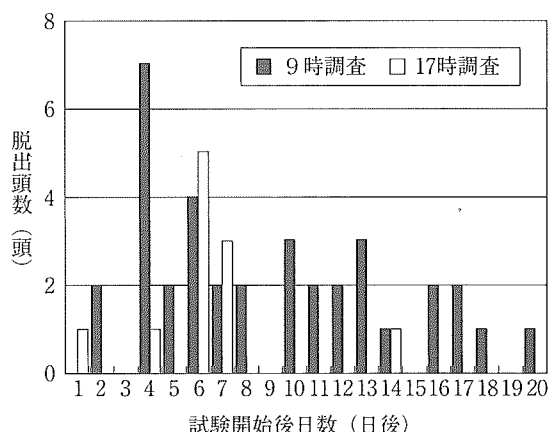
ミカンバエの幼虫は、野外では温州ミカン等一部カンキツ類の果実内部を食害しながら3齢まで発育した後、果皮の内側から穴を開けて外部に脱出して囲蛹化する。そこで、3齢幼虫を効率的に回収するために、野外で採取した寄生果から、幼虫が脱出する時間帯について調査した。

1) 方法

試験は、1991年11月に実施した。ミカンバエ寄生果100果をひとつずつ直径12cm、高さ10cmのアイスクリームカップに入れ、25℃、12時間日長条件下の恒温室内に静置した。調査は、午前9時と午後5時の2回、ミカン果実から脱出してきた幼虫を計数した。なお、試験開始4日目以降は停電、温度調節装置故障のため17～18℃前後の室温条件下で試験を継続した。

2) 結果および考察

調査期間中、寄生果から3齢幼虫が47頭脱出し、このうち77%が午前9時に回収された。このことは、大部分の幼虫が夕方から翌朝までの間に脱出することを表していると考えられた（第1図）。また、調査期間中の脱出消長は、調査開始4日後に大きなピークを形成し、その後は徐々に減少していく傾向が認められた。脱出時期がばらついたのは、寄生果内の3齢幼虫の成熟度の違いによるものと考えられ、脱出期に達している個体ほど早く脱出してきたものと考えられた。



第1図 ミカンバエ3齢幼虫の寄生果からの脱出

2 3齢幼虫の囲蛹化に及ぼす温度の影響

野外において寄生果から脱出した3齢幼虫は、そのまま地面に潜り込んで直ちに囲蛹化するが、室内で人工的に囲蛹化させるための条件については不明な点が多い。そこで、室内で被害果から脱出させて得た3齢幼虫を用いて、囲蛹化の最適温度条件を検討した。

また、囲蛹化に用いる培地としてオガクズが適当かどうか併せて検討した。

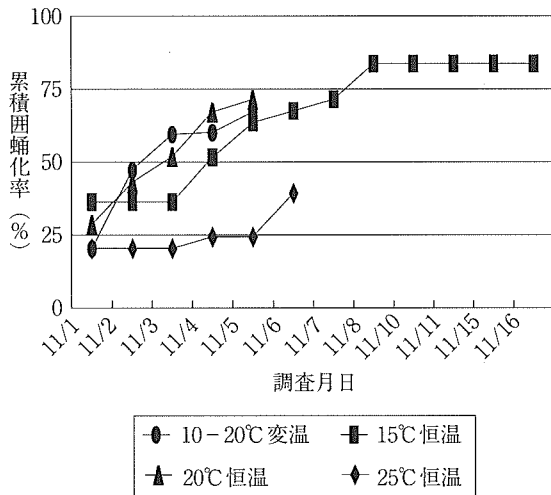
1) 方法

試験は、1991年10月から11月にかけて実施した。3齢幼虫各25頭ずつを供試し、直径13cm、高さ7.5cmのプラスチック製密閉容器に適度に湿らせた（しっかりと握り込むと一時的に固まるが、つまむとすぐに壊れる程度に湿らせた）オガクズを深さ5cmほど入れ、12時間日長条件下で15℃恒温、10-20℃変温（明

期20℃, 暗期10℃), 20℃恒温, 25℃恒温の各温度条件に静置した。供試虫の囲蛹化の状況について, 毎日調査した。

2) 結果および考察

25℃恒温条件下では培地として使用したオガクズの乾燥が非常に早いため, 60%の供試虫が囲蛹化できずに死亡した(第2図)。20℃恒温条件では5日後までに72%が揃って囲蛹化し, 残りは全て囲蛹化できずに死亡した。10-20℃変温(明期20℃, 暗期10℃)条件では5日後までは死亡個体もなく68%が揃って囲蛹化したが, 残りの8頭は囲蛹化できずに死亡した。15℃恒温条件の囲蛹化率が最も高く88%の個体が囲蛹化したが, 他の温度よりも囲蛹化に要する期間のばらつきが大きかった。



第2図 3齢幼虫保存温度と囲蛹化率の推移

そこで, 15℃恒温条件下および10-20℃変温(明期20℃, 暗期10℃)条件下における3齢幼虫の囲蛹化について同様の調査を行った。15℃恒温条件下における囲蛹化までの日数は4.2日と10-20℃変温条件下に比べて長く, 個体によるばらつきも大きかったが, 囲蛹化率は92%と高かった(第1表)。このことから, 寄生果から脱出してきた3齢幼虫を効率的に囲蛹化させるには, 15℃恒温条件が適当であると考えられた。

また, 従来, 3齢幼虫を囲蛹化させる際には川砂を河原で集めてきて適度に湿らせて使用していたが, 大量に扱うと重くなり作業性が劣るため, 軽くて入手しやすいオガクズについて検討した結果, 囲蛹化に差がなくオガクズでも問題なかった。

第1表 3齢幼虫保存温度と囲蛹化

保存温度	供試虫数	囲蛹化個体数	囲蛹化率	囲蛹化(日)	
				期間	平均
15℃恒温	26	24	92%	2~12 (10)	4.2
10-20℃変温	25	21	84%	1~8 (7)	3

3 囲蛹化後の呼吸量・体重変化

3齢幼虫が囲蛹化した後の呼吸量や体重の推移を調査し, 囲蛹の状態では眠しているかどうかを検討した。

1) 方法

試験は, 1991年11月から12月にかけて実施した。

呼吸量調査: 15℃および25℃恒温条件下に置いた各区5頭の囲蛹を1個体ずつ密閉容器に入れ, 容器内の酸素消費量を3日ごとに測定し, 単位時間・単位重量当たりの消費量($\mu\text{l/g/hr}$)で表した。

体重調査: 各個体の囲蛹化後の体重を3日ごとに調査した。

2) 結果および考察

囲蛹の呼吸量は15℃および25℃恒温条件下のいずれも囲蛹化後3日間で, 蛹休眠の際に見られる急激な減少を示し, 4日目以降はあまり増減なく推移した(第3図)。囲蛹を15℃恒温条件下で保存した場合は, 全ての個体が羽化できずに死亡したが, 25℃恒温条件下では羽化前から囲蛹の呼吸量が再び多くなり, やがて羽化したことから, ミカンバエは囲蛹の状態では休眠に入ることが示唆された¹¹⁾。

また, 囲蛹の体重は囲蛹化直後に減少したが, その後はあまり変化が見られなかった(第4図)。

4 囲蛹の保存温度条件と成虫羽化時期

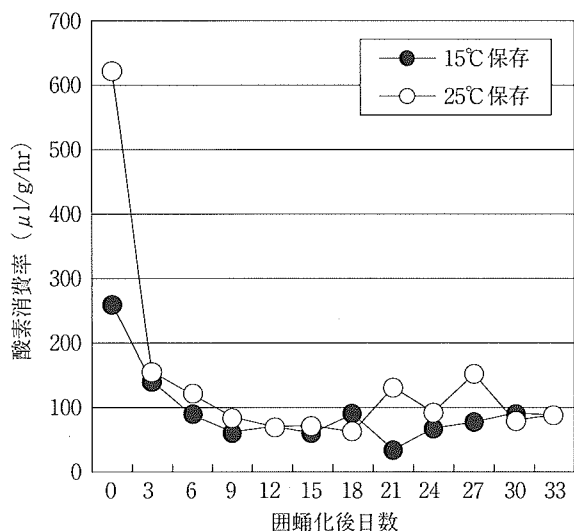
試験に供試する羽化成虫を長期にわたって確保するには, 囲蛹化した個体の羽化時期をコントロールすることが必要となる。すでに, 囲蛹化した個体は, 室内で保存することにより, 野外よりも1~2か月早く羽化することが知られている。そこで, 囲蛹の保存温度条件とその後の羽化の状況について検討した。

1) 方法

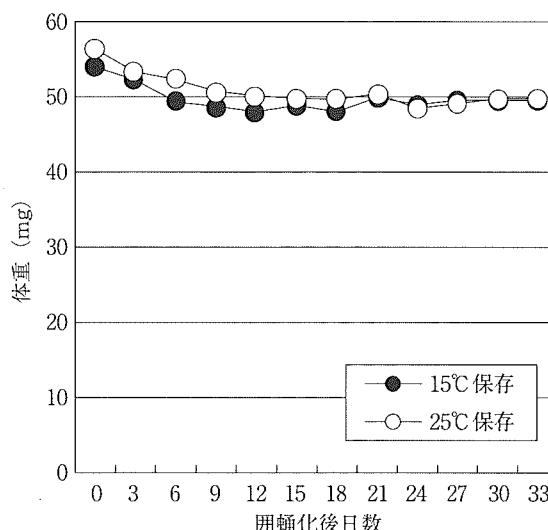
試験は, 1993年~1995年にかけて実施した。まず, 試験に供試する囲蛹を確保するため, 10月~11月に寄生果から脱出してきた3齢幼虫を, 適度に湿らせたオガクズを深さ3cm程度に敷いた直径15cm, 高さ8cmのプラスチック製密閉容器内に入れて囲蛹化させた。こうして得られた囲蛹を, オガクズとともに直径3cm, 高さ5cmのプラスチック製密閉容器に入れて, 所定の温度条件下で保存した。

(1) 1991年

囲蛹を20℃, 25℃の恒温条件下で保存した区, 5℃, 10℃, 15℃, 20℃条件に一定期間(45, 90, 150日間)保存した後, 25℃条件下に移動した区を設け, 経時的に羽化した個体を計数した。なお, 試験に供試した囲蛹は20℃恒温区31頭, 25℃恒温



第3図 囲蛹化後の酸素消費量推移



第4図 囲蛹化後の体重推移

区13頭を除き、他は全て10頭とした。

(2) 1993年, 1994年

囲蛹を15℃恒温条件下で一定期間保存した後、25℃恒温条件下に移動した。その後、経時的に羽化した個体を計数した。

①1993年

1993年11月3日, 11月16日, 12月24日にそれぞれ囲蛹化した24頭, 4頭, 3頭(合計31頭)を, 15℃の恒温条件下で保存し, 翌1994年4月27日に一斉に25℃条件下に移動した。従って, 15℃での保存期間はそれぞれ175, 162, 124日間となった。

②1994年

1994年10月18日, 10月28日, 10月31日にそれぞれ囲蛹化した37頭, 39頭, 34頭(合計110頭)を, 15℃の恒温条件下で保存し, このうち10月28日の囲蛹39頭と10月18日の囲蛹13頭を翌1995年4月4日に25℃条件下に移動した。さらに10月28日の囲蛹26頭と10月31日の囲蛹34頭を5月10日に同様に25℃条件下に移動した。15℃での保存期間は158日, 168日, 191日, 194日間となった。

2) 結果および考察

(1) 1991年

囲蛹を20℃, 25℃恒温条件に置いた場合の羽化率はそれぞれ81%, 62%であったが(第2表), 羽化期間にばらつきがあった。5℃に45日置いた後に25℃に移した場合20%の個体が羽化した。それ以上長く5℃に置くと羽化を認めなかった。10℃条件下に45日間置いた後, 25℃条件下に移した場合80%, 同様に90日では70%の羽化が見られたが, 10℃恒温条件下に150日置いた後, 25℃条件下に移した場合には羽化率が30%と急激に低下した。

第2表 囲蛹の保存温度と羽化

保存温度	供試虫数	羽化虫数	羽化率	羽化開始(囲蛹化後日数)	羽化期間(囲蛹化後日数)	25℃期間
20℃恒温	31	25	81%	140.0	117~158	-
25℃恒温	13	8	62%	90.4	83~100	90.4
5℃(45日)→25℃	10	2	20%	111.5	111~112	66.5
5℃(90日)→25℃	10	0	0%	-	-	-
5℃(150日)→25℃	10	0	0%	-	-	-
10℃(45日)→25℃	10	8	80%	101.4	93~112	56.4
10℃(90日)→25℃	10	7	70%	134.7	130~141	44.7
10℃(150日)→25℃	10	3	30%	190.3	190~191	40.3
15℃(45日)→25℃	10	8	80%	108.4	103~114	63.4
15℃(90日)→25℃	10	10	100%	135.5	129~140	45.5
15℃(150日)→25℃	10	5	50%	182.2	181~184	32.3
20℃(90日)→25℃	10	6	60%	120.8	106~131	30.8

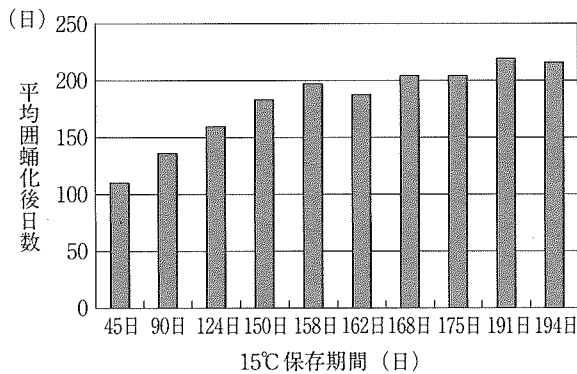
15℃恒温条件下に45日間保存した区では羽化率が80%, 同様に90日間保存した場合は100%, 150日間保存した場合も50%羽化したことから, 羽化率が高く, 羽化時期も揃う15℃保存90日の処理が最適条件と思われた。

(2) 1993年, 1994年

1993年の試験では, 15℃で124, 162, 175日間保存していた囲蛹を, 25℃恒温条件下へ移動後, 雄は22~39日, 雌は24~39日で羽化した。さらに, 1994年の試験では, 15℃で158日, 168日, 191日, 194日間保存していた囲蛹を, 25℃恒温条件下へ移動後, 18~43日(平均31.8日)で羽化した。いずれの試験でも, 15℃保存期間に差があっても, 25℃恒温条件下へ移動後約30日経過後に羽化した。

また, 両試験における囲蛹化から羽化までの蛹期間は最短158日, 最長233日であり, 75日の幅があった。この幅は15℃での保存期間の差(194日-124日=70日)とほぼ等しくなった。つまり, 15℃条件下での保存期間が長くなるとそれに応じて羽化時期も遅くなる傾向

が認められた(第5図)。



第5図 15°C保存期間と羽化時期(1991年, 1993年, 1994年)
注) 15°C保存期間45, 90, 150日の結果は1991年, 124, 162, 175日の結果は1993年, さらに158, 168, 191, 194日後の結果は1994年の試験のもの

以上の結果から, 15°C条件下で一定期間保存し, その後25°C恒温条件下に移すことで, 供試成虫の羽化時期をある程度の幅を持ってコントロールできる可能性が示唆された。

5 羽化成虫の人工飼育

これまで, ミカンバエ成虫の人工飼育技術が確立されていなかったため, 室内で羽化させた成虫を継続して観察することが非常に難しく, 成虫の生態解明の大きな障害となっていた。そこで, ミカンバエ成虫の人工飼育の可能性について検討した。

1) 方法

試験は, 1994年5月から8月にかけて実施した。試験はウリミバエ飼育用人工飼料と, ミカンバエ用に新たに調製した飼料(以下, ミカンバエ飼育用人工飼料)の2種類について検討した。ウリミバエ飼育用人工飼料は, 沖縄県農業総合試験場(現: 沖縄県農業研究センター)から分譲いただいた乾燥酵母と粗糖他の混合物を用いた。一方, ミカンバエ飼育用人工飼料は, 昆虫の人工飼料によく用いられている乾燥ビール酵母(商品名「乾燥酵母エビオス」)1に対して砂糖(きび砂糖)を4の割合で混合し, 少量の水で練って固めたものを用いた。飼育容器は, 直径5cm, 高さ8cmのプラスチック製容器を用い, 上部はナイロンゴースで覆い換気を良くした。容器内には, 室内で羽化させた成虫1頭ずつを放飼し, 摂食用の人工飼料と水を含ませた脱脂綿を入れた(写真1)。なお, 過食を防ぐため飼育容器内で吸湿して柔らかくなった餌は, 直ちに新しいものと交換した。

2) 結果および考察

ミカンバエ成虫は野外ではカイガラムシ類やアブラムシ類の分泌物(甘露)から栄養を補給しているが, これまでに試みられたハチミツ等を使った給餌試験で

は, 過食によって腹部が膨張し死亡してしまうため, 長期間の飼育・観察が困難であった¹²⁾。

しかし, 今回使用した2種類の人工飼料では, 過食による死亡個体は見られず, 腹部の異常も認めなかった。

なお, ミカンバエ飼育用人工飼料に使用した乾燥ビール酵母は, ビール醸造の際に得られるビール酵母を精製, 乾燥, 粉碎, 篩分した散剤で, ビタミンB群, タンパク質等の補給に効果がある。5月19日から羽化した成虫をこれらの人工飼料で飼育した結果, 7月12日の調査時点で, 羽化直後に死亡した数個体を除くと, そのほとんどの個体が40日以上生存していた。

このことから, これらの人工飼料を餌として使用することにより, 成虫の長期間の飼育が可能であることが明らかとなった。

6 野外成虫の捕獲

ミカンバエに関する様々な調査・研究を行う場合, 供試虫の確保が非常に重要なポイントとなる。人工飼育虫だけではなく, 野外成虫を使った調査・研究を行うには, ミカンバエに対する有効な誘引剤がない現状では, 自力で成虫を捕獲するしかない。このため, 供試虫確保の一手段として野外成虫の捕獲法について検討した。

1) 方法

前年被害が多かった現地圃場において, 産卵期間中の1994年7月中旬から8月中旬までの間, 野外成虫の捕獲を試みた。なお, 成虫の捕獲には, 小型のポリ袋と, 捕虫網を用いた。

また, 熊本県でかつて取り組まれ, ミカンバエを根絶したとされる吐酒石・白砂糖・水の混合による毒餌散布法¹³⁾の成虫誘引効果を確認するため, 1994年8月8日に, 本法の誘引成分である砂糖水(水1.8リットル+白砂糖40g)を, ミカン樹の枝葉に部分的に散布し, 翌日, 寄生状況を調査した。

2) 結果および考察

ミカンバエの成虫は, 産卵期間中ミカン樹の葉裏に静止していることが多く, 樹冠下から見上げると発見が比較的容易であった。また, 成虫はやぶの中や防風林の陰になる樹に集中する傾向が見られ, 1か所で数十頭捕獲されることもあれば, 逆に1頭も発見できない場合もあり, 隣接した樹でも全く異なることが観察された。

手の届く範囲はポリ袋を葉ごとかぶせて, また高い位置の場合は捕虫網を使用して, 調査期間中に交尾中のペア2組を含む合計107頭の成虫を捕獲することができた。捕獲虫は, 雄成虫が84頭と全体の78.5%を占

め、雌成虫の捕獲率が低かった。

捕獲を行う時間帯については、従来から言われているとおりミカンバエは高温を嫌うため⁷⁾¹²⁾、気温の高くなる11時頃までが適当であると思われた。また、降雨の翌日は成虫の動きが鈍く、比較的低い位置の葉裏に静止しているため簡単に捕獲できたが、晴天続きの日は動きが素早く、比較的高い位置に静止していることが多いため、捕獲効率が悪い傾向にあった。

毒餌散布法の誘引成分である砂糖水散布の翌日（1994年8月9日）には、成虫の調査樹への寄生は認められなかった。しかし、その後の寄生状況については調査を行っていないため、誘引効果の有無については判定できなかった。この点については、再度、検討が必要と思われる。

今回、野外で捕獲した107頭の成虫は、ミカンバエ飼育用人工飼料と水を与えていたが、8月10日頃から死亡する個体が多くなった。そこで、8月中旬に再度成虫捕獲を行い10数頭を捕獲したものの、翌日にはほとんどの個体が死亡した。さらに、8月下旬にも捕獲を試みたが、成虫は全く発見できなかった。この原因としては、この年は春先から特に気温が高く推移したため、成虫羽化時期が平年より早くなっていた可能性があり、8月中旬には既に成虫発生の終息期を迎えていたのではないかと考えられる。従って、野外で成虫を捕獲する場合は、その後の成虫寿命等を考慮して、羽化脱出初期から実施することが望ましいと考えられた。

7 交尾・産卵行動の観察

ミカンバエの異性間の交信手段、性フェロモンの存在の有無を確かめるため、成虫の交尾行動の観察を行った。

1) 方法

試験は1994年の5月から8月にかけて実施した。ミカンバエの交尾行動を観察するため、成熟した成虫を雄成虫1頭に対して雌成虫を1頭または2頭ずつペアにして、ミカンバエ飼育用人工飼料とともに直径12cm、高さ10cmのアイスクリームカップを2個重ねて作成した小型の飼育容器に入れ、成虫による交尾行動について観察した。また、寄主植物であるミカン果実が交尾行動に対してどのように関与しているのかを確認するため、飼育容器内にミカン果実を入れ、成虫の行動について観察を行った（写真2）。

2) 結果および考察

雌雄1頭ずつをペアにして同じ飼育容器内に入れると、しばらくして雌が雄に近づいていく行動が観察された。雌は雄に対して頭部を使って攻撃を仕掛けるこ

とがたびたび観察され、雌の雄への接近は求愛行動ではなく、なわばりを守るための攻撃のように思われた。一方、雄が雌に近づこうとする行動は、全く観察されなかった。

飼育開始後2日間観察を続けたが、交尾行動が全く確認されなかったため、飼育容器内にミカン果実を入れる区と容器上部に張ったナイロンゴース上に載せる区を設けて、引き続き観察を行った（写真3）。ミカン果実を入れて2日後には、2組の交尾行動が確認された。また、交尾行動が2週間観察されなかった場合でも、ミカン果実を入れて数時間後には交尾が確認されたことから、ミカンバエの交尾行動には寄主植物であるミカンの果実が重要な役割を持つことが示唆された。

交尾行動は、朝から夕方までいずれの時間帯でも観察されたが、夜間の行動については調査を行っていない。1回当たりの交尾継続時間は、観察できた中では50分が最も長かったが、それ以上続いていたと思われる場合もあった。逆に10分前後で離れてしまうこともあった。交尾終了時には、互いに逆方向を向いて一直線となり、徐々に逆方向に離れてゆき、結合部（雄の交尾器）が5mmほど伸長してやがて分離した。

さらに、交尾開始前の行動について観察したところ、ミカン果実が存在する条件下では、雄成虫が羽根を時々羽ばたかせるような行動をとると、それに反応して雌が近づいてくるように見えた。しかし、これがウリミバエのように性フェロモンを飛ばす行動⁴⁾であるのか、あるいはただ単に羽音によるコーリングなのかどうかは不明である。

雌が雄に近づいてくると、今度は雄がさらに雌に近づき、頭部をすり寄せたり、口吻で舐めるようなしぐさを見せた。これらの一連の行動は、明らかに雌雄が互いの存在を認識しあう求愛行動の一部であると思われる。そして、雄が交尾体勢をとる場合は一気に、雌の背後に回り込み交尾を開始した。

また、試験中に死亡した雌の代わりに、卵巣が十分に発育した羽化42日後の処女雌を入れたところ、雌が興奮したように雄に近づき産卵管を伸長させたり腹部を曲げたりした後、すぐに交尾が成立した。この場合、明らかに雌が雄に誘引されており、雄の性フェロモン存在の可能性を期待させる現象であると思われた。

8 集団飼育容器内における異性に対する反応

ウリミバエでは、容器内に閉じこめた雄成虫が放出する性フェロモンに雌成虫が反応して集まってくる行動が観察されている⁵⁾が、ミカンバエについてもこのような行動がみられるかどうかを確認した。

1) 方法

1995年5月30日に、羽化31日後の雌成虫10頭を集団飼育している段ボール箱を加工して作製した飼育容器(30×20×18cm)内に、羽化28日後の雄成虫10頭を入れて開口部をナイロンゴースで覆った直径5cm、高さ8cmのプラスチック製小型飼育容器を入れ、雌成虫の反応を観察した。

次に、1995年6月8日に、羽化42日後の雌成虫9頭を集団飼育している飼育容器内に、羽化42日後の雄成虫9頭を閉じこめた小型網ケージをミカンバエ飼育用人工飼料、水、ミカン果実とともに入れ、反応を観察した(写真5)。

さらに、羽化41日後の雄成虫10頭の飼育容器内に、羽化41日後の雌成虫9頭を閉じこめた小型網ケージを入れた場合の反応についても、同様に観察を行った。

2) 結果および考察

羽化31日後の雌成虫飼育容器内に、羽化28日後の雄成虫を入れた結果、雄成虫の入った容器の周囲に雌成虫が集中することはなく、目立った反応を示さなかった。

また、羽化42日後の雌成虫飼育容器内に、羽化42日後の雄成虫を入れた場合、さらに羽化41日後の雄成虫飼育容器内に、羽化41日後の雌成虫を入れた場合の成虫の反応を観察したが、いずれの場合も、異性に対して全く反応を示さなかった。

以上の結果から、本調査では異性間の誘引性の有無について明らかにすることはできなかった。

9 暗視カメラと長時間録画 VTR による成虫の行動観察

昼夜の行動パターンや雌雄間の交信手段の解明、交尾行動解析に役立てるため、飼育容器内における人工飼育虫の行動を長時間にわたって観察した。

1) 方法

1995年6月5日から7月22日まで、室温25℃、自然日長条件下(室内の窓際に段ボール箱を加工して作製した飼育容器(30×20×18cm)を設置)で成虫の行動を観察した。

なお、夜間における成虫の行動を観察するため暗視撮影用カメラと長時間録画 VTR(タイムラプスビデオ)を使用した(写真6)。なお、早朝から夕方までは、自然光照明下での撮影となるため、暗視撮影用照明を取り除いた状態で使用した。撮影翌日、ビデオの録画内容の解析を行った。

2) 結果および考察

前日の夕方から翌朝まで、暗視カメラと長時間録画

VTRを使用して行動を観察したところ、成虫の行動は夕暮れとともに活動が鈍くなり、日没とともにみられなくなった。日没後、成虫の姿は飼育容器の中央に置いたミカン果実やミカンバエ用人工飼料、吸水用脱脂綿付近には映っておらず、側面や天井のネットに静止しているものと思われた。また、翌朝には日の出とともに活動を再開し、明るくなるにつれて活発に活動することが観察された。

したがって、本虫は日の出とともに活動を開始し、日没とともに活動を停止することが明らかとなった。ただし、夜間でも、実験室内の照明を点灯した場合は、一時的に活動を再開することも観察された。

交尾行動については、自然日長条件下で朝、昼、夕のいずれの時間帯でも観察されたことから、ウリミバエのように夕方の薄暮時に集中する⁵⁾ことはないものと思われた。

交尾までの求愛行動について観察したところ、交尾を開始する前に雌雄ともに羽を小刻みに振動させる行動を短い周期で繰り返すことがあり、これが何らかの交信手段ではないかと思われた。

集団飼育容器内では、果実上には多数の雌雄が動き回り、突然雄が雌の背後に回り込みながら飛びかかり交尾が成立することも多かった。この場合の、雌雄の交信手段については、羽振動もない場合が多く、はっきりしなかった。また、集団飼育容器内では、雄が雌に対して交尾を試みることも頻繁に観察された。

交尾成立には、いろいろなパターンがあり、特定の交信手段だけではなく、さまざまな要因が関与している可能性が示唆された。

10 ペア飼育条件下における行動観察

集団飼育条件下では、雌雄数頭が飼育容器内に置いた寄主植物であるミカン果実上に集まり、いつの間にか交尾が成立することが観察されることが多いが、雌雄間の交尾までの交信手段がはっきりしない。そこで、雌雄ペアで容器に入れ、交尾までの行動を観察した。

1) 方法

試験は、1995年6月21日から7月14日にかけて実施した。供試虫として、羽化16日～68日後までの雌成虫と、羽化22日～58日後までの雌成虫の組み合わせ12例について、各1頭ずつを飼育容器(直径12cm、高さ10cmのアイスクリームカップ)にミカンバエ用人工飼料または蛋白加水分解物(商品名:プロテイン20)、水、ミカン果実とともに入れて(一部の観察では果実なし)、長時間録画 VTR(タイムラプスビデオ)で行動を録画し、撮影翌日、ビデオの録画内容の解析を行った。

第3表 交尾行動観察結果（雌雄一対飼育虫）

供試虫の羽化後日数		飼育容器内	観察結果
雌	雄		
羽化16日	羽化29日	人工飼料, 水, ミカン	マウント失敗, 交尾確認できず
羽化18日	羽化31日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化22日	羽化22日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化23日	羽化36日	人工飼料, 水, ミカン	マウント失敗, 交尾確認できず
羽化24日	羽化37日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化25日	羽化38日	人工飼料, 水, ミカン	マウント失敗, 交尾確認できず
羽化28日	羽化28日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化33日	羽化33日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化37日	羽化37日	人工飼料, 水	マウント失敗, 交尾確認できず
羽化38日	羽化38日	プロテイン20, 水	交尾確認（容器側面で成立）
羽化58日	羽化58日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず
羽化68日	羽化41日	人工飼料, 水, ミカン	交尾確認できず

2) 結果および考察

12例の行動観察のうち、飼育容器内で交尾が確認できたのは、わずか1例のみであった（第3表）。さらに、この観察事例では、飼育容器内にミカン果実は入れておらず、この結果は集団飼育条件下の交尾成立に対する寄主植物であるミカン果実の関与についての考察結果とは異なり、交尾を成立させるには、ミカン果実が必ずしも必要ではないことも明らかとなった。これまでは、ペア飼育虫でも多くの交尾を観察できたが、今回の試験では、雄が雌にマウントしようとして失敗する例が多かった。この結果から、雌雄間の交尾が成立するまでの条件は非常に複雑であるものと思われる。

11 雄成虫抽出物質に対する雌成虫の反応

ミバエ類においては、雄成虫が雌成虫を誘引する事例が多く⁶⁾、ミカンバエについても、その可能性を検証すべく、雄成虫から誘引物質の抽出を試み、抽出した物質に対する雌成虫の反応を調査した。

ここでは、昆虫の性フェロモン抽出の一手法である

空気捕集法を利用して、ミカンバエの性フェロモン抽出が可能かどうか、さらには性フェロモン、性誘引物質の存在の有無についても検討を行った。

1) 方法

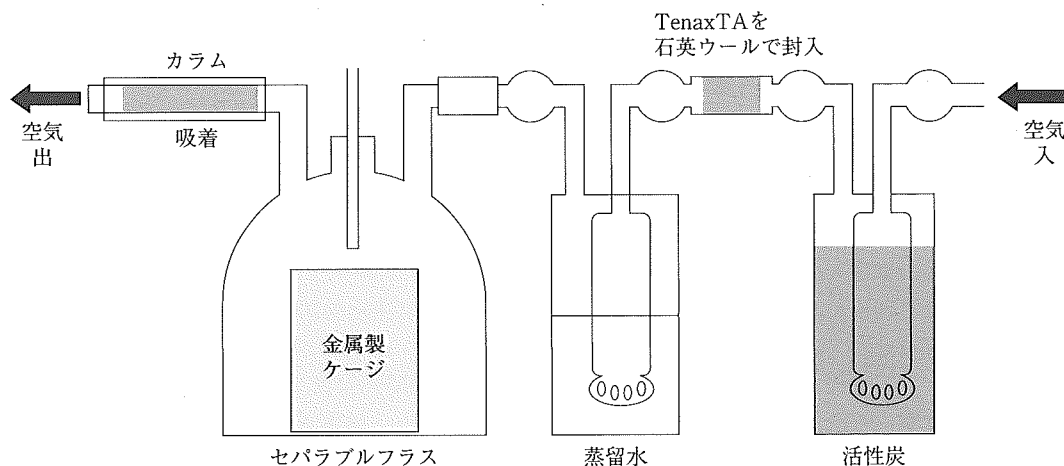
(1) 空気捕集法

①1994年

室内で羽化した雄成虫および野外で捕獲した雄成虫を6～7頭供試した。成虫を金属製ケージに入れ、さらにガラス製のセパラブルフラスコに入れた。実験に使用する空気をあらかじめ活性炭とTenax TA（化学吸着剤）に通して揮発性物質をできるだけ取り除き、蒸留水に通して適当な湿気を含ませた。この空気をミカンバエ成虫を入れたフラスコの一方の入口から流し込み、もう一方の出口から排出されたフラスコ内の空気をカラムに通して、空気中の揮発性物質を吸着させた。室内は26℃、16L8D条件下に保ち、24時間空気捕集を連続して行った（第6図）。

カラムに吸着された揮発性物質について、エーテルによる溶出を行い、得られた溶媒をさらにロータリー

第6図 空気捕集装置



エバポレーターで濃縮し、粘着トラップの誘引源として用い、野外圃場における成虫誘引性の有無を確認した。

②1995年

試験は、1995年5月30日から6月1日にかけて実施した。羽化31日後の雄成虫10頭を金属製ゲージに閉じこめ、前年と同様の空気捕集法を46時間連続して行った。

(2) 直接抽出法

①虫体からの直接抽出

試験は、1995年6月に実施した。羽化32日後に死亡した雄成虫6頭をヘキサンに浸漬し、体表に付着していると思われる物質を、冷蔵庫内で時間をかけて抽出した。

②生殖器・直腸からの直接抽出

羽化32日後に死亡した雄成虫5頭を解剖して、生殖器およびミカンコミバエでは雌に対して誘引性を持つとされるフェロモン分泌器官と思われる直腸(直腸腺)³⁾を摘出し(写真4)、これをヘキサンに浸漬して冷蔵庫内で時間をかけて抽出した。

(3) 抽出物の誘引性確認のための生物検定

試験は、1995年8月2日から8月11日にかけて実施した。成虫飼育容器(直径12cm、高さ10cmのアイスクリームカップ)の天井に網戸用ネットを張り、ろ紙小片(5mm×15mm)を2枚、左右に離して載せた。片方のろ紙には空気捕集法、直接抽出法で抽出された雄成虫からの抽出物を添加し、もう一枚のろ紙には何も添加しなかった。この容器内に雌成虫を1頭入れ、天井に載せたそれぞれの濾紙に対する反応を、容器上部に設置したビデオカメラで撮影し、長時間録画VTRで録画しておき、後日、録画内容の解析を行った。

2) 結果および考察

1994年の空気捕集法で得られた雄成虫からの抽出物

の誘引効果について確認するため、野外圃場でトラップによる誘引調査を実施したが、誘引効果は全く認められなかった。今回は、供試個体数が少なかったため、実験の反復ができなかった。今後は、さらに供試個体数を増やして、誘引物質の抽出を行う必要がある。

さらに、誘引性確認のため、1995年の空気捕集法、直接抽出法によって得られた雄成虫からの抽出物を添加したろ紙小片(5mm×15mm)に対する雌成虫の反応を観察した結果、接触方法にある特徴が認められた。つまり、飼育容器の天井に置かれたろ紙に対して容器内の雌成虫は裏側から濾紙の下を通過したり、ろ紙下に停止したりすることが頻繁に観察されており、対照の無添加ろ紙小片に対する反応とは明らかに異なる行動が観察された。特に、雌成虫が抽出物添加ろ紙小片下を通過する場合、ろ紙の長辺方向に沿って通過する行動が頻繁に観察され、対照の無添加ろ紙で観察されたりろ紙を斜めに横切る行動とは異なった。また、通過する回数も、添加ろ紙よりも明らかに多かった。この行動は、空気捕集、虫体からの直接抽出、生殖器・直腸からの直接抽出いずれの抽出物においても認められた。

このことから、これら雄成虫から得られた抽出物が、雌成虫に対して何らかの影響を与えている可能性が示唆された。

12 小型風洞装置による誘引実験

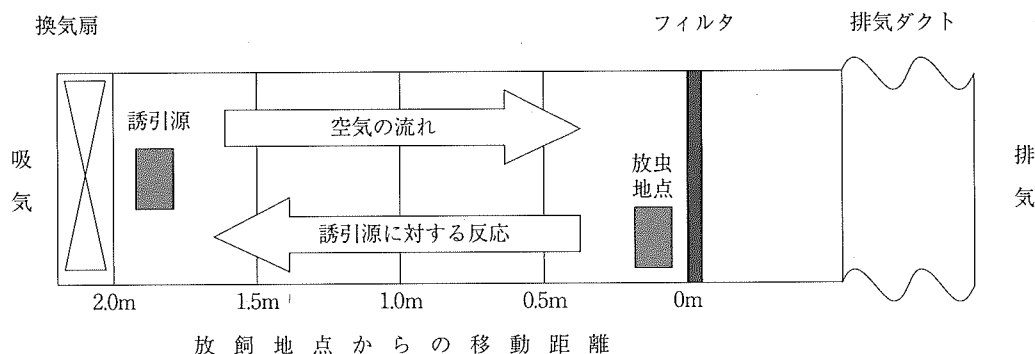
ミカンバエの異性間の認識、並びにミカン果実に対する誘引性の有無を検討するため、小型風洞装置を使用した生物検定を実施した。

1) 方法

試験は、1995年6月13日から15日にかけて実施した。長さ0.5mのアクリル樹脂製の円筒4個を連結し、換気扇によって内部に風を送り込む仕組みの、小型風洞装置(第7図)を使用した。

誘引源として、小型風洞内に放飼する供試虫と異性

第7図 小型風洞装置



のミカンバエ成虫を閉じこめた金属製ケージやミカン果実を換気扇の手前に設置した。なお、金属製ケージは天井から吊り下げ、ミカン果実は底面に静置した。

そして、風洞内の風下側にミカンバエ飼育容器のふたをはずして静置し、供試虫4～5頭が自由に移動できる状態にして5分間隔で60分間、移動距離（風洞内の位置）を調査した。

換気扇の風量は、変圧器によって風洞内をわずかに風が流れる程度に調節した。また、風洞内を流れた空気はフィルターを通過してダクトから排気され、大型風洞の排気ファンによって屋外へ排出した。

風洞内には、温度計を設置しておき、実験時の温度を測定した。

2) 結果および考察

小型風洞装置内における誘引源に対するミカンバエ成虫の反応について、第4表に示した。

第4表 小型風洞装置内における誘引源に対する反応

供試虫	誘引源	風洞内温度	平均移動距離
雌5頭(羽化44日)	なし	22.5℃	1.4
雌5頭(羽化45日)	雄3頭(羽化33日)	22.5℃	1.0
雌5頭(羽化43日)	なし	22.5℃	0.7
雌5頭(羽化45日)	雄3頭(羽化34日)	22.5℃	0.8
雄5頭(羽化45日)	なし	22.0℃	0.8
雄5頭(羽化46日)	雌4頭(羽化35日)	24.0℃	1.2
雄4頭(羽化44日)	なし	22.0℃	0.4
雄4頭(羽化45日)	雌4頭(羽化35日)	23.5℃	0.4
雌5頭(羽化43日)	ミカン2個	22.5℃	0.7

まず、風上に誘引源となりそうなものを何も設置せずに、風下から成虫を放飼して反応をみたところ、雄成虫、雌成虫ともに風洞内をランダムに移動し、単に風上に向かって飛翔するといったものではなかった（第4表）。この風洞内での行動には、雌雄間の差はなく、むしろ個体間の差の方が大きいものと思われた。

次に、これと同じ成虫を供試して、風上に異性の成虫を入れた小型ケージを吊した状態で、風下から放飼してみたところ、雄成虫の入ったケージに雌成虫がとまったことが2回、雌成虫のケージに雄成虫がとまったことが1回認められた。試験によっては、風上に誘引源を設置しない場合よりも設置した方がやや誘引源に近づいている傾向も認められたが、全体的には風上の異性に強く誘引されるような反応は認められなかった（第4表）。

また、雌成虫がミカン果実に対して誘引されるかどうかを観察するため、ミカン果実2個を風上に置いてみたが、これに対しても特に反応を示さなかった（第4表）。

今回供試した成虫は羽化後43～44日経過しており、異性間の反応を観察するには多少生育が進みすぎてい

た可能性も考えられるため、さらに、羽化後30日前後の個体を供試して再度観察してみる必要があると思われる。

13 産卵行動に関する調査

ミカンバエの産卵行動について観察を行った。

1) 方法

試験は、1995年6月14日から7月11日にかけて実施した。飼育容器内に入れた、あるいは天井に張ったナイロンゴース上に載せた寄主植物であるミカン果実への産卵行動を観察するとともに、果実を解体して卵の有無を調査した。

2) 結果および考察

ミカン果実を入れずに飼育した場合、1頭の雌が飼育容器の天井に張ったナイロンゴースに数回産卵管を挿入する行動を見せたが、他の雌は産卵管を伸長（写真7）させるだけで、腹部を屈曲させてゴースへ挿入することはなかった。

次に、飼育容器内や天井に張ったナイロンゴース上にミカン果実を載せた場合、交尾行動が観察されるようになり、その後果実への産卵行動も確認されたが、飼育容器の天井に置いた果実には、ほとんど産卵されていない。一方、容器内の果実への産卵（写真8）は多く、果実のじょうのう内（さじょう間やさじょう内）に多く産卵されていた。交尾が確認された回数の多い雌成虫ほど果実への産卵数が多い傾向が見られた。また、産卵孔1か所には数個の卵が産卵されているのが確認された。

一方、既交尾の雌でも、産卵行動が全く認められないものもあった。

また、処女雌の飼育容器に果実を入れてみたが、果面上の産卵孔は1例を除いて認められなかった。

14 卵巣発育調査

野外から採集した雌成虫の卵巣発育状態については、8月上旬にはほぼ成熟している⁷⁾¹²⁾とされている。

そこで、雌成虫の卵巣は羽化後何日程度で性成熟し、交尾・産卵が可能となるのかについて検討するため、解剖して卵巣発育状況を調査した。

1) 方法

試験は、1994年6月と1995年5月にそれぞれ実施した。25℃恒温条件下で飼育中の雌成虫を供試し、羽化後の生育日数別に卵巣発育状態を調査した。解剖を行うにあたっては、供試虫を冷凍庫内で数分間低温麻醉した後、腹側を上にして虫ピンで解剖皿に固定した。

その後、生理食塩水を滴下した状態で解剖バサミを用いて実体顕微鏡下で腹側の薄い膜すべてを切り取る方法で行った。この方法は、解剖中にハサミで内臓を傷めることがなく、切開後の観察も容易にできるため、本虫の解剖に適していると思われた。なお、観察しやすくするため、腹部を切開する前に、脚を胸部との境の部位から全て切除した。

2) 結果および考察

雌成虫の解剖の結果、羽化11日後まで卵巣の発育は全く認められなかったが(写真9)、14日後頃から卵巣の発達が確認された(写真10)(第5表)。羽化19日後では、まだ左右の卵巣ともに十分に成熟していなかったが、33日後では左右の卵巣は明らかに成熟していた(写真11)。羽化後の日数が経過するに従って、卵巣の発育程度も徐々に進んでいった(写真10, 11)。しかし、21日後、28日後の個体の卵巣発育が確認できない場合もあり、個体によって多少のバラツキはあるものと思われた。

第5表 雌成虫の卵巣発育調査

羽化後日数	観察結果
1日後	卵巣未発達
3日後	卵巣未発達
3日後	卵巣発達確認できず
3日後	卵巣発達確認できず
4日後	未確認の卵巣確認(膨らんでいない)
5日後	卵巣未発達
6日後	未確認の卵巣確認
6日後	卵巣未発達
7日後	卵巣未発達
8日後	卵巣未発達
9日後	卵巣未発達
9日後	卵巣確認できず
10日後	卵巣未発達
11日後	卵巣未発達
11日後	卵巣未発達
14日後	卵巣発達確認(16日より明らかに小さい)
16日後	卵巣発達確認
19日後	卵巣発達確認
21日後	卵巣未成熟(発達しているがやや小さい)
33日後	卵巣成熟

以上の結果から、雌成虫の卵巣は羽化後2週間頃から徐々に発育を始め、20~25日前後で成熟するものと思われた。

一方、雄成虫の精巣発育についても同様に解剖調査を行った。しかし、精巣の大きさについては個体間で差がある上に、羽化直後の雄成虫の精巣と羽化12日後、29日後の精巣と大きさが変わらなかったことから考えると、外見上の精巣の大きさからは成熟の進み具合は判断できないものと思われた(第6表)。

第6表 雄成虫の精巣発育調査

羽化後日数	観察結果
0日	精巣の大きさは12日後とほぼ同じ
4日	精巣は確認できるがやや小さい
4日	精巣は確認できるがやや小さい
7日	4日後の死亡虫の精巣より明らかに大きい
8日	精巣発達
10日	精巣発達
10日	精巣発達
12日	精巣発達
15日	精巣発達
27日	精巣発達
28日	精巣発達

15 卵の人工ふ化

飼育容器内で人工飼育虫に産卵させたミカン果実をそのまま放置しておくとも果皮が硬化したり、腐敗するため、内部の卵がふ化できずに死亡する。そこで、果実を切開して卵を取り出し、人工的にふ化させる方法について検討した。

1) 方法

試験は、1994年8月から9月にかけて実施した。果実の産卵孔内部(写真12)に存在する卵(写真13)をメスで果肉とともに切り出し、ピンセット、解剖針等を用いてていねいに取り出した。果実から取り出した卵を、シャーレ内の湿らせたろ紙に載せたナイロンゴース上に並べ、フタをして適当な湿度を保ちながら、25℃、16時間日長条件下でふ化状況を観察した(写真14)。

2) 結果および考察

(1) 人工飼育虫の卵

飼育容器内の果実に産卵され数日後に取り出した人工飼育虫の卵は、取り出して1週間たってもふ化せず、表面に白色のカビが発生した。そこで、雑菌繁殖防止のため、保湿用の蒸留水100mlあたりに安息香酸メチルを0.05g添加してさらに観察を継続した。深井の調査によれば、ミカンバエの卵はふ化までに20日以上を要するといわれており⁷⁾、少なくとも3週間以上は継続して観察することが必要であると思われたため、さらに継続して観察を行った。その結果、これら人工飼育虫の卵からは数頭の幼虫がふ化したが、ふ化率は非常に低く、また、ふ化幼虫はすぐに死亡した。その他の卵についても卵殻内の乳白色の部分の形態変化は認められたが、最終的に虫体が形成されるまで発育したものはなかった。

(2) 野外成虫の卵

野外で8月中下旬に採取した寄生果から取り出した

卵の中には、既にふ化直前のものも含まれており、卵殻内には口器が形成された虫体を確認することができた（写真15）。卵殻内の幼虫は、ときどき体を屈曲させて体の向きを変える行動を見せた。その後、卵殻内で虫体形成が確認された卵からは次々に幼虫がふ化してきた。

寄生果から取り出した卵の内部形態は様々で（写真16, 17）、どの卵の発育が進んでいるのか見分けることができなかつたため、それぞれの卵の内部形態変化について、しばらく観察してみた。しかし、その後、いずれの卵についても内部形態の変化を認めることはできなかった。

室内飼育虫および野外成虫の卵を果実から取り出し、シャーレ内の温室条件下で人工ふ化を試みたが、取り出した時点の卵の発育ステージが進んでいるものほどふ化率が高く、発育の進んでいない卵ほど人工的に発育させ最終的にふ化させることは困難であった。

16 幼虫の人工飼育

ミカンバエの幼虫は、カンキツ類の果実が樹上に着果した状態で果実内で発育し、自ら脱出するまでその寄生果が腐敗することはなく、果実から脱出した3齢幼虫は、すぐに地中に潜り困蛹化する。しかし、十分に発育していない若齢幼虫を室内で寄生果から取り出した場合、餌としてミカンの果肉を与えても果肉がすぐに腐敗してしまうため、3齢幼虫まで飼育するには餌を頻繁に交換する必要がある、このことが幼虫飼育の大きな障害となっている。そこで、簡易な幼虫の人工飼育法について検討を行った。

1) 方法

試験は、1994年10月から11月にかけて実施した。幼虫を、湿らせたろ紙を敷いた深型シャーレ（直径9 cm、高さ6 cm）内で飼育した。餌として、ミカンの果肉を与えた場合と、沖縄県農業試験場（現：沖縄県農業研究センター）で開発した小麦フスマを主体にしたウリミバエ用幼虫培地¹⁾とミカンコミバエ用幼虫培地（第7表）を使用した場合についてそれぞれ検討した。なお、幼虫培地の材料は、同試験場から分譲していただいた。

第7-1表 ウリミバエの幼虫培地（垣花ら 1975）

材 料	36リットル当たりの量
水	28,000ml
塩酸 (3.5%)	1,600ml
安息香酸ナトリウム	18 g
ちり紙	850 g
大豆粕	1,080 g
乾燥酵母	1,080 g
グラニュー糖	2,010 g
小麦ふすま	5,400 g

第7-2表 ミカンコミバエの幼虫培地

材 料	100ml 当たりの量
水	96ml
塩酸 (3.5%)	4.2ml
安息香酸ナトリウム	0.125 g
ちり紙	2 g
乾燥酵母 (エビオス)	3.125 g
グラニュー糖	9.4 g
小麦ふすま	21.9 g

※本来、塩酸 (17.5%) を使用するところ塩酸 (3.5%) に変更

2) 結果および考察

(1) 果肉による飼育

卵からふ化した直後の1齢幼虫に、果実から小さく切り出したミカンの果肉を与えてみたが、2～3日後には死亡してしまい、飼育できなかった。

寄生果実内で1齢末期～2齢初期まで発育していた幼虫は、果実から取り出した後もスライスした果肉を餌にして与えた後も体重増加が認められ、しばらく飼育することができた。ただし、餌として与えた果肉は2～3日で腐敗してしまい、小さな幼虫の場合はその腐敗した果肉や果汁の中で死亡してしまうことが多く、餌を頻繁に交換する必要がある。しかし、発育ステージが進むにつれて、腐敗した果肉内での死亡はほとんどなくなるため、餌の交換にあまり気を使う必要はなくなった。

さらに、果肉の与え方について検討した。その結果、果肉を適量与えて飼育すると、腐敗するまでに食べ尽くしてしまうため、幼虫死亡の可能性が低くなった。また、果肉の下にティッシュペーパーを敷くことにより、果肉から流出した果汁による幼虫の溺死を防ぐことができ、飼育中の死亡率が減少した。

次に、果実の切り方について検討した結果、果実をスライスして与える方法がその後の餌の交換も容易に行え、食具合もよかった（写真18, 19）。

(2) 幼虫培地による飼育

まず、処方通りにウリミバエ用幼虫培地を調整したところ、培地の水分量が多く湿潤状態となった（写真20）。2～3齢幼虫を入れて3日後、培地表面が白い膜状のカビに覆われてしまい、死亡虫が発生した（写真21）。また、死亡していない幼虫もかなり弱っていた。この原因としては、ガラスのふたをしたことによる過湿と温度上昇によってカビが発生したのと考えられた。そこで、ガラスのふたをナイロンゴース布で覆う方法に変更したところ、カビの発生はなくなったが、やはり4～5日で培地が変色して腐敗してしまうため（写真21）、腐敗臭がひどく、幼虫の飼育にも失敗した。

飼育幼虫の体重変化を調べてみたが、果肉で飼育した場合のように目立った体重の増加もなく、培地を摂

食した気配はうかがえなかった。

次にミカンコミバエ用幼虫培地についても同様に検討した。ミカンコミバエ用幼虫培地は、ウリミバエ用幼虫培地よりも水分量が多かったため、混入するちり紙の量を増やして培地の水分量の調節を試みた。ちり紙が少ないと、湿潤状態となり、幼虫が培地の底で死亡することが多く、逆にちり紙が多すぎると培地が固くなり、内部に潜り込めずに死亡する個体が見られた。今回、検討した幼虫培地の中ではミカンコミバエ用幼虫培地のちり紙含量を150%に増量し、ナイロンゴース布でカバーする方法が最も良かった。しかし、この方法でも死亡虫が多数発生するため、さらに改良を加えるか、全く新しいミカンバエ用幼虫培地の開発が必要と思われる。

Ⅲ 防除薬剤の検討

ミカンバエの成虫は、日中は高温を避けるためカンキツ園から付近の山林などに移動しており、交尾産卵期にカンキツ園に生息するのは夕方頃から翌朝の午前中までである。さらに、幼虫はカンキツの果実内で3齢まで発育し、果実から脱出すると直ちに土中に潜り蛹化するため、成虫・幼虫ともに、薬剤を直接虫体に散布して防除することは難しい。

そこで、忌避的な作用が期待できると考えられたネオニコチノイド系殺虫剤を使った果実への産卵防止効

果や、浸透移行性が期待できる薬剤を使った果実内のふ化幼虫並びに2～3齢幼虫に対する殺虫効果について検討した。

1 産卵防止効果

1) 方法

試験は、1999年から2002年にかけて実施した。産卵開始前の7月上旬から8月上旬にアセタミプリド水溶剤2,000倍、4,000倍、チアメトキサム水溶剤2,000倍、4,000倍をそれぞれ散布し、その後の産卵果率および、秋季の被害発生状況について調査した。

2) 結果および考察

アセタミプリド水溶剤、チアメトキサム水溶剤を散布した樹では、無散布樹と比較して秋季の被害果数が少なくなった。特に、2000年の試験では、調査果数に占める産卵された果実の割合（産卵果率）が低くなる傾向も認められた（第8表）。

しかし、各薬剤の効果は試験年度によってばらつきが見られ、あくまでも他の害虫防除でこれらネオニコチノイド系殺虫剤が散布された場合にある程度の被害軽減効果が期待できる程度で、これがミカンバエに対する専用防除対策にはならないと考えられた。

2 殺幼虫効果

1) 方法

試験は、1998年から2003年にかけて実施した。幼虫ふ化時期にあたる8月下旬から9月上旬にジメトエート乳剤1,000倍、2,000倍、3,000倍、チアメトキサム水溶剤2,000倍、3,000倍、4,000倍、ジノテフラン水溶剤2,000倍、アセタミプリド水溶剤1,000倍、2,000倍、ニテンピラム水溶剤1,000倍、イミダクロプリド水和剤2,000倍、アセフェート水和剤1,000倍をそれぞれ散布し、秋期における被害果の発生状況を調査した。

第8表 ミカンバエに対する産卵防止効果（2000年）

薬剤名	濃度	産卵果率 (%)	
		7/6散布	7/17散布
アセタミプリド水溶剤	2,000倍	0.9	2.7
アセタミプリド水溶剤	4,000倍	2.0	3.4
チアメトキサム水溶剤	2,000倍	3.2	2.1
チアメトキサム水溶剤	4,000倍	3.9	3.6
無散布		6.7	6.6

第9表 ミカンバエ幼虫に対する各種薬剤の防除効果（1998～2003）

薬剤名	濃度	被害果率 (%)					
		1998	1999	2000	2001	2002	2003
ジメトエート乳剤	1,000倍	0	0.7	4.1	0.4	2.4	0
ジメトエート乳剤	2,000倍	0	2.4	3.7	2.8		
ジメトエート乳剤	3,000倍	9.8	2.4		2.7		
チアメトキサム水溶剤	2,000倍		0.9	5.6	5.4	8.5	
チアメトキサム水溶剤	3,000倍				6.2		
チアメトキサム水溶剤	4,000倍			5.5	12.0		
ジノテフラン水溶剤	2,000倍					4.4	1.4
アセタミプリド水溶剤	1,000倍	0					
アセタミプリド水溶剤	2,000倍	5.7					
ニテンピラム水和剤	1,000倍	40.4					
イミダクロプリド水和剤	2,000倍		8.9				
アセフェート水和剤	1,000倍		30.7				
無散布		56.8	32.3	12.0	24.5	31.1	12.4

2) 結果および考察

供試した薬剤の中で、ジメトエート乳剤の防除効果が、非常に高かった。特に1,000倍の防除効果が優れていたが、濃度を2,000倍に薄めても十分な効果が得られた（第9表）。この他の薬剤では、チアメトキサム水溶剤2,000倍、ジノテフラン水溶剤2,000倍の効果が高かった。

これら3薬剤については、試験結果にもとづき1999年にジメトエート乳剤、2002年にチアメトキサム水溶剤、2004年にジノテフラン水溶剤がそれぞれ、農薬としての適用拡大が行われ、適用害虫に“ミカンバエ”が追加された。

一方、アセフェート水和剤、アセタミプリド水溶剤、イミダクロプリド水和剤、ニテンピラム水溶剤の防除効果は低かった。

3 ジメトエート乳剤による秋季防除

1) 方法

(1) 1995年

ミカンバエ寄生果が多数認められた普通温州園場において、ジメトエート乳剤1,000倍を10月中旬に散布した。散布約2か月後の12月14日に果実を採取し、翌15日に果実内の幼虫の生死の状況について調査した。

(2) 1996年

11月13日に普通温州園場から、事前にミカンバエの産卵孔が確認された寄生果を採集し、ハンドスプレーでジメトエート乳剤1,000倍を散布した。この寄生果は室内で放置し、散布後から12月25日まで経時的に果実内の2～3齢幼虫の生死の状況について調査した。

2) 結果および考察

1995年の10月中旬散布試験では、園場から採取した果実内に寄生していたと思われる38頭の3齢幼虫のうち、果実内部で死亡が確認できた個体はわずか3頭であった。しかし、食害痕のみで虫体が確認できなかった個体7頭、発育不良で体長1 cm以下の小型3齢幼虫21頭、果実内部で不完全な囲蛹化個体7頭と、明らかにジメトエート乳剤の影響が認められた。

また、1996年の11月13日散布試験でも、果実内で死亡した個体は、幼虫死亡3頭、囲蛹化後死亡3頭であった。さらに、無散布区の3齢幼虫の9割が正常に囲蛹化したのに対し、ジメトエート乳剤1,000倍散布区では、囲蛹化した個体がわずか3頭と全体の2割であった。

以上の結果から、管理不良園等で被害発生確認後に果実摘採処理が実施できない場合、次年度の発生を減少させる手段のひとつとして、秋季のジメトエート乳剤散布が期待できると考えられた。

IV 総合考察

1 ミカンバエの生態解明

1) 人工飼育技術の確立

(3 齢幼虫～囲蛹～成虫～卵～ふ化幼虫)

年一化性であるミカンバエの供試虫確保体制を整え、常時、調査・研究ができる体制を整えるため、未解明部分の生態を明らかにするとともに、人工飼育技術の可能性について検討した。

まず、野外から採取した寄生果からの3齢幼虫の脱出は、午前9時から夕方5時までの日中よりも夕方から翌朝にかけて脱出する個体の割合が77%と多かった。成虫の夜間における活動については、暗視カメラによる観察結果から、日没後は一切活動しないことが確認できたが、幼虫の夜間の行動については確認できていない。3齢幼虫の脱出が、夕方から翌朝までのどの時間帯で多いのか、今後調査を要する。

次に、寄生果から回収した3齢幼虫を、適度に湿らせたオガクズ内で囲蛹化させる場合、12時間日長15℃恒温条件下においた場合に、最も効率的に囲蛹化させることができた。そして、3齢幼虫は囲蛹化後3日ほどで呼吸量が減少し、その後ほとんど変化がない状態が続いた後、羽化前から再び呼吸量が増加することが確認された。

囲蛹は、15℃のインキュベーター内で保存し、一定期間経過後に25℃の温度に移せば、約30日後に羽化してきた。このことから、15℃保存期間を調節することで、成虫の羽化時期もある程度はコントロールできた。

羽化成虫は、乾燥ビール酵母と砂糖を混ぜて少量の水で練って固めたミカンバエ飼育用人工飼料によって、羽化後40日以上飼育することができるようになった。

さらに、供試虫確保のため野外成虫を捕獲する場合、生息密度が高い園場では、小型のポリ袋や捕虫網を用いて比較的容易に成虫を捕獲することができた。また、気温が上がる前の早朝から午前11時頃までがよく、さらに降雨の翌日は成虫の動きが鈍く比較的低い位置の葉裏に止まっていることが多いため、捕獲しやすいことが明らかになった。

雌成虫の卵巣の発育状況調査から、羽化後2週間目頃から徐々に発達を始め、20～25日前後で成熟するものと思われた。

寄生果から取り出した卵を、シャーレ内湿室条件下で人工ふ化を試みたが、ふ化率は非常に低かった。また、果実から卵を取り出す作業は非常に難しいため、今後は、採卵方法についても検討する必要がある。

ふ化幼虫を人工飼育することはできなかったが、2～3齢まで発育した個体であれば、果肉をスライスし

て与えることで飼育することができた。しかし、餌の腐敗が早く、交換作業に手間がかかるなど問題点も多い。さらに、ウリミバエ用幼虫培地、ミカンコミバエ用幼虫培地についても検討したが、ミカンバエ幼虫を飼育することはできなかった。

以上の結果から、野外のミカンバエ寄生果から3齢幼虫を回収し、適度に湿らせたオガクズ内で効率的に囲蛹化させ、ある程度の幅を持って羽化成虫を確保する好適条件について、新たな知見が得られた。さらに、2～3齢幼虫は果肉を餌にある程度は人工飼育できることから、今後は人工採卵法、卵の人工ふ化、ふ化幼虫の人工飼育についてさらに検討が必要である。

2) 性フェロモンの存在・雌雄間の交信手段解明

性フェロモンの存在や、雌雄間の交信手段を解明するために、成虫の交尾行動についての観察、雄成虫抽出物質に対する雌成虫の反応観察、さらに小型風洞装置を使って異性間の誘引実験を行った。

まず、交尾行動の観察結果では、雌成虫が雄成虫に近づいて行くパターンが多く観察され、雄の性フェロモンの存在の可能性が示唆された。また、交尾を開始する前に、雌雄ともに羽を小刻みに振動させる行動を短い周期で繰り返すことが観察されており、何らかの交信手段ではないかとも考えられた。

また、これまでの観察結果では、ミカン果実の存在が、交尾行動に対して何らかの影響を与えているのではないかと思われていたが、果実が無くても交尾、産卵が観察されたことから、必ずしも必要ではないことが明らかになった。

次に、雄成虫抽出物質に対する雌成虫の反応観察では、1994年の抽出物を誘引源としたトラップには雌成虫の誘殺は認められなかったが、1995年のろ紙小片に対する反応観察試験では、雌成虫が抽出物に対して反応しているような行動が観察されており、さらに詳細な調査が必要である。

一方、小型風洞実験における異性間の反応や、小型容器に閉じこめた異性に対する反応は、特に認められなかった。

以上の結果から、雄成虫が雌成虫を誘引している可能性は示唆されているものの、雄の性フェロモンの存在は確認できておらず、今後さらに調査・検討が必要である。

2 防除薬剤の検討

ミカンバエに対する防除薬剤としては、以前からジメトエート乳剤の防除効果が高いことが知られており、カイガラムシ類との同時防除が行われてきた。本研究では、改めてその防除効果について検討し、1999年にジメトエート乳剤の適用害虫に“ミカンバエ”を

追加することができた。また、2006年には、作物名に“かんきつ(みかんを除く)”が追加され、これまで作物名“みかん”に対してしか使用できなかったジメトエート乳剤が、ボンカン、キンカンといったカンキツ類にも使用できるようになった。

さらに、ジメトエート乳剤以外の薬剤では、チアメトキサム水溶剤、ジノテフラン水溶剤のミカンバエに対する防除効果についても検討した結果、ジメトエート乳剤と比較するとやや劣るものの殺幼虫効果が高いことが認められ、2002年にチアメトキサム水溶剤、さらに2004年にはジノテフラン水溶剤の適用害虫にそれぞれ“ミカンバエ”が追加された。その他、2006年にはクロチアニジン水溶剤でも、“ミカンバエ”の登録が取得され、適用害虫“ミカンバエ”の登録薬剤が、4薬剤となった。

これら登録薬剤のミカンバエに対する効果は、殺幼虫効果が主体であるため、幼虫ふ化時期である8月中・下旬から9月上旬頃に防除を実施することが望ましい。また、防除を実施しても、果実に薬液が付着しなければ、効果は期待できないため、薬剤散布を行うに当たっては、かけもれ、散布ムラが生じないように、樹の周囲を回りながらいねいに実施する。また、枝葉が混み合って薬液がかかりにくい場合は、散布前に枝抜き等を行っておく。特に、生息密度の高い圃場では、連続散布を実施し、1回目と2回目で散布ルートを変えると、かけもれ、散布ムラ防止に効果的である。さらに、ミカンバエの生息に適した山際や防風林際では、よりていねいな散布を心がけることが重要である。

しかし、近年、高齢化によって労力的に適期防除が実施できなくなった生産者が増え、更にカンキツ類の価格低迷等の影響で管理されなくなった放任園・荒廃園が年々増加しているため、薬剤防除だけに頼った対策では効果が不十分な場合も多くなってきた。このような場合は、放任園・荒廃園の伐採、園地環境の整備といった薬剤防除だけに頼らない耕種防除や被害果の摘採等を適切に組み合わせた総合的な防除対策をとる必要がある。

また、幼虫ふ化時期の防除が実施できずに被害果が発生したが、労力の関係でどうしても摘採処理ができない場合は、収穫・出荷は犠牲にせざるを得ないが、秋季にジメトエート乳剤を散布することで、翌年の発生を減少させる効果が期待できる。

3 残された課題

これまで、「ミカンバエの生態解明と防除対策の確立」というテーマで研究に取り組んできたが、依然として、人工飼育技術は確立されておらず、供試虫を周年確保できる体制は整っていない。野外成虫の捕獲並

びに、野外から採集した3齢幼虫を飼育して得られる室内羽化成虫だけでは、確保できる時期、頭数に限度があり、やはり、ミカンバエの研究のためには、人工飼育技術の確立は必要・不可欠である。

さらに、ウリミバエやミカンコミバエのような有効なモニタリング技術がない現状では、生息状況の確認に多大な労力を要している。今後、ミカンバエに有効な誘引物質やトラップの開発が急務である。

いくら労力や時間をかけて薬剤散布を実施しても、かけもれ、散布ムラがあっては効果が半減して被害が発生してしまうため、薬剤散布の効果を高める技術、例えば、かけもれ、散布ムラをなくす、あるいは低減する技術の開発も必要になってくる。

いずれにしても、ミカンバエに関する研究で成果をあげるには、解決しなければならない課題が数多く残されている。今後も、これら残された課題を、ひとつひとつ解決しながら、薬剤散布のみに頼らない新たな防除技術の開発につなげる必要がある。

V 摘 要

ミカンバエはカンキツ類特有の害虫で、幼虫が果肉を食害して被害を与えるが、薬剤散布を確実に実施すれば被害が問題になることはほとんどない。しかし、ミカンの価格低迷や後継者不足等によって、薬剤散布が実施できない管理不良園、放任園が徐々に増加し、薬剤散布のみに頼った防除対策では被害発生を抑えることが難しくなってきた。

そこで、従来の薬剤防除に代わる性フェロモン・性誘引物質等を利用した新たな防除技術を確立するために本研究を開始した。

1 ミカンバエの生態解明

- 1) 3齢幼虫の寄生果からの脱出は、日中よりも夕方から翌朝までの間が多かった。
- 2) 室内で3齢幼虫を人工的に囲蛹化させる場合の温度条件は15℃が最適であった。
- 3) 3齢幼虫を囲蛹化させる培地として、入手しやすく取扱いも簡単なオガクズが使用できた。
- 4) 囲蛹化後3日間で呼吸量は急激に減少するが、その後ほぼ横ばいで推移し、羽化前から再び増加したことから、囲蛹の状態状態で休眠に入ることが示唆された。
- 5) 囲蛹を15℃恒温条件で保存する期間を調節することで、羽化時期にある程度幅を持たせることができた。
- 6) 人工飼料で、成虫を40日以上飼育できた。
- 7) 野外圃場での成虫捕獲は、降雨翌日の午前中に行うのが効率的であった。

- 8) 処女雌が興奮したように雄に近づき、直後に交尾が成立する事例が観察された。これは、雄の性フェロモンの存在を期待させる現象であると思われた。
- 9) 飼育容器内の成虫は、小型容器に閉じこめた異性成虫に対して、全く反応を示さなかった。
- 10) 暗視カメラによる行動観察の結果、成虫は夜間全く活動していないことが確認できた。
- 11) 交尾は日中いつでも確認され、ウリミバエのように夕方に集中することはなかった。
- 12) ミカン果実の存在が、交尾成立に重要な役割を持つと思われていたが、果実が存在しなくても交尾が観察されたことから、必ずしも必要ではなかった。
- 13) 雄成虫からの抽出物を誘引源とするトラップ調査では、雌成虫に対する誘引効果は認められなかったが、室内生物検定では、雌成虫に対して何らかの影響を与えている可能性が示唆された。
- 14) 小型風洞装置による誘引実験では、成虫が風上の異性成虫やミカン果実に対して強く誘引される反応は認められなかった。
- 15) 飼育容器内のミカン果実への産卵数は、交尾回数が多く確認された雌成虫ほど多かった。
- 16) 雌成虫の卵巣は、25℃条件下で羽化後2週間頃から徐々に発育し始め、20～25日前後で成熟するものと思われた。
- 17) 雄成虫の精巣の大きさからは、成熟程度を判断することはできないものと思われた。
- 18) 果実から取り出した卵を、25℃、16時間日長、高温条件下に置くことで、数頭の幼虫をふ化させることができた。
- 19) 1齢幼虫は飼育できないが、2齢以降であれば、果肉スライスと餌として与えることで飼育できた。
- 20) ウリミバエやミカンコミバエ用の幼虫培地で、幼虫を飼育することはできなかった。

2 防除薬剤の検討

- 1) 各種薬剤の産卵防止効果は、試験年度によるばらつきが大きく、効果もそれ程高くなかった。
- 2) ジメトエート乳剤1,000倍の殺幼虫効果は非常に高かった。さらに、チアメトキサム水溶剤2,000倍とジノテフラン水溶剤2,000倍も、ジメトエート乳剤と比較するとやや劣るものの、殺幼虫効果が確認された。これら3剤は、ミカンバエに対する登録を取得した。
- 3) ジメトエート乳剤1,000倍の10月、11月散布は、幼虫の発育・囲蛹化に対して影響を与えるため、次年度の発生密度抑制効果が期待できるものと思われた。

謝 辞

本研究の実施にあたって、様々な助言をいただくとともに、依頼研究員研修に際しては関係機関との連絡調整、成果の取りまとめ等に多大なる労をお執りいただいた元柑橘試験場長の甲斐一平氏に、深甚なる感謝の意を表する。

さらに、依頼研究員研修を快く許可していただき研修に集中できる環境を整えていただいた柑橘試験場（現：農林水産研究センター果樹研究所）並びに同津久見分場（現：農林水産研究センター果樹研究所津久見試験地）関係者の方々に、感謝の意を表する。

研究遂行にあたっては、依頼研究員研修受入れ機関となっていた農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所生体情報部行動調節研究室（現：独立行政法人農業生物資源研究所昆虫科学研究領域昆虫-昆虫・植物間相互作用研究ユニット昆虫行動制御物質研究サブユニット）の若村定男博士、安田哲也博士（現：中央農業総合研究センター）をはじめ研究所スタッフの方々には、研究内容の構成、研究手法に関する示唆ならびにご指導をいただいた。衷心より感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 垣花廣幸・添盛浩・仲盛広明 (1975) ウリミバエの大量飼育法確立試験, 沖縄農業, 13, 33-37
- 2) 木村好兵衛編纂 (1943) 津久見柑橘史 (津久見柑橘史刊行会)
- 3) KOBAYASHI R.M., K.OHINATA, D.L.CHAMBERS and M.S.FUJIMOTO (1978), Sex Pheromones of the Oriental Fruit Fly and the Melon Fly: Mating Behavior, Bioassay Method, and Attraction of Females by Live Males and by Suspected Pheromone Glands of Males, *Env. Ent.* 7 (1), 107-112
- 4) KUBA Hiroyuki and Juro KOYAMA (1982), Mating Behavior of the Melon Fly, *Dacus cucurbitae* COQUILLET (Diptera: Tephritidae): Comparative Studies of One Wild and Two Laboratory Strains, *Appl. Ent. Zool.* 17 (4), 559-568
- 5) KUBA Hiroyuki, Juro KOYAMA and R.J.PROKOPY (1984), Mating Behavior of Wild Melon Flies, *Dacus cucurbitae* COQUILLET (Diptera: Tephritidae) in a Field Cage: Distribution and Behavior of Flies, *Appl. Ent. Zool.* 19 (3), 367-373
- 6) 久場洋之 (1987) ミバエ類の性フェロモン, 植物防疫, 第41巻, 第12号, 597-603
- 7) 深井勝海 (1958) ミカンバエの生態と防除, 大分県津久見柑橘試験場特別報告, 第1号
- 8) 植原稔・若村定男・安田哲也 (2005) ミカンバエの幼虫脱出・囲蛹化・羽化に及ぼす温度の影響, 九州農業研究 (九農研), 第67号, 74
- 9) 植原稔・清末義信・高佐和成 (2005) ミカンバエに対する防除薬剤の検討, 九州農業研究 (九農研), 第68回発表要旨集, 101
- 10) 三宅恒方 (1919), 蜜柑蠅に関する調査, 病菌害虫彙報第5号, 農商務省農務局
- 11) YASUDA Tetsuya, Minoru NARAHARA, Seiji TANAKA & Sadao WAKAMURA (1994), Thermal responses in the citrus fruit fly, *Dacus tsuneonis*: evidence for a pupal diapause, *Entomol. exp. appl.* 71: 257-261
- 12) 安松京三・永富昭 (1959), ミカンバエの防除に関する研究1 その防除に必要な二・三の基礎的調査, 九州農学芸雑誌, 第17巻, 129-146
- 13) 安松京三・中尾俊一 (1959), ミカンバエの防除に関する研究2 その経済的防除法の確立, 九州農学芸雑誌, 第17巻, 147-166

Clarification of the Ecology of Citrus Fruit Flies (*Bactrocera tsuneonis* Miyake) and the Establishment of their Control Method

Minoru NARAHARA, Yoshinobu KIYOSUE and Kazunari KOUSA

Summary

The citrus fruit fly is an insect pest peculiar to citrus fruits, and the larvae feed on the sarcoarp, causing damage. When accurate chemical spraying is performed, this damage rarely presents a problem. However, due to the persisting low marked price of mandarin oranges and few successors, poorly managed or neglected farms where chemical spraying can not be performed have gradually increased, and the inhibition of damage has become difficult by control methods depending on chemical spraying alone.

Therefore, we performed this study to establish a new control method using a sex pheromone or sex attractant that can replace the conventional chemical control.

1. Clarification of citrus fruit flies

- 1) Third-instar larvae escaped from parasitism fruit more often in the period from the evening to the next morning than in the daytime.
- 2) The optimal temperature for artificial pupariation of 3rd-instar larvae was 15°C.
- 3) As medium for the pupariation of 3rd-instar larvae, sawdust, which can be readily obtained and easily handled, could be used.
- 4) The quantity of breathing rapidly decreased 3 days after pupariation, remained at a similar level thereafter, and increased again before emergence, suggesting the initiation of dormancy in the state of coarctate pupae.
- 5) The emergence time could be regulated to some extent by regulating the storing period of coarctate pupae at a constant temperature of 15°C.
- 6) Imagoes could be maintained with artificial feed for more than 40 days.
- 7) Capture of imagoes in the outdoor farm field could be effectively performed in the morning on the next day of raining.
- 8) In some cases, copulation was observed immediately after a virgin female excitedly approached a male. This phenomenon suggested the presence of a male sexual pheromone.
- 9) Imagoes in a breeding container showed no reaction to imagoes of the opposite sex shut in a small container.
- 10) Observation of behavior using a nightscope showed no activity of imagoes during the night.
- 11) Copulations occurred throughout the day, and was not limited to the evening as is observed in melon flies.
- 12) Though the presence of mandarin orange fruit was conventionally considered to play an important role in the establishment of copulation, copulation was observed even in the absence of fruit, suggesting fruit is not always necessary.
- 13) A trap survey using extracts from male imagoes as an inducement source showed no inducement effects on female imagoes. However, an indoor biological test suggested certain effects on female imagoes.
- 14) An inducement experiment using a small wind tunnel apparatus showed no inducement of imagoes by imagoes of the opposite sex or mandarin orange fruit placed windward.
- 15) The number of laid eggs in mandarin orange fruit in the breeding container was higher in female imagoes showing a higher number of copulations.
- 16) The ovaries of female imagoes appeared to begin to grow 2 weeks after emergence at 25°C and mature after 20–25 days.
- 17) The degree of maturity could not be determined based on the testis size of male imagoes.

- 18) When eggs removed from fruit were placed at 25°C with high humidity and a day length of 16 hours, some larvae were hatched.
- 19) First-instar larvae could not be maintained, but 2nd-instar larvae or older could be fed on fruit flesh slices.
- 20) Larvae of citrus fruit flies could not be maintained in larva culture medium for oriental fruit flies or melon flies.

2. Evaluation of insecticides

- 1) The oviposition preventing effects of each chemical were not marked and varied among examination years.
- 2) Dimethoate emulsion (1 : 1,000 dilution) had strong larvacidal effects. In addition, thiamethozan solution (1 : 2,000 dilution) and dinotefuran solution (1 : 2,000 dilution) had larvacidal effects though the effects were slighter than those of dimethoate. The 3 chemicals were registered as insecticides for citrus fruit flies.
- 3) Spraying of dimethoate emulsion (1 : 1,000 dilution) in October and November influences the growth and pupariation of larvae and therefore, can be expected to have inhibitory effects on their outbreak density in the next year.



写真1 人工飼料による成虫飼育



写真2 成虫の交尾行動観察



写真3 成虫の交尾行動



写真4 雄成虫の交尾器・直腸



写真5 異性に対する反応観察

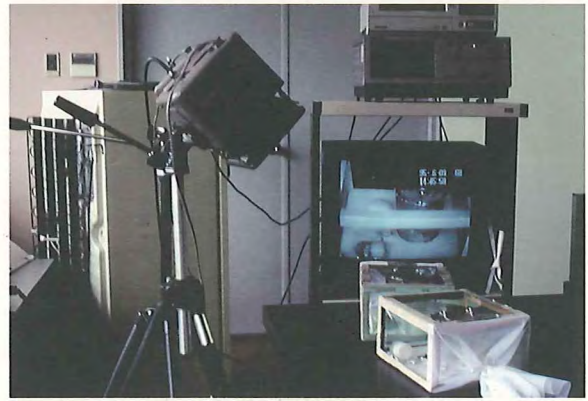


写真6 暗視カメラと長時間録画VTR

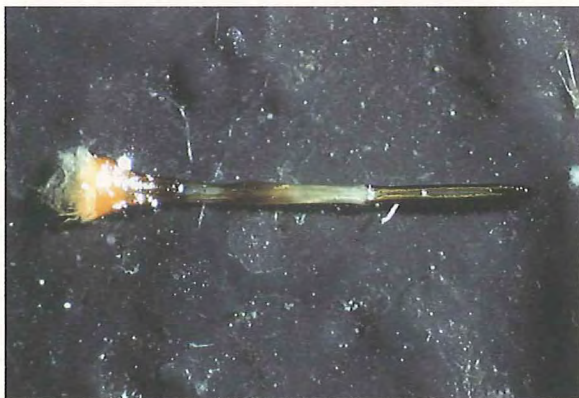


写真7 雌成虫の産卵管



写真8 雌成虫の産卵行動



写真9 未発達のお巣



写真10 卵巣発育状況 (羽化16(上), 18日(下))



写真11 卵巣発育状況 (羽化19(上), 33日(下))



写真12 果皮にあけられた産卵孔



写真13 果実内に産卵された卵



写真14 卵の人工ふ化容器



写真15 ふ化直前の卵

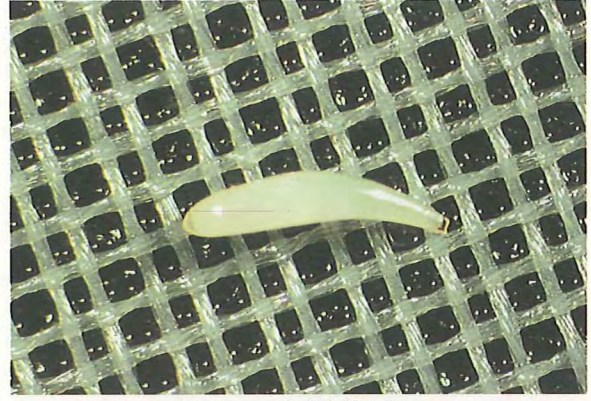


写真16 産卵直後の卵

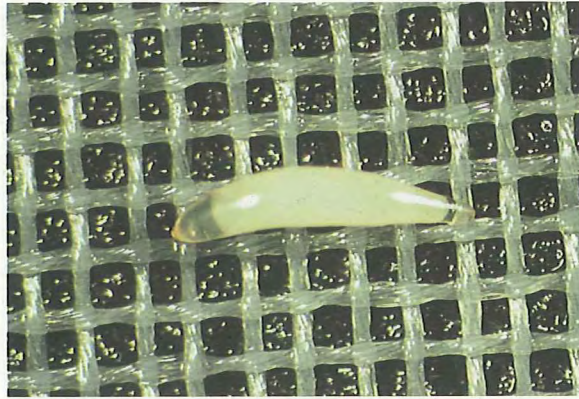


写真17 産卵数日後の卵



写真18 果実スライスで飼育



写真19 果実スライスの摂食状況



写真20 調整直後の幼虫培地



写真21 腐敗した幼虫培地

