

## ミカンコミバエ及びウリミバエの性成熟と雄誘引剤への反応について

金田 昌士<sup>1)</sup>・北田 真之<sup>2)</sup>・佐々木 幹了<sup>3)</sup>

横浜植物防疫所調査研究部

Sexual Maturation and Response to Male Attractants of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). Masashi Kaneda<sup>1)</sup>, Masayuki Kitada<sup>2)</sup> and Motonori Sasaki<sup>3)</sup> (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shin-yamashita, Naka-Ku, Yokohama, 231-0801 JAPAN. <sup>1)</sup>Yokohama, Kanagawa prefecture, Japan. <sup>2)</sup>Moji Plant Protection Station. <sup>3)</sup>Risk Analysis Division, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan*. 57: 1-6 (2022).

**Abstract:** There are risks when reintroducing *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), although both species have been eradicated from Japan by the male annihilation technique (MAT) or the sterile insect technique (SIT). Sexual maturation and the response to male attractants of *B. dorsalis* and *B. cucurbitae* were studied under laboratory conditions. The study results suggested that males of *B. dorsalis* become sexually mature and capable of mating when the ejaculatory apodeme reaches 175,000  $\mu\text{m}^2$  while males of *B. cucurbitae* reach the same point when the ejaculatory apodeme reaches 220,000  $\mu\text{m}^2$ . All males of *B. dorsalis* responded to methyl eugenol (ME) before sexual maturation and some males of *B. cucurbitae* did not respond to cue-lure (CL), even after sexual maturation. These results indicate that MAT may be effective for outbreaks of *B. dorsalis* provided fiber blocks soaked with ME and pesticide are effectively distributed and that MAT is not effective enough to eradicate *B. cucurbitae* and removal of females is important before applying SIT to the outbreak.

**Key words:** *Bactrocera dorsalis*, *cucurbitae*, sexual maturation, male attractants

### 緒 言

ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、ウリミバエ *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) は、かつて我が国の一部地域に発生していたが、ミカンコミバエは主にメチルオイゲノール（以下 ME）誘殺板を利用した雄除去法（以下 MAT）で 1986 年に根絶が達成され、ウリミバエは不妊虫放飼法（以下 SIT）で 1993 年に根絶が達成された（Koyama *et al.*, 2004; Yoshizawa, 1997）。沖縄県ではミカンコミバエ、ウリミバエの根絶後も台湾等発生地からの再侵入のリスクが存在することから、ミカンコミバエについては ME 誘殺板の吊り下げ及び航空散布が予防的に実施されており、ウリミバエに対しては侵入リスクの高い地域に不妊虫を放飼している（Ohishi *et al.*, 2018）。根絶後、特に 2000 年以降ミカンコミバエが侵入警戒調査トラップ

に誘殺される事例が多く（Ohno *et al.*, 2009）、寄生果実が発見され、終息までにかかなりの期間を要する事例がある（Otuka *et al.*, 2016）。また、ウリミバエは根絶後キュウリア（以下 CL）を使用した侵入警戒トラップ、寄主果実調査での発見事例は多くないが（Ohishi *et al.*, 2018）、いったん侵入すると再根絶までにかかなりの期間が必要となり、沖縄本島に先んじてウリミバエの根絶が達成された久米島では、同島におけるウリミバエ根絶後も周辺離島からの再侵入が繰り返し確認され（小山・田中、1984）、防除強化措置が解除されるまでに約 10 か月を要した事例もある（沖縄県農林水産部、1994）。

侵入警戒調査で発見された場合、侵入地点からの分散を阻止し、早期に終息させるためには迅速で効果的な防除が重要となる。

Wong *et al.* (1989) はミカンコミバエの性成熟と ME への反

<sup>1)</sup> 神奈川県横浜市

<sup>2)</sup> 門司植物防疫所

<sup>3)</sup> 横浜植物防疫所リスク分析部

応性について報告し、ミカンコミバエに対して MAT が有効な理由として、雄の性成熟前に ME が 40 ~ 50% の雄を誘引することを指摘した。また Wong *et al.* (1991) はウリミバエの性成熟と CL トラップへの誘引を調査して、CL での MAT が失敗した理由として、CL がすでに交尾した日令の進んだ雄しか誘引しないことを指摘したが、ミカンコミバエとウリミバエの性成熟と雄誘引剤への反応の関係について個体レベルでは明確にされなかった。

Kaneda *et al.* (2018) はセグロモモミバエ *Bactrocera correcta* (Bezzi) 雄の射精甲の発達と交尾、雄誘引剤 ( $\beta$ -caryophyllene) への反応性を調査して、射精甲が雄の性成熟の指標として利用できることを報告した。この指標を活用して、ミカンコミバエとウリミバエの性成熟と雄誘引剤への反応の関係について個体レベルで明確にすることが出来れば、なぜミカンコミバエは ME を利用した MAT で根絶が可能で、ウリミバエでは CL を利用した MAT では根絶できないのかを個体レベルで明確となり、侵入、再発生時の的確な対応を検討するための基礎情報となる。すなわち、もしミカンコミバエの成熟雌が発生地域から飛来、産卵して複数成虫が羽化した場合でも、十分な数量の誘殺板が適切に設置されていれば、羽化した全ての雄を交尾前に除去することは可能か、あるいは一定割合の雄が交尾し次世代が発生する可能性があるのか、またその場合にはどのような対応が必要となるのか等である。

また、今後我が国に侵入する可能性があるセグロモモミバエ (Kamiji *et al.*, 2014; Kamiji *et al.*, 2018) や南西諸島で発生が確認されているナスミバエ *Bactrocera latifrons* (Hendel) に対して、利用しうる誘引剤での MAT が有効かどうかの検討にも役立つ可能性がある。これらのことから、あらためてミカンコミバエとウリミバエの性成熟と雄誘引剤への反応の関係について実験室条件下で調査した。

## 材料及び方法

供試虫は横浜植物防疫所調査研究部害虫担当で農林水産大臣の許可を得て飼育しているマレーシア産ミカンコミバエ (特許番号 3Y968) 及び奄美大島産ウリミバエ (特許番号 62Y222) を用いた。飼育は 26±1℃ 恒温、60%RH、日長 16L : 8D の室内で行い、明期の前後に 1 時間の薄暮を設定した。幼虫飼育は小麦フスマ、乾燥酵母、砂糖等を配合した人工飼料に卵を接種して行った。成虫は金網ケージ (30×30×45 cm) 内でタンパク加水分解物 (AY65) と砂糖を 1:4 で混合した餌を与え、水は 4.5% の寒天で補給した。

1. 雄成虫の射精甲発達調査：ミカンコミバエ及びウリミバエ雄の射精甲の発達状況を明らかにするため、成虫の羽化当日から羽化 14 日目まで毎日雄 12 頭を取り出して射精甲の面積を調査した。取り出した雄成虫は直ちに - 30℃ の低温で殺虫し、翌日以降、腹部を 10% KOH 中に 1 ~ 3 時間置いて水洗してからオリンパス社製の実体顕微鏡 (SZX16) 下で解剖し、射精甲を取り出して 70% アルコールで洗浄後、ポリビニルアルコール (PVA) でプレパラート封入し面積を測定した。

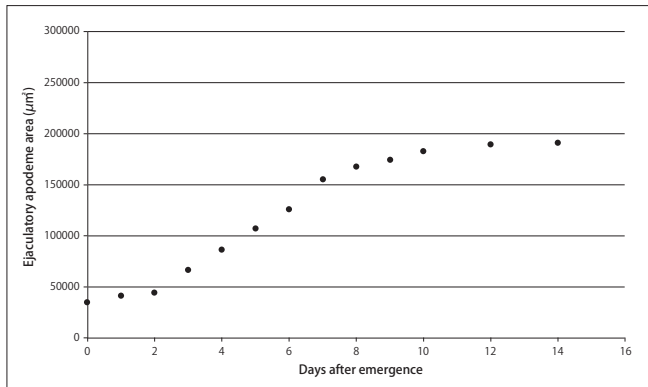
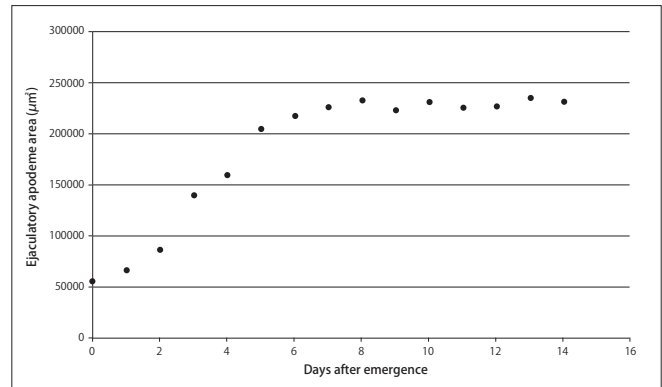
射精甲の面積はオリンパス社製の生物顕微鏡 (BX53) に設置したデジタル撮影装置 (DP27) と付属ソフト (cell Sens Ver.1.18) を使用して測定した。

2. 雄が交尾可能となる射精甲の面積：両種の雄が交尾可能となる日令とその時点の射精甲の面積を明らかにするため、羽化 2 日令のミカンコミバエ雄 1 頭と成熟未交尾の雌 (30 日令) 1 頭を小型ケージ (15×15×20 cm) に入れ、薄暮終了時に交尾の有無を調査した。ウリミバエについては同日に羽化した 2 日令の雌雄 1 対を小型ケージ (15×15×20 cm) に入れ、ミカンコミバエと同様の方法で調査した。調査は薄暮時間終了時に交尾が確認されたケージにマークを付け、調査翌日の午前中に交尾が観察されたケージと同数の交尾が観察されなかったケージを取り出し、雄は射精甲の面積を測定し、雌は貯精嚢を解剖して精子の有無を確認した。この調査には 20 対 (ケージ) を使用し、半数以上のケージで交尾が確認されるまでおこなった。
3. 雌雄の性成熟経過：ミカンコミバエ及びウリミバエ雌雄の性成熟経過を明らかにするため、新羽化雄 × 新羽化雌 (同日に羽化した雌雄)、新羽化雄 × 成熟雌 (30 日令)、成熟雄 (30 日令) × 新羽化雌の組み合わせ、各 50 対を金網ケージ (30×30×45 cm) に入れ、十分な餌及び水を与えて薄暮時間終了時の交尾対数を毎日調査した。繰り返しは各組み合わせ 5 ケージ。調査は交尾を最初に確認した日から 5 日間行い、最終日の翌日の午前中に - 30℃ の低温で殺虫し、雌の貯精嚢を解剖して精子の有無を確認した。
4. 日令別の雄誘引剤への反応性と射精甲の面積：羽化 2 ~ 14 日令のミカンコミバエ及びウリミバエについて羽化後各日令の雄 20 頭を金網ケージ (30×30×45 cm) に入れ、餌と水を与え、濾紙 (径 9cm) を敷いたシャーレ中央にミカンコミバエには ME、ウリミバエには CL を各 10 $\mu$ l 滴下してケージ中央に置いた。ME 又は CL に反応してシャーレ内に飛来し誘引剤を舐めた雄は直ちに捕獲して別のケージに移した。調査は 2 時間観察して誘引剤に反応した雄数を調査した。調査は午前中に行い、調査終了後、雄誘引剤に反応した雄、反応しなかった雄を - 30℃ の低温で殺虫し、それぞれの射精甲の面積を測定した。ミカンコミバエ、ウリミバエとも各日令について 5 ケージ計 100 頭を供試した。この調査は羽化 2 日目から開始して少なくとも供試虫の 95% 以上の雄が反応するまで行った。

## 結 果

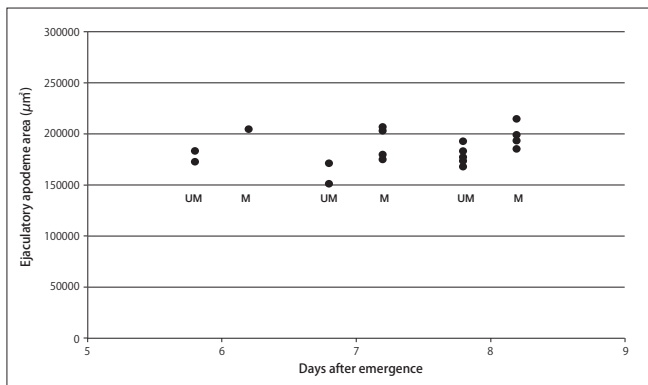
### 1. 射精甲の発達

ミカンコミバエ及びウリミバエの日令毎の射精甲の面積 (平均値 ± 標準誤差) をそれぞれ Fig. 1-1 及び Fig. 1-2 に示した。ミカンコミバエ及びウリミバエ雄の射精甲の面積は、いずれも羽化後の日令とともにシグモイド曲線状の発達を示し、ミカンコミバエの場合は羽化 10 日目に平均値で約 180,000 $\mu$ m<sup>2</sup>、ウリミバエの場合には羽化 7 日目に平均値で約 220,000 $\mu$ m<sup>2</sup> となって飽和した。

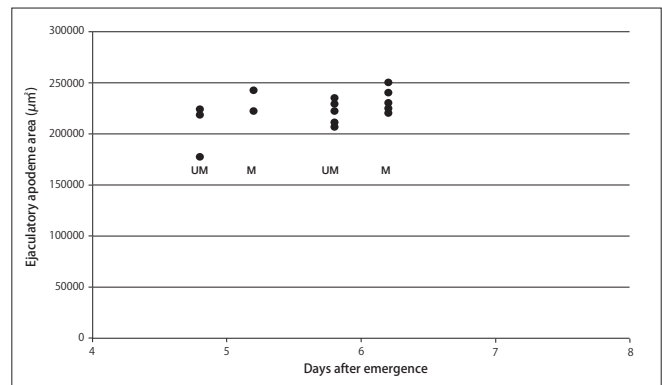
Fig.1-1 Development of the ejaculatory apodeme of *B. dorsalis*Fig.1-2 Development of the ejaculatory apodeme of *B. cucurbitae*

## 2. 交尾可能な雄の射精甲の面積

調査の結果、ミカンコミバエの雄は羽化6日目から交尾が観察され、交尾した雄の射精甲の面積はいずれも  $175,000\mu\text{m}^2$  以上であったことから、ミカンコミバエの雄は射精甲の面積が  $175,000\mu\text{m}^2$  以上になると交尾可能となることが示唆された (Fig. 2-1)。また、交尾を確認した全ての雌の貯精囊には精子が確認され、交尾を確認しなかった全ての雌の貯精囊に精子が確認されなかった。このことから今回の調査期間中は薄暮時間終了後に交尾する事例は無かったものと思われる。

Fig.2-1 Ejaculatory apodeme size of mated and unmated males in *B. dorsalis*

UM: unmated males, M: mated males.

Fig.2-2 Ejaculatory apodeme size of mated and unmated males in *B. cucurbitae*

UM: unmated males, M: mated males.

## 3. 雌雄の性成熟経過

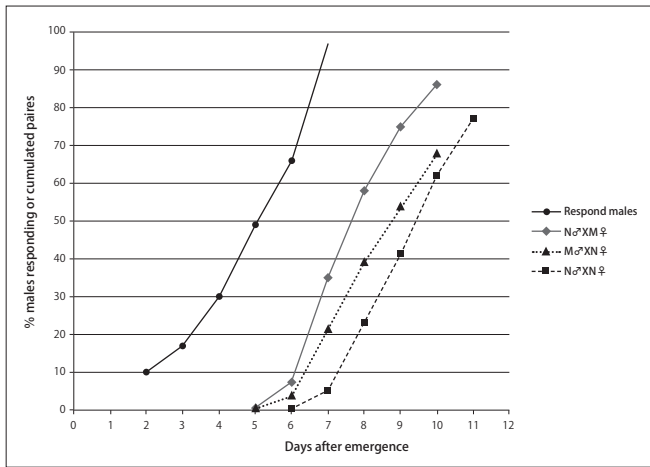
ミカンコミバエについての調査の結果、新羽化雄×成熟雌、成熟雄×新羽化雌の組み合わせで羽化5日目から交尾が観察され、羽化7日目では累積交尾ペアの割合が約35%で、羽化10日目には累積交尾率は60%以上になった (Fig. 3-1)。薄暮時間終了時の累積交尾確認ペア数と貯精囊に精子を確認した受精雌の数はほぼ一致していたことから、羽化後の交尾開始から数日間は複数回交尾する雌は殆どいないものと考えられた。ミカンコミバエについては、日令別の累積交尾数は新羽化雄×成熟雌の組み合わせが最も多く、次に成熟雄×新羽化雌の組み合わせ、新羽化雄×新羽化雌の組み合わせが最も少なかった (Fig. 3-1)。このことから、ミカンコミバエの場合には餌が十分得ら

れる状況であれば雄が雌よりも早く性成熟して交尾を開始することが示唆された。

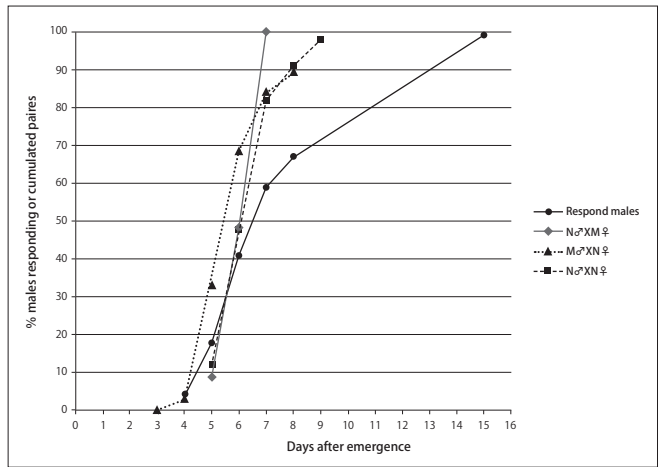
ウリミバエについての調査の結果、成熟雄×新羽化雌の組み合わせでは羽化3日目から交尾が観察された。ウリミバエについても、薄暮時間終了時の交尾確認数と受精雌の数はほぼ一致していた。羽化8日目には累積交尾ペアの割合は89%になった。新羽化雄×成熟雌の組み合わせでは羽化5日目から交尾が観察され、羽化7日目には累積交尾ペアの割合が100%となった。新羽化雄×新羽化雌の組み合わせでは、交尾は羽化5日目から観察され累積交尾ペアの割合は羽化9日目に98%となり、新羽化雄×成熟雌の組み合わせと同様の曲線となった (Fig. 3-2)。このことはウリミバエには餌が十分な状況下では、雌がより早

く性成熟し、新しく羽化した雄が交尾可能となる時には雌はすでに生理的に交尾可能となっていることを示唆している。累積の交尾確認数と受精雌の数は±2以下の差で確認交尾数と受精雌数はほぼ一致していた。久場・添盛（1988）は飼育系統ウリ

ミバエの再交尾までの平均日数が  $18.2 \pm 12.9$  日であることを報告している。今回の調査は羽化9日目までであることから、ウリミバエは羽化後の交尾開始から数日間は重複して交尾する雌は殆どいないものと考えられた。



**Fig.3-1** Response to ME and cumulated mating pairs of *B. dorsalis*  
 $N♂ \times M♀$ : Newly emerged males  $\times$  matured females,  $M♂ \times N♀$ : Matured males  $\times$  Newly emerged females,  $N♂ \times N♀$ : Newly emerged males  $\times$  Newly emerged females (having emerged the same day).



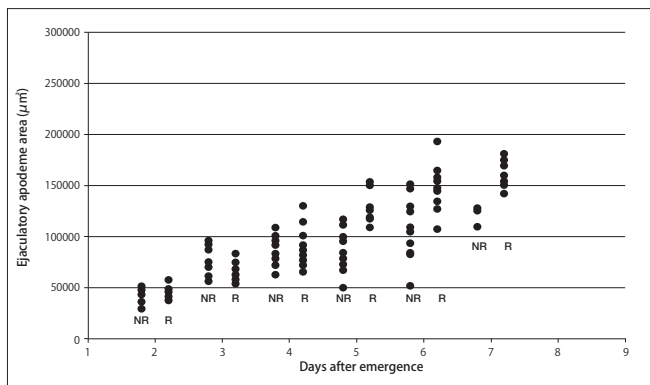
**Fig.3-2** Response to CL and cumulated mating pairs of *B. cucurbitae*  
 $N♂ \times M♀$ : Newly emerged males  $\times$  matured females,  $M♂ \times N♀$ : Matured males  $\times$  Newly emerged females,  $N♂ \times N♀$ : Newly emerged males  $\times$  Newly emerged females (having emerged the same day).

#### 4. 日令別の誘引剤への反応性と射精甲の面積

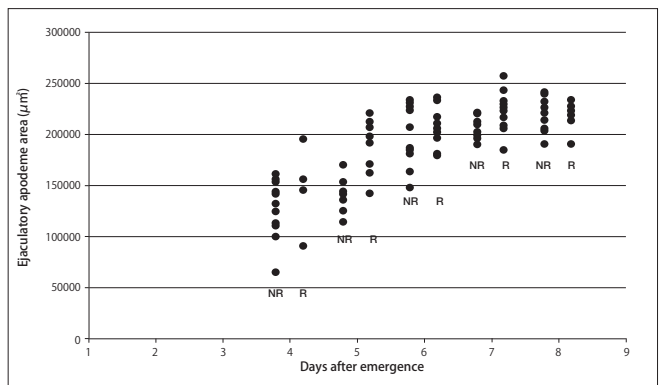
調査の結果、ミカンコミバエ雄は羽化2日目から ME に反応する個体があり、羽化7日目には95%以上の雄が反応した (Fig. 4-1)。ME 反応雄、非反応雄の射精甲の面積を調査した結果、反応雄と非反応雄の射精甲面積に明瞭な差は無かったが、日令毎の交尾数の調査からミカンコミバエの雄は羽化7日目には約35%が交尾をするが、羽化7日目に ME に反応しなかった雄で交尾可能な面積の射精甲を有する雄はいなかった。

ウリミバエについての調査の結果、ウリミバエの雄は羽化4日目から CL に反応する雄があり、羽化5日目で約18%、羽化

6日目に CL に反応した雄の割合は40%だった (Fig. 4-2)。CL 反応雄、非反応雄の射精甲の面積を調査した結果、反応雄と非反応雄の射精甲の面積に明瞭な差は無かった。ウリミバエの雄は羽化6日目には約50%が交尾するが、この時点で CL に反応しなかった雄でも、交尾可能な面積の射精甲を有する雄がいた。このことは、ウリミバエは CL 誘殺板が十分に存在しても、ミカンコミバエのように性成熟するまでに全ての雄が誘引剤に反応することは無く、性成熟後も CL に反応しない交尾可能な雄が一定数いることを示している。一方、今回の試験でウリミバエ雄は羽化14日目には、全ての雄が CL に反応した。



**Fig.4-1** Ejaculatory apodeme size of respond and non-respond males in *B. dorsalis*  
 NR: non-respond males to ME, R: respond males to ME.



**Fig.4-2** Ejaculatory apodeme size of respond and non-respond males in *B. cucurbitae*  
 NR: non-respond males to CL, R: respond males to CL.



## 考 察

Wong *et al.* (1982) はミカンコミバエの性成熟について調査し、飼育系統の雄は羽化6日目に約30%が交尾したことを報告した。また Wong *et al.* (1989) はミカンコミバエの日令別のMEへの反応性を調査し、飼育系統の雄は羽化6日目に約70%がトラップに捕獲されることを報告し、ミカンコミバエに対して雄除去法が有効な理由として、雄の性成熟前にMEが40～50%の雄を誘引することを指摘したが、全ての雄が性成熟して交尾可能となる前にMEに誘引されるのかどうか、個体レベルで誘引と性成熟の関係は明確にされなかった。

今回の調査の結果、ミカンコミバエ雄の射精甲の面積は羽化後の日令とともにシグモイド状に発達し、約175,000 $\mu\text{m}^2$ に達すると生理的には交尾可能となることが示唆された。そして、ミカンコミバエの雄は羽化5日目から交尾可能な雄が少数存在するが、その時点で約50%の雄がMEに反応し、反応しなかった雄で交尾可能な射精甲の面積まで発達している雄はいなかった。このことはミカンコミバエの場合、交尾可能となる前に全ての雄がMEに反応することが示唆され、実際の野外において十分な数量のME誘殺板が適切に配置されていれば、交尾前に全ての雄が誘殺、除去され、速やかに根絶される可能性を示している。このことから、ミカンコミバエの侵入、発生が確認されたら、迅速に適切な数量のME誘殺板を適切に配置することが重要となる。しかし、Shelly (1994) はMEを摂取したミカンコミバエの雄はその後のMEへの反応性が低下することを報告した。また、Manoukis *et al.* (2018) はモモタマナ (*Terminalia catappa* L.) の果実にはグアバ、パパイヤより有意に多いMEが含まれており、モモタマナ果実で発育したミカンコミバエはMEへの反応性が低下することを報告した。モモタマナは奄美以南の南西諸島に広く分布している。このため、台湾等の発生地から雌が飛来してモモタマナに産卵をするとME反応性の低い個体群が生じて予防防除の効果が低下する可能性がある。あるいは飛来した雄がモモタマナの果実を舐めてMEを摂取することでトラップに誘殺される確率が低下する可能性もある。このため、今後南西諸島においてもモモタマナに寄生した場合や雄が舐めた場合にMEへの反応性低下が起こるか確認する必要がある。また、誘殺板やトラップに含まれるMEはモモタマナよりもはるかに多いと考えられることから、トラップ、誘殺板をモモタマナに設置することで、反応性低下を回避できるか、検討することが必要となる。また、侵入警戒トラップへの誘殺確認時にはモモタマナ果実の着果時期は果実を採取して寄生の有無を確認し、必要に応じて果実の除去を行うことも検討すべきと考える。また、突発発生時により短い期間での終息と侵入地点からの拡散を防止するためには、プロテイン剤散布や果実除去等の雌に対する防除も検討する必要があるが、Sasaki *et al.* (2019) はプロテイン水溶液 (プロテイン20E: サンケイ化学) にブタノールを添加することで成熟雌への誘引効果が高まることを報告しており、プロテイン剤による防除効果を高める可能性がある。

一方、ウリミバエについて Wong *et al.* (1991) は性成熟とCLトラップへの誘引を調査して、CLでのMATが失敗した理

由として、CLがすでに交尾した日令の進んだ雄しか誘引しないことを指摘した。

今回の調査の結果、ウリミバエの雄は射精甲の面積が220,000 $\mu\text{m}^2$ 以上になると生理的に交尾可能となることが示唆された。ウリミバエの交尾とCLへの反応性調査の結果は、Wong *et al.* (1991) の飼育系統の結果と一致しており、ウリミバエの雄は羽化4日目からCLに反応する雄がいて、性成熟前の雄も一部反応するが、射精甲の発達状況とCLへの反応性に明確な関係は見いだせなかった。ウリミバエ雄の羽化6日目の累積交尾ペアの割合は約50%となり、この時点で約40%の雄はCLに反応したが、反応しない雄の中には交尾可能なサイズの射精甲を持つものがいた。このことは、仮に十分な数量のCL誘殺板が適切に設置されていたとしても、交尾可能なウリミバエ雄を完全には除去することができず、MATのみではウリミバエの根絶が不可能であることを示している。また交尾調査の結果、ウリミバエの雄は羽化5日目から交尾が観察されるが、雌では羽化3日目から交尾する雌がいて、雄よりも早く性成熟することが示唆された。今回の調査に先立って、小型ケージでウリミバエの雌雄10対を飼育して交尾可能な雄の射精甲の面積を調査したところ、ウリミバエの雄が生理的に交尾可能となる射精甲の面積は180,000 $\mu\text{m}^2$ 以上という結果が得られている (佐藤ら、2022)。これは、小型ケージで多数のミバエを飼育したために餌の摂食等に競合が生じて射精甲の発達に悪影響があった可能性があることや、この調査では、今回の調査の約4倍の雄について射精甲の面積を調査したことから、調査データの振幅が大きいために原因と考えられる。なお、この結果からウリミバエの雄が交尾可能となる射精甲の面積をより小さく考える場合には、今回の調査において、CLに反応しなかった雄のうちで交尾可能なサイズの射精甲を持つものの頭数はさらに増加することとなる。

Allwood *et al.* (2002) はナウルに侵入したウリミバエに対してプロテイン剤とCL誘殺ブロック散布を行い、同地域に野生ウリ類が少なく発生密度が低かったという好条件ではあったが、根絶が達成されたと報告している。

一方、沖縄におけるウリミバエ根絶防除では、不妊虫放飼を開始する前にCLを利用して密度低下を目的とした抑圧防除を実施しているが、松井ら (1990) はCL誘殺板のみでは不十分で寄主果実の寄生果率は低下しなかったことを報告している。

今後、南西諸島のように野生ウリ類が豊富な地域にウリミバエの再侵入が確認された場合、不妊虫放飼を開始あるいは強化するまでの間の小さな個体群であっても、CL誘殺板のみで寄生果率の低下や根絶は不可能であることから、雌に対するプロテイン剤等による迅速な防除や寄主果実の除去が不可欠である。このため、今後ウリミバエ雌に対するより効率的な防除資材の開発と検討が重要と考える。

また、今回ミカンコミバエとウリミバエについて、雄射精甲の発達を性成熟の指標としてそれぞれの雄誘引剤への反応性を調査した結果、ミカンコミバエはMEに対して性成熟前に全ての雄が反応し、ウリミバエは性成熟後もCLに反応しない雄がいることが明らかになった。

この方法を用いて、我が国に侵入する可能性があるセグロモモミバエ (Kamiji *et al.*, 2014; Kamiji *et al.*, 2018) やすでに発生が拡大しているナスミバエに対し、利用しうる誘引剤での MAT が有効かどうかの検討に役立つ可能性が示されたと考えるが、調査にトラップを使用する場合は、トラップに入る率等が結果に影響することから、調査方法、環境を慎重に検討する必要があると考える。

**摘要：**ミカンコミバエ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) とウリミバエ *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) は雄除去法 (MAT) 又は不妊虫放飼法 (SIT) で日本から根絶されたが、その後も再侵入のリスクが存在する。そこで両種の性成熟と雄誘引剤への反応を実験室条件下で調査した。ミカンコミバエの雄は ejaculatory apodeme が  $175,000\mu\text{m}^2$  に達すると性成熟して交尾が可能になり、ウリミバエの雄は ejaculatory apodeme が  $220,000\mu\text{m}^2$  に達すると性成熟して交尾が可能になる。ミカンコミバエの全ての雄は性成熟する前に ME に反応する。ウリミバエの雄は性成熟しても CL に反応しないものがある。これらの結果は ME と殺虫剤を染み込ませた誘殺板が効果的に配置されていればミカンコミバエに対する雄除去法 (MAT) が有効であることを示している、ウリミバエについては雄除去法 (MAT) での根絶は不可能で突発発生時における不妊虫放飼法 (SIT) の適用前に雌の除去が重要であることを示している。

### 引用文献

- Allwood, A. J., E. T. Vueti, L. Leblanc, R. Bull (2002) Eradication of Introduced *Bactrocera* Species (Diptera: Tephritidae) in Nauru Using Male Annihilation and Protein Bait Application Techniques. In *Turning the Tide: the Eradication of Invasive Species* (Veitch, C. R., M. N. Clout eds.). IUCN Publications Services Unit. Cambridge UK: 19-25.
- Kamiji, T., K. Arakawa, M. Kadoi (2014) Effect of Temperature on the Development of a Vietnamese Population of *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **25**: 101-109.
- Kamiji, T., M. Kaneda, M. Sasaki, K. Ohto (2018) Sexual Maturation of Male *Bactrocera correcta* (Diptera: Tephritidae) and Age-related Responses to  $\beta$ -caryophyllene and Methyl Eugenol. *Appl. Entomol. Zool.* **53**: 41-46.
- Kaneda, M., T. Kamiji, M. Sasaki (2018) Development of Ejaculatory Apodeme of *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae) as an Indicator of Male Sexual Maturity. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **54**: 69-75.
- Koyama, J., H. Kakinohana, T. Miyatake (2004) Eradication of the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae*, in Japan: Importance of Behavior, Ecology, Genetics and Evolution. *Annu. Rev. Entomol.* **49**: 331-49.
- 小山重郎・田中健治 (1984) 沖縄県久米島におけるウリミバエ根絶後の再発生と対策. *応動昆* **28**: 63-67.
- 久場洋之・添盛浩 (1988) ウリミバエの交尾継続時間、卵のふ化率および交尾間隔についての二、三の知見. *応動昆* **32**: 321-324.
- Manoukis, N. C., D. H. Cha, R. M. Collingnon, T. E. Shelly (2018) *Terminalia* Larval Host Fruit Reduces the Response of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) Adults to the Male Lure Methyl Eugenol. *J. Econ. Entomol.* **111**: 1644-1649.
- 松井正春・仲盛広明・小浜継雄・長嶺由範 (1990) 沖縄群島伊平屋島における雄除去法によるウリミバエの抑圧防除. *応動昆* **34**: 315-317.
- Ohishi, T., T. Matsuyama, C. Himuro, S. Ohno, Y. Sadoyama, M. Kinjo, A. Honma (2018) The Eradication Projects and Preventative Control of Quarantine Pests in Okinawa, Japan. In *Proceedings of the 2018 International Symposium on Proactive Technologies for Enhancement of Integrated Pest Management of Key Crops* (Shih, H. T., C. J. Chang eds.). Taiwan Agricultural Research Institute Council of Agriculture, Executive Yuan. Taichung Taiwan: 31-48 (Abstr.).
- Ohno, S., Y. Tamura, D. Haraguchi, T. Matsuyama, T. Kohama (2009) Re-invasions by *Bactrocera dorsalis* Complex (Diptera: Tephritidae) Occurred after Its Eradication in Okinawa, Japan and Local Differences Found in the Frequency and Temporal Patterns of Invasions. *Appl. Entomol. Zool.* **44**: 643-654.
- 沖縄県農林水産部 (1994) 沖縄県ミバエ根絶記念誌. 沖縄県農林水産部 那覇 日本: 349pp.
- Otuka, A., K. Nagayoshi, S. Sanada-Morimura, M. Matumura, D. Haraguchi, R. Kakazu (2016) Estimation of Possible Sources of Wind-borne Re-invasion of *Bactrocera dorsalis* Complex (Diptera: Tephritidae) into Islands of Okinawa Prefecture, Southwestern Japan. *Appl. Entomol. Zool.* **51**: 21-35.
- Sasaki, M., M. Kaneda, M. Satoh (2019) Attraction of Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) to 1-butanol. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **55**: 25-29.
- 佐藤雅・金田昌士・佐々木幹了・榎本竜二・岡山大介・宮部幸多 (2022) ウリミバエのラズベリーケトントリフルオロアセテートへの反応について. *植防研報* **57**: 11-15.
- Shelly, T. E. (1994) Consumption of Methyl Eugenol by Male *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae): Low Incidence of Repeat Feeding. *Fla. Entomol.* **77**: 201-208.
- Wong, T. T. Y., H. M. Couey, J. I. Nishimoto (1982) Oriental Fruit Fly: Sexual Development and Mating Response of Laboratory-reared and Wild Flies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **75**: 191-194.
- Wong, T. T. Y., D. O. Mcinnis, J. I. Nishimoto (1989) Relationship of Sexual Maturation Rate to Response of Oriental Fruit Fly Strains (Diptera: Tephritidae) to Methyl Eugenol. *J. Chem. Ecol.* **15**: 1399-1405.
- Wong, T. T. Y., D. O. Mcinnis, M. M. Ramadan, J. I. Nishimoto (1991) Age-related Response of Male Melon Flies *Dacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) to Cue-lure. *J. Chem. Ecol.* **17**: 2481-2487.
- Yoshizawa, O. (1997) Successful Eradication Programs on Fruit Flies in Japan. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **33** (Suppl.): 1-10.