

ミカンヒメコナカイガラムシの性フェロモンとその利用法

果樹研究所リンゴ研究部 ^{あら}新 ^い井 ^{とも}朋 ^{のり}徳

はじめに

国内では近年、果実の高品質化と早期収穫を目指したカンキツの施設栽培が広まってきたが、このような栽培環境下ではコナカイガラムシ類の被害が発生しやすく、重要な問題になってきた。我が国におけるカンキツ加害性コナカイガラムシ類の主要種であるミカンヒメコナカイガラムシ *Pseudococcus cryptus* (以降ヒメコナ)、ミカンコナカイガラムシ *Planococcus citri* (以降ミカンコナ)、フジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* では発育と温度との関係が求められており、防除適期である1, 2 齢幼虫発生時期を気温から予測することがある程度可能である (新井, 1996)。しかしながら、コナカイガラムシ類は葉と葉の重なりの間など目立たない箇所を好んで加害する傾向が強く、低密度時にこの害虫の発生をとらえるのは困難である。また、コナカイガラムシ類は外見上の特徴に乏しく、観察により齢構成を把握するのは難しい。このような理由から、現状ではコナカイガラムシ類の防除時期を的確に予測し効率的な防除を行うのは難しく、被害が発生してから防除することが多い。

一方、近年カイガラムシ類の性フェロモンの解明が進み、フェロモンを発生予察に用いることで、従来の人間による見取り法以上の精度でカイガラムシの発生を簡易に把握できるようになってきた (GARDNER et al., 1983)。農業上重要害虫であるクワコナカイガラムシ *Pseudococcus comstocki* (以降クワコナ) (BIERL-LEONHARDT et al., 1980; NEGISHI et al., 1980)、ミカンコナ (BIERL-LEONHARDT et al., 1981) などでもフェロモンの解明が進み、その構造が同定されている。また、ヒメコナでも性フェロモンの主要成分の構造が同定された (ARAI et al., 2003)。日本におけるカンキツ加害性コナカイガラムシ類の主要3種中2種までの性フェロモンが解明されたことから、今後カンキツ加害性コナカイガラムシ類に対するフェロモンの利用が進むことが期待される。また、フェロモンの存在がまだ未確認の種についても今後

フェロモンの解明が進むことが期待される。

一般に、カイガラムシ類は固着性で微量なことから、さらに種によっては大量のワックスで覆われることなどから、鱗翅目昆虫のように雌成虫の尾端 (大政, 1992) や虫体全体 (氏家ら, 1986) を溶媒に浸漬する方法により性フェロモンを得ることが困難であり、空气中に放出されたフェロモンを吸着剤に吸収させる方法で行われることが多い。カイガラムシ類のフェロモン捕集法やバイオアッセイに関してはこれまで本誌で紹介されていないため、今回、ヒメコナの性フェロモンの構造や利用法に関する記載に加えて、ヒメコナで行ったフェロモンの捕集法とバイオアッセイ法についても述べておきたい。なお、フェロモンは精製、機器分析過程を経てその構造が同定されるが、その過程は高度に化学的な内容のため、本文ではその記載は割愛する。詳細は ARAI et al. (2003) に掲載されているので、そちらを参照いただきたい。

I 供試虫の準備

ヒメコナ雄成虫は根岸ら (1980) の方法を用い採集した。雄幼虫は2 齢幼虫後期に体色が黒みがかかり、この時期に虫を飼育していた和カボチャ果実をティッシュペーパーで覆うと、ティッシュペーパーに雄幼虫が移動し、そこで蛹化する。蛹から雄が羽化する前に、蛹の付着したティッシュペーパーをふた付きプラスチック製容器内 (長さ22 cm, 幅15 cm, 高さ5 cm) に移し、雄の蛹を得ることができる。なお、カイガラムシ類では雄のみ蛹期を経る。ガラス室で行ったバイオアッセイでは、雄の羽化が認められた容器を直接試験場所に設置した。室内試験で使用した雄は、容器内で羽化した雄を毎日回収し、バイオアッセイに供試するまでの間、水で湿らせたろ紙を底に敷いたプラスチックシャーレ (直径9 cm × 高さ1.5 cm) 内で飼育した。シャーレ内では、ほとんどの雄成虫の寿命は4 日ほどであり、羽化後3 日を過ぎた雄は静電気に捕まり身動きがとれなくなる傾向が認められたため、雄成虫は羽化後できるだけ速やかに試験に供試した。ヒメコナでは多くの雄がカボチャ果実上でも蛹化した。これら蛹を完全に除去することが困難であったことから、根岸ら (1980) の方法で処女雌を得ることはできなかった。このため、雌3 齢幼虫が寄生したカボチャを1

The Sex Pheromone of *Pseudococcus cryptus*. By Tomonori ARAI

(キーワード: ミカンヒメコナカイガラムシ, フェロモン, バイオアッセイ, 捕集法, カンキツ)

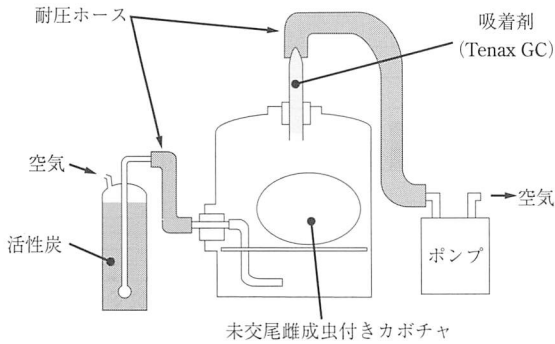


図-1 ミカンヒメコナカイガラムシフェロモン捕集装置概略図

日2～3回観察し、その都度羽化直後の雌成虫を採集し、フェロモンの捕集に供試するまでの数日（長くて2日）間、水で湿らせたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に隔離した。

II フェロモン捕集法

ヒメコナ未交尾雌成虫500～4,000匹を接種したカボチャを5 lの二口付きデシケータに入れ、内部に貯まったフェロモンを1 gの吸着剤（Tenax GC, 30/60 mesh）で捕集した（図-1）。捕集期間は約30日間とし、1日当たり捕集時間は7時間とした。試験で使用した5 lデシケータの場合、捕集する空気の流れは1分当たり10 lが理想であったが、実際に行った捕集ではポンプの性能上の制約から流量は7 lであった。吸着剤で捕集したフェロモンは3～4日に1回の割合で40 mlのペンタンで抽出した。集めた抽出液は室温条件下で減圧濃縮し、使用するまで冷蔵庫の中で保存した。

III 簡易バイオアッセイ

プラスチックシャーレ（直径9 cm×高さ1.5 cm）内に水で湿らせたろ紙（長さ2 cm×幅1 cm）を2枚入れた後、ヒメコナ雄成虫10～20頭をろ紙の上に放飼した。この中に捕集したフェロモン粗抽出物で処理した1 cm²のろ紙片と、溶媒だけで処理したろ紙片を投入し、雄成虫の動きがほぼ収まったとき（10～60分後）にそれぞれのろ紙に誘引された雄成虫数を調査した。調査時にシャーレ内の静電気に捕まり身動きがとれなかった雄成虫や、放飼地点から動いていなかった雄成虫は調査数から除外した。その結果、雄成虫はフェロモン粗抽出物1日当たり1雌放出量（Female day-equivalent, 以降略してFDE）の0.01～100倍を含浸したろ紙に有意に多く集まった（表-1）。また、フェロモンに対する雄成虫の

表-1 フェロモン粗抽出物に誘引された雄の割合（%）

含浸量 (FDE)	フェロモン含有ろ紙 ^{a)}	対照ろ紙 ^{a)}	有意差 ^{b)}
100	28.1 ± 15.0 (3)	0 (3)	*
10	52.9 ± 19.5 (3)	0 (3)	*
1	58.0 ± 14.7 (3)	1.8 ± 3.0 (3)	*
0.1	42.9 ± 19.3 (6)	1.3 ± 3.1 (6)	*
0.01	43.3 ± 32.6 (9)	0 (9)	*
0.007	6.8 ± 5.9 (3)	3.3 ± 5.8 (3)	—

^{a)} 平均±標準偏差（反復）。^{b)} *：有意差がある，—：有意差はない（角変換後t-検定）。

反応は雄の日齢や照明点灯後時間による影響が認められなかった（ARAI, 2000）。シャーレを利用した簡易バイオアッセイにより、分画されたサンプルの雄成虫に対する誘引性を迅速に調査でき、フェロモンの同定を効率的に進めることができた。

IV フェロモンに対する雄成虫の飛来性

コナカイガラムシ類の雄成虫はフェロモンに誘引され飛来し、誘引源から十数 cm の所に着地後、そこから誘引源まで歩行する（根岸ら, 1980）。雄の飛翔距離は数十 m 以上に達し、100 m を超えることもある（MORENO et al., 1984）。シャーレを使用したバイオアッセイでは、歩行してくる雄成虫に対する試験物質の誘引性は調査できたが、飛来してくる雄成虫に対する誘引性に関する判断はできないと考えられた。このため、フェロモンの同定では、構造決定した物質と同一構造の合成物質を作製し、この物質の飛来してくる雄成虫に対する誘引性についても調査する必要がある。この調査のため、黄色粘着トラップ（高さ10 cm×幅20 cm）を利用した。合成物質10 ng、捕集したフェロモン粗抽出物10FDE、および溶媒で処理したそれぞれ1 cm²のろ紙片をトラップの粘着面上に貼り付けた。これら3トラップを、ガラス室（室内の長さ5 m×幅6.5 m）内に地上1.8 mの高さに設置し、溶媒トラップを中心に合成物質ならびにフェロモン粗抽出物トラップをその両脇に一行になるよう、1.4 m以上の間隔で設置した。中央のトラップ下には雄成虫が入った容器をトラップの設置にあわせて配置した。トラップは17時から翌日正午まで設置し、それぞれのトラップに捕獲された雄成虫数を調査した。その結果、合成物質、フェロモン粗抽出物を設置したトラップには溶媒を設置したトラップよりも有意に多くの雄成虫が誘引され、合成物質とフェロモン粗抽出物に誘引された雄成虫数に差は認められなかったことから（表-2）、構造決定した物質がフェロモンであると考えられた。

表-2 ガラス室内において合成物質、フェロモン粗抽出物設置トラップに捕獲された雄成虫数

誘引物質	平均±標準誤差 (反復数)
合成物質 (10 ng)	9.7 ± 2.6 (7) a ^{a)}
フェロモン粗抽出物 (10FDE)	10.9 ± 2.4 (7) a
溶媒 (対照区)	0 (7) b

a) 同一文字間に有意差はない (Tukey-Kramer-検定).

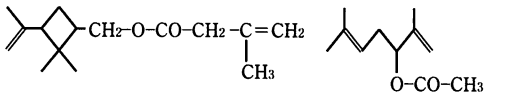
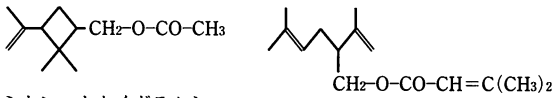


図-2 4種コナカイガラムシの性フェロモン構造

V コナカイガラムシ類のフェロモン構造

ヒメコナならびにこれまで解明された3種コナカイガラムシ類のフェロモン構造を図-2に示した。カイガラムシ類のフェロモン構造は、シマルカイガラムシ (EINHORN et al., 1998) のように他種との類似性の低いものもあるが、同属もしくは同族のカイガラムシ間で類似性が認められることが多い (GIESELMANN et al., 1979)。コナカイガラムシ類のフェロモン構造には四員環構造をもつものもたないものがあるが、四員環構造をもつヒメコナとミカンコナのフェロモン構造は似ており、また四員環構造をもたないクワコナと *Planococcus ficus* (HINKENS et al., 2001) のフェロモンも構造は類似している。コナカイガラムシ類でもフェロモン構造に類似性が認められ、しかも同属間よりも他属の種との間にフェロモン構造に類似性が認められたことは興味深い。このような現象が生じた理由については現時点ではわからない。今後、カイガラムシ類のフェロモン研究が進むことで、構造に違いが生じている理由が明らかになると考えられる。

VI フェロモンの利用法

ヒメコナ雄成虫の発生時期がフェロモンにより把握できるのかどうか調査するため、フェロモン粗抽出物 10FDE を貼り付けた黄色粘着トラップを果樹研究所カ

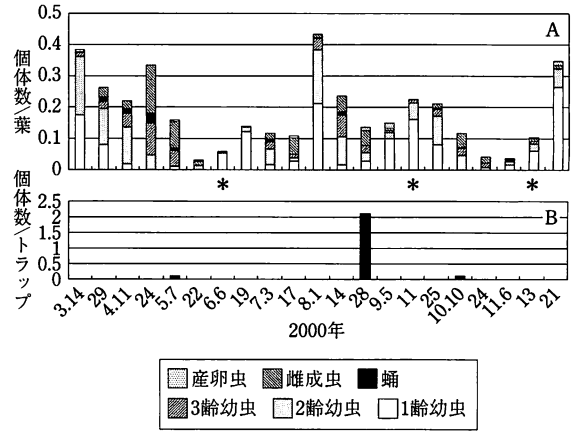


図-3 露地ウンシュウミカン園におけるミカンヒメコナカイガラムシ消長 (A) と雄成虫捕獲消長 (B)
 図 A 下の *印は雄成虫羽化時を起点として 10°C 以上の積算温度が 302 日度になった時期を示す。

ンキツ研究部内のウンシュウミカン園に設置した。トラップは毎週 2 回、高さ 1 ~ 1.8 m の樹幹内部に 16 時から翌日正午まで設置し、設置期間中に捕獲された雄成虫数を調査した。トラップの設置とあわせて、フェロモントラップの設置樹ならびにその周辺樹から、主に 2 週間間隔で 1 樹当たり 10 小枝 (1 枝当たり 5 ~ 10 葉) を採集し、葉上に寄生していたヒメコナの個体数とその齢構成を調査した。その結果、雄成虫の捕獲時期は葉上において蛹が認められた時期の少し後であったことから (図-3)、雄成虫の発生時期はフェロモントラップにおける雄の捕獲時期と見なすことができると考えられた。また、雄成虫の捕獲時期を起点として、雌成虫の産卵前期間の有効積算温度 (10°C 以上の積算温度 302 日度, 新井, 1996) が経過したときと 1 齢幼虫の発生時期とが一致した (図-3)。このことから、雄成虫のフェロモントラップ捕獲時期から 1 齢幼虫の発生時期を予測し、防除時期を把握することが可能と思われた。なお、構造が類似していたミカンコナとヒメコナで、それぞれのフェロモンの他種雄成虫に対する誘引性の有無を調査したが、雄はほとんど捕獲できなかったことから (新井, 未発表)、フェロモンを利用する場合は発生種を把握し、発生種のフェロモンを利用する必要がある。また、一部カイガラムシ類の性フェロモンには天敵類が誘引されることが報告されているが (RICE and JONES, 1982; DUNKELBLUM et al., 2000)、ヒメコナの天敵類では特にそのような傾向は認められなかった (ARAI, 2002)。他種のコナカイガラムシ類でもフェロモンの天敵類に対する誘引性に関する報告は、今のところ見あたらない。

おわりに

これまでに同定されたカイガラムシ類のフェロモンは主に発生予察に用いられている。アカマルカイガラムシとナシマルカイガラムシではフェロモンを利用した交信かく乱の試験も試みられているが (BAR-ZAKAY et al., 1989; RICE et al., 1997), 現在のところ実用化まで至っていない。コナカイガラムシ類ではフェロモンを利用した交信かく乱に関する試験は行われていないため, その効果については不明であるが, 日本におけるカンキツ加害性コナカイガラムシ類は主に施設のように外部から隔離された環境で発生することが多いことから, フェロモンを利用した交信かく乱が行える可能性があると考えられる。筆者は現在カンキツ害虫の研究から離れているためカンキツにおけるコナカイガラムシ類の調査を継続できないが, 今後, カンキツ加害性コナカイガラムシ類のフェロモン利用法に関して研究が進むことを期待している。

(15 ページから続き)

鈴木 秀昭氏 (横浜・札幌支所室蘭・苫小牧出張所長) は, 定年退職
 和田 光雄氏 (横浜・塩釜支所石巻出張所長) は, 定年退職
 大西 久司氏 (神戸・広島支所水島出張所長) は, 定年退職
農林水産技術会議へ
 村上 ゆり子氏 ((独) 農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所ブドウ・カキ研究部長) は, 事務局研究開発企画官へ
 福盛 田共義氏 (内閣府企画官付参事官) は, 事務局先端産業技術研究課民間研究推進室長へ
 角田 幸司氏 (農産安全管理課課長補佐) は, 事務局国際研究課課長補佐 (総括及び企画班担当) へ
 中野 明正氏 ((独) 農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所果菜研究部主任研究官) は, 事務局研究調査官へ
 若生 忠幸氏 (農林水産技術会議事務局研究調査官) は, 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所葉根業研究部主任研究官へ出向
地方農政局へ
 東 義裕氏 (植物防疫課課長補佐) は, 九州農政局消費・安全部表示・規格課長へ
 笹沼 伸一郎氏 ((独) 農業検査所検査部検査調整課取締企画係長) は, 関東農政局消費・安全管理課生産安全係長へ
独立行政法人農業検査所へ
 阪本 剛氏 (植物防疫課課長補佐) は, (独) 農業検査所へ出向 (検査部長へ)
 松永 正洋氏 ((独) 農林水産消費技術センター仙台センター総務課長) は, 総務課長へ
 本田 泰敬氏 (農林水産省生産局総務課) は, 総務課人事管理係長へ

引用文献

- 1) 新井朋徳 (1996) : 応動昆 40 : 25 ~ 34.
- 2) ARAI, T. (2000) : Appl. Entomol. Zool. 35 : 525 ~ 528.
- 3) ——— (2002) : ibid. 37 : 69 ~ 72.
- 4) ——— et al. (2003) : J. Chem. Ecol. 29 : 2213 ~ 2223.
- 5) BAR-ZAKAY, I. et al. (1989) : Hassadeh 69 : 1228 ~ 1231.
- 6) BIERL-LEONHARDT, B. A. et al. (1980) : Life Science 27 : 399 ~ 402.
- 7) ——— et al. (1981) : Tetrahedron Letters 22 : 389 ~ 392.
- 8) DUNKELBLUM, E. et al. (2000) : J. Chem. Ecol. 26 : 1649 ~ 1657.
- 9) EINHORN, J. et al. (1998) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95 : 9867 ~ 9872.
- 10) GARDNER, P. D. et al. (1983) : J. Econ. Entomol. 76 : 601 ~ 604.
- 11) GIESELMANN, M. J. et al. (1979) : J. Chem. Ecol. 5 : 891 ~ 900.
- 12) HINKENS, D. M. et al. (2001) : Tetrahedron Letters 42 : 1619 ~ 1621.
- 13) MORENO, D. S. et al. (1984) Ann. Entomol. Soc. Am. 77 : 32 ~ 38.
- 14) 根岸 努ら (1980) : 応動昆 24 : 1 ~ 5.
- 15) NEGISHI, T. et al. (1980) : Appl. Entomol. Zool. 15 : 328 ~ 333.
- 16) 大政義久 (1992) : 植物防疫 46 (7) : 249 ~ 252.
- 17) RICE, R. E. and R. A. JONES (1982) : Environ. Entomol. 11 : 876 ~ 880.
- 18) ——— et al. (1997) IOBC wprs Bull. Vol. 20. At the World Wide Web site : <http://phero.net/iobc/montpellier/rice.html>
- 19) 氏家 武ら (1986) : 応動昆 30 : 268 ~ 271.

田中 稔氏 (検査部検査調整課課長補佐) は, 調査役へ
 斎藤 律子氏 (検査部生物課課長補佐) は, 調査役へ
 土井 幸代氏 (検査部有用生物安全検査課課長補佐) は, 調査役へ
 平山 利隆氏 (植物防疫課鳥獣害対策班鳥獣害雑草係長) は, (独) 農業検査所企画評価室総括係長へ出向
 佐々木 詩織氏 (検査部毒性検査課) は, 企画評価室へ
 小島 恒夫氏 (検査部化学課課長補佐) は, 検査部検査調整課課長補佐 (登録検査)
 入江 真理氏 (検査部検査調整課情報調査係長) は, 検査部検査調整課登録調査係長へ
 中村 雅也氏 (検査部農薬残留検査課残留検査第1係長) は, 検査部検査調整課取締企画係長へ
 大森 正和氏 (検査部生物課殺菌剤係長) は, 検査部検査調整課情報調査係長へ
 阪本 和広氏 (農産安全管理課) は, (独) 農業検査所検査部検査調整課へ出向
 村上 カヨ氏 (検査部検査調整課) は, 検査部毒性検査課へ
 北村 恭朗氏 (検査部農薬環境検査課水質検査係長) は, 検査部農薬環境検査課課長補佐 (水質・大気) へ
 石嶋 直之氏 (検査部農薬残留検査課課長補佐) は, 検査部化学課課長補佐 (原体) へ
 高橋 秀一氏 (関東農政局消費・安全管理課植物防疫係長) は, 検査部生物課課長補佐 (殺虫・殺菌剤) へ
 佐々木 千潮氏 (検査部生物課生物農薬係長) は, 検査部生物課殺虫剤係長へ
 池田 淳一氏 (農林水産技術会議事務局先端産業技術研究課企画班企画係長) は, 検査部農薬残留検査課課長補佐 (果樹・野菜) へ出向
 西岡 知子氏 (企画評価室) は, 検査部農薬残留検査課残留検査第1係長へ
 (27 ページへ続く)