フジコナカイガラムシ性フェロモンの 2 種寄生蜂に対する誘引性

杖田 浩二 *

岐阜県農業技術センター

Response of Two Parasitoid Wasps to the Sex Pheromone of Japanese Mealybug, *Planococcus kraunhiae*. Hirotugu TSUEDA* Gifu Prefectural Agricultural Technology Center; 729 Matamaru, Gifu 501–1152, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 58: 147–152 (2014)

Abstract: The attraction of two parasitoid wasps, *Allotropa subclavata* (Muesebeck) and *Anagyrus fujikona* (Tachikawa), to the sex pheromone of Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana), was investigated using a pheromone trap and a blank trap under natural and mating disruption conditions by sex pheromones. Although *A. fujikona* was caught by the pheromone trap in the control plot, this parasitoid was not caught by the blank trap in the control plot or either trap in the mating disruption plot. On the other hand, *A. subclavata* was caught by both traps equally in control and mating disruption plots. The prevalence of *A. fujikona* caught by the pheromone trap was similar to that of *P. kraunhiae* male adults. Additionally, the peaks of caught *A. fujikona* corresponded to the prediction of when second and third instar larvae of *P. kraunhiae* would appear. These results suggest that *A. fujikona* was attracted to the sex pheromone, and that the prevalence of this parasitoid could be monitored by a pheromone trap of *P. kraunhiae*.

Key words: Parasitoid wasp; *Anagyrus fujikona*; *Allotropa subclavata*; attracted to sex pheromone; *Planococcus kraunhiae*

緒 言

フジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) は、カキ、ブドウ、カンキツ、イチジクなど果樹の広食性害虫である (河合, 1980; 柴尾・田中, 2000). カキにおいて本種は、排泄物に起因するすす病や、加害部が赤化する火ぶくれ症状など、果実の商品品質を著しく低下させる被害を引き起こす。本種は、果実とヘタの間の隙間や枝幹部などの粗皮下に寄生しているため散布した薬液が到達しにくいこと、防除適期である幼虫発生初期の把握が困難なことから、薬剤散布による防除が困難な害虫である (上野, 1977). 一方、本種には多様な土着天敵の存在が明らかとなっており、フジコナカイガラクロバチ *Allotropa subclavata* (Muesebeck) やフジコナカイガラトビコバチ *Anagyrus fujikona* (Tachikawa) は、特に有力な天敵寄生蜂と考えられている (手柴・堤, 2004). 近年フジコナカイガラムシが多発した要因の一つとして、合成ピレスロイド剤の使用が有用天敵に悪影響を及ぼした可能性が指摘されており (大政, 1990), 土着天敵の利用は本種の防除において重要であると考えられる。このことから、寄生蜂の発生時期や

発生量をモニタリングすることは、農薬散布の影響を回避し、寄生蜂を効率的に利用するうえで重要と考えられる。

カイガラムシ類は性フェロモンによる交信を行うことが知られており、近年その構造や成分が解明されつつある (Roelofs et al., 1978; Gieselmann et al., 1979; Zada et al., 2003; Zhang and Amalin, 2005). 本種も性フェロモンの主成分が 2-isopropyliden-5-methyl-4-hexen-1-yl butyrate であることが解明されており (Sugie et al., 2008), 性フェロモンを利用した誘引剤が 2012 年に市販され、発生予察に利用されている。さらに、合成性フェロモンを利用した交信攪乱法が有効であることも明らかにされている (手柴ら, 2009). 一方、フジコナカイガラムシの近縁種であるミカンコナカイガラムシ *Planococcus citri* (Risso) や、海外におけるブドウの重要害虫である *Planococcus ficus* Signoret のトビコバチ科寄生蜂の 1 種である *Anagyrus* spec. nov. near *pseudococci* は、宿主の性フェロモンをカイロモンとして宿主探索に利用することが示されている (Franco et al., 2008). フジコナカイガラムシにも同属の寄生蜂がいることから、それらは宿主の性フェロモンを利用して宿主を探索している可能性がある。このことは、フジコナカイガラ

* E-mail: tsueda-hirotugu@pref.gifu.lg.jp

2013 年 9 月 2 日受領 (Received 2 September 2013)

2014 年 3 月 3 日登載決定 (Accepted 3 March 2014)

DOI: 10.1303/jjaez.2014.147

ムシの合成性フェロモンを用いることで、寄生蜂もモニタリングできる可能性を示唆している。

そこで筆者は、現地圃場でフジコナカイガラムシの合成性フェロモンに対する寄生蜂の誘引性を調査するとともに、フェロモントラップによる寄生蜂のモニタリングを行ったのでここに報告する。

報告に先立ち、寄生蜂の同定および原稿の校閲を賜った山口県柑きつ振興センターの東浦祥光博士、有益な助言を賜った福岡県農業総合試験場の手柴真弓氏および岐阜県農業経営課鈴木俊郎氏、誘引剤の提供にご協力いただいた島根県農業技術センターの澤村信生氏および富士フレイバー株式会社の佐々木力也博士、現地圃場での試験にご協力いただいた関係者各位に謝意を表する。

材料および方法

供試誘引剤およびフェロモントラップ

フジコナカイガラムシの性フェロモンの主成分である2-isopropyliden-5-methyl-4-hexen-1-yl butyrateをゴムセプタムに0.1mg含浸させた誘引剤(富士フレイバー(株)製)を供試した。この誘引剤1個を、三角屋根型粘着トラップ(SEトラップ、サンケイ化学(株)製)の粘着面中央に設置したものを、フェロモントラップとした。フェロモントラップは、粘着面が地上約1.5mの高さとなるよう、カキの主枝に設置した。誘引剤は約1カ月ごとに、粘着板は各試験において実施した調査ごとに新品と交換した。

試験1. 性フェロモンの寄生蜂に対する誘引性

岐阜市の現地カキ園3圃場(A圃場:面積15a,北緯35度27.5分,東経136度43.1分,B圃場:同12a,北緯35度27.5分,東経136度43.3分,C圃場:同10a,北緯35度26.3分,東経136度42.5分)において試験を行った。供試樹の品種は富有とし、樹齢はAおよびC圃場では35年生,B圃場では40年生の樹が主体であった。各圃場中央付近の1樹に、上記フェロモントラップと誘引剤を設置しないトラップ(プランクトラップ)を、樹幹を中心とする対極線上に約3m程度離して設置し、粘着板上に捕殺された寄生蜂個体数を種ごとに調査した。調査は2010年6月から10月にかけて、約2週間間隔で9回行った。また両トラップは、調査ごとにそれぞれの位置を交換した。それぞれのトラップにおける寄生蜂捕殺数は、Wilcoxonの符号順位検定法を用いて比較した。

試験2. 交信攪乱条件下におけるフジコナカイガラムシ性フェロモンの寄生蜂に対する誘引性

岐阜市内の現地カキ園圃場(D圃場:面積15a,北緯35度27.5分,東経136度43.2分)において、フジコナカイガラムシの交信攪乱条件下における性フェロモンの寄生蜂に対する誘引性を調査した。圃場を東西で2分割し、一方の区画は手柴ら(2009)に従いフェロモン成分を3mg含

浸させたゴムセプタムを長さ約30cmのアルミ製針金に20個程度通し、これを1樹当たり3本程度設置することで10aあたりのフェロモン成分投下量を1gとした交信攪乱区(以降、攪乱区)とし、もう一方の区画は無処理区とした。供試樹の品種は富有で、樹齢は35年生が主体であった。フェロモントラップとプランクトラップは、試験1と同様の方法でそれぞれ各区2個ずつ設置し、フジコナカイガラムシ雄成虫の誘殺数および寄生蜂の捕殺数を調査した。調査期間、調査方法およびトラップ位置の交換は、試験1のとおりとした。両区におけるそれぞれのトラップあたりのフジコナカイガラムシ雄成虫の総誘殺数および寄生蜂の総捕殺数は、 χ^2 検定を用いて比較した。

試験3. フェロモントラップにおけるフジコナカイガラムシ雄成虫誘殺消長およびフジコナカイガラトビコバチ捕殺消長

岐阜市A圃場および大野町の現地カキ園圃場(面積10a,北緯35度27.4分,東経136度38.3分)において試験を行った。供試樹の品種はいずれも富有とした。これら圃場内の1樹にフェロモントラップを1個設置し、フジコナカイガラムシ雄成虫の誘殺数およびフジコナカイガラトビコバチ成虫の捕殺数を調査した。調査は2011年および2012年の5月上旬から10月下旬にかけて、約1週間間隔で行った。

寄生蜂の捕殺時期とフジコナカイガラムシ齢期との関係を明らかにするため、澤村・奈良井(2008)に示された各齢期の発育零点と有効積算温度、各年次の平均気温(岐阜市および揖斐川町のアメダスデータ、岐阜市:北緯35度24.0分,東経136度45.7分,標高12.7m,揖斐川町:北緯35度29.1分,東経136度34.0分,標高45m)を用い、雄成虫の誘殺ピークを起点として各齢期の出現予測時期を算出し、寄生蜂の捕殺時期と比較した。

結 果

試験1. 性フェロモンの寄生蜂に対する誘引性

A,BおよびC圃場に設置したフェロモントラップには、フジコナカイガラトビコバチと、フジコナカイガラクロバチが、調査期間を通じて捕殺された。A,B,C圃場に設置したフェロモントラップにおけるフジコナカイガラトビコバチの総捕殺数は、それぞれ87頭,130頭および31頭となった。そのうち雄成虫の総捕殺数は、それぞれ6頭,4頭,2頭であり、捕殺個体の大半は雌成虫であった。一方、プランクトラップではフジコナカイガラトビコバチはほとんど捕殺されず、フェロモンの有無で有意な差が認められた(Fig. 1)。フェロモントラップにおけるフジコナカイガラクロバチの総捕殺数は、各圃場で100~200頭となった。またプランクトラップでも同様に捕殺され、フェロモンの有無による差はなかった(Fig. 1)。

Fig. 1. Total numbers of *A. fujikona* and *A. subclavata* female adults caught in the pheromone trap and blank trap from June to October, 2010. The locations of the pheromone trap and blank trap were changed in each investigation. Asterisks (***) indicate a significant difference between two traps (Wilcoxon's signed rank test, $p < 0.001$); ns=no significant difference.

Fig. 2. Total numbers of *P. kraunhiae* male and female adults of *A. fujikona* and *A. subclavata* caught in the pheromone trap and blank trap under natural and mating disruption conditions by sex pheromones from June to October, 2010. The locations of the pheromone trap and the blank trap were changed in each investigation. Asterisks (***) indicate a significant difference between two traps (chi square test, $p < 0.001$); ns=no significant difference.

試験2. 交信攪乱条件下における性フェロモンの寄生蜂に対する誘引性

D 圃場の攪乱区におけるフジコナカイガラムシ雄成虫のトラップあたりの総誘殺数は、フェロモントラップが3.5頭、プランクトラップが0頭となり、有意な差はなかった。一方無処理区における総誘殺数は、フェロモントラップが143.5頭、プランクトラップが2.5頭となり、有意な差が認められた (Fig. 2)。フジコナカイガラトビコバチの捕殺は、フジコナカイガラムシ雄成虫の誘殺と同様の傾向を示した。すなわち、攪乱区ではいずれのトラップにもほとんど捕殺されなかったが (フェロモントラップ0.5頭、プランクトラップ0頭)、無処理区における総捕殺数は、フェロモントラップで19頭、プランクトラップで1.0頭となり、有意な差が認められた (Fig. 2)。捕殺されたフジコナカイガラトビコバチは雌成虫が大半で、雄成虫は無処理区に設

置した両トラップに1頭ずつ捕殺されただけであった。フジコナカイガラクロバチのトラップあたりの総捕殺数は、攪乱区のフェロモントラップで142頭、プランクトラップで146頭、無処理区でもそれぞれ82.5頭、70.5頭となり、いずれの区でもトラップ間で差はなかった (Fig. 2)。

試験3. フェロモントラップにおけるフジコナカイガラムシ雄成虫誘殺消長およびフジコナカイガラトビコバチ捕殺消長

岐阜市 A 圃場におけるフジコナカイガラムシ雄成虫の誘殺は、調査期間を通じて認められ、両年とも5月上旬～6月上旬に2山型の、7月中旬および8月下旬～9月中旬、10月下旬に1山型のピークが認められた。フジコナカイガラトビコバチの捕殺も調査期間を通じて認められ、両年とも5月中下旬、6月中旬、8月上中旬、10月中旬にピークが認められた。フジコナカイガラトビコバチ捕殺時期とフ

Fig. 3. The seasonal prevalence of *P. kraunhia* male adults and *A. fujikona* female adults caught in a pheromone trap in two persimmon fields in Gifu city and Ono town. Solid and broken lines indicate the number of caught *P. kraunhia* and *A. fujikona*, respectively. White and grey arrows indicate the predicted emergence time of second and third instar *P. kraunhia*, respectively, with the effective accumulative temperature, using the average temperatures observed by AMeDAS in Gifu and Ibigawa.

ジコナカイガラムシ各齢期の出現予測時期を比較したところ、6月以降のフジコナカイガラトビコバチの捕殺ピークは、フジコナカイガラムシ2～3齢幼虫の出現予測時期またはその前にあった (Fig. 3)。

大野町園場におけるフジコナカイガラムシ雄成虫の誘殺数は、岐阜市と比較して少なく推移したが、5月中下旬、7月中旬、9月上中旬および10月下旬にピークが認められた。フジコナカイガラトビコバチの捕殺ピークはフジコナカイガラムシ2～3齢幼虫の出現予測時期と概ね一致した (Fig. 3)。

考 察

フジコナカイガラトビコバチ雌成虫は、フェロモントラップには捕殺されるものの、プラントラップにはほとんど捕殺されず、攪乱区ではフェロモントラップにも捕殺されなかった (Fig. 1, 2)。一方、本種の雄成虫は、無処理区においてもフェロモントラップにほとんど捕殺されなかった。これらのことは、フジコナカイガラトビコバチ雌成虫が、フジコナカイガラムシの性フェロモンに誘引されたことを示している。トビコバチ科寄生蜂の1種 *Anagyrus* spec. nov. near *pseudococci* の雌成虫は、ミカンコナカイガラムシや *Planococcus ficus* の性フェロモンをカイロモンとして宿主の探索に利用することが報告されている (Franco et al., 2008)。したがって、フジコナカイガラトビコバチの雌成虫も、フジコナカイガラムシの性フェロモンをカイロモンとして寄主探索に利用したため、フェロモントラップに誘殺されたと考えられる。

フェロモントラップによるフジコナカイガラトビコバチの誘殺消長は、調査時期を通して4回程度のピークが確認できた。さらに6月以降の誘殺ピークはフジコナカイガラムシ2～3齢幼虫の出現予測時期またはその前にあった (Fig. 3)。フジコナカイガラトビコバチは、フジコナカイガラムシの3齢幼虫～雌成虫に産卵するとされ (田中・小林, 1971)、福岡県ではこれらのステージが多く出現する時期によく採集されると報告されている (手柴・堤, 2004)。これらのことは、フジコナカイガラトビコバチが、産卵対象として好適な齢期が出現する時期に先立ち、2～3齢幼虫が出現する時期に成虫数が増加している可能性を示唆している。なお、同属の *Anagyrus pseudococci* (Girault) の発育期間は、宿主であるコナカイガラムシの約半分で、年7～8回発生していると報告されている (Daane et al., 2004)。また Arai and Mishiro (2004) は、やはり同属の *Anagyrus subalbipes* Ishii の発育期間も同様であることに加え、雌成虫の寿命は25°Cで38日程度と報告している。これらの報告は、フジコナカイガラトビコバチが含まれる *Anagyrus* 属の寄生蜂は、宿主のコナカイガラムシが発生する期間には恒常的に発生している可能性を示唆している。したがって、今回の結果は、フジコナカイガラトビコバチは産卵に好適な齢期のフジコナカイガラムシが増加する時期に性フェロモンに反応して宿主探索をし、その結果フェロモントラップに誘殺された可能性がある。フジコナカイガラムシの性フェロモンに対するフジコナカイガラトビコバチの反応についてはまだ不明な点が多いが、今後

解明が進むことにより、本種寄生蜂の活動時期や発生量をフェロモントラップによりモニタリングできる可能性があると考えられる。

一方、フジコナカイガラクロバチは誘引剤の有無に関係なく、また交信攪乱条件下でも捕殺された (Fig. 1, 2)。これらのことから、フジコナカイガラクロバチは性フェロモンに誘引されないと考えられた。しかしながら、フジコナカイガラクロバチの捕殺数は 100 頭以上とフジコナカイガラトビコバチよりも多く、偶然に捕殺されたとは考えにくい。本種がトラップの色などに誘引された可能性があるため、今後検討する必要がある。

また、今回確認されたフジコナカイガラムシ性フェロモンの寄生蜂 2 種に対する誘引性の違いは、フジコナカイガラムシの交信攪乱条件下において、フジコナカイガラトビコバチによるフジコナカイガラムシの密度抑制効果は期待できないが、フジコナカイガラクロバチによる密度抑制効果は期待できる可能性があることを示している。今後、フジコナカイガラムシの総合防除法の確立にむけ、交信攪乱条件下における両種寄生蜂の寄主に対する寄生性を解明する必要がある。

今回、フジコナカイガラムシの性フェロモントラップを用いて本種の主要な寄生蜂 2 種の誘引性を確認した結果、フジコナカイガラトビコバチは性フェロモンに誘引されるが、フジコナカイガラクロバチは誘引されないと考えられた。また、フェロモントラップにより、フジコナカイガラトビコバチの活動時期や発生量もモニタリングできる可能性が示された。今後、モニタリングに適したトラップの形状や設置場所などを検討するとともに、フジコナカイガラトビコバチの性フェロモンに対する誘引特性を解明する必要がある。

摘 要

フジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) の寄生蜂であるフジコナカイガラクロバチ *Allotropa subclavata* (Muesebeck) とフジコナカイガラトビコバチ *Anagyrus fujikona* (Tachikawa) に対する性フェロモンの誘引性を、フェロモントラップとプランクトラップを用いて現地カキ園にて調査した。フジコナカイガラトビコバチはフェロモントラップで捕殺されたがプランクトラップでは捕殺されなかったこと、交信攪乱条件下ではいずれのトラップにも捕殺されなかったことから、本種はフジコナカイガラムシの性フェロモンに誘引され、カイロモンとして利用していると考えられた。一方、フジコナカイガラクロバチは、いずれのトラップでも同様に捕殺され、この傾向は交信攪乱条件下でも変化しなかったことから、本種はフジコナカイガラムシの性フェロモンに誘引されないと考えられた。また、フジコナカイガラムシのフェロモントラッ

プを用いてフジコナカイガラトビコバチの誘殺数の変化を調査した結果、年 4 回の誘殺ピークがあり、6 月以降の誘殺ピークはフジコナカイガラムシの 2~3 齢幼虫の出現予測時期またはその前にあった。このことから、フジコナカイガラムシのフェロモントラップを用いることで、フジコナカイガラトビコバチも同時にモニタリングできる可能性が示された。

引 用 文 献

- Arai, T. and K. Mishiroy (2004) Development of *Allotropa citri* Muesebeck (Hymenoptera: Platygasteridae) and *Anagyrus subalbipes* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Pseudococcus cryptus* Hempel (Homoptera: Pseudococcidae). *Appl. Entomol. Zool.* 39: 505-510.
- Daane, K. M., R. D. Malalar-Kuenen and V. M. Walton (2004) Temperature-dependent development of *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae) as a parasitoid of the vine mealybug, *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae). *Biol. Control* 31: 123-132.
- Franco, J. C., E. B. Silva, E. Cortegano, L. Campos, M. Branco, A. Zada and Z. Mendel (2008) Kairomonal response of the parasitoid *Anagyrus* spec. nov. near *pseudococci* to the sex pheromone of the vine mealybug. *Entomol. Exp. Appl.* 126: 122-130.
- Gieselmann, M. J., R. E. Rice, R. A. Jones and W. L. Roelofs (1979) Sex pheromone of the San Jose scale. *J. Chem. Ecol.* 5: 891-900.
- 河合省三 (1980) 日本原色カイガラムシ図鑑. 全国農村教育協会, 東京. 455 pp. [Kawai, S. (1980) *Scale Insects of Japan in Colors*. Zennoukyou, Tokyo. 455 pp.]
- 大政義久 (1990) カンキツに寄生するコナカイガラムシ類の防除対策. 植物防疫 44: 256-259. [Ohmasa, Y. (1990) Ecology and control of the mealybugs on citrus trees. *Plant Prot.* 44: 256-259.]
- Roelofs, W., M. Gieselmann, A. Cardé, H. Tashiro, D. S. Moreno, C. A. Henrick and R. J. Anderson (1978) Identification of the California red scale sex pheromone. *J. Chem. Ecol.* 4: 211-224.
- 澤村信生・奈良井祐隆 (2008) フジコナカイガラムシおよびクワコナカイガラムシの発育と増殖能力に及ぼす温度の影響. 応動昆 52: 113-121. [Sawamura, N. and N. Narai (2008) Effect of temperature on development and reproductive potential of two mealybug species *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) and *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Hemiptera, Pseudococcidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 52: 113-121.]
- 柴尾 学・田中 寛 (2000) イチジクにおけるフジコナカイガラムシの発生消長と薬剤防除効果. 応動昆中国 42: 1-6. [Shibao, M. and H. Tanaka (2000) Seasonal occurrence of Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) on the fig, *Ficus carica* L. and control of the pest by insecticides. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. Chugoku Branch* 42: 1-6.]
- Sugie, H., M. Teshiba, Y. Narai, T. Tsutsumi, N. Sawamura, J. Tabata and S. Hiradate (2008) Identification of a sex pheromone component of the Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana). *Appl. Entomol. Zool.* 43: 369-375.

- 田中 学・小林正弘 (1971) フジコナカイガラムシ第2世代に対する *Allotropa subclavata* の放飼効果. 九病虫研会報 17: 74-77. [Tanaka, M. and M. Kobayashi (1971) Liberation of *Allotropa subclavata* (Hymenoptera, Platygasteridae) at the second generation of *Planococcus kraunhiae* (Hemiptera, Pseudococcidae) in a persimmon grove. *Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu* 17: 74-77.]
- 手柴真弓・堤 隆文 (2004) カキを加害するフジコナカイガラムシの天敵相. 福岡農総試報 23: 68-72. [Teshiba, M. and T. Tsutsumi (2004) The natural enemy complex of *Planococcus kraunhiae* injuring Japanese persimmons. *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 23: 68-72.]
- 手柴真弓・清水信孝・澤村信生・奈良井祐隆・杉江 元・佐々木力也・田端 純・堤 隆文 (2009) フジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) に対する性フェロモン成分による交信攪乱効果. 応動昆 53: 173-180. [Teshiba, M. N. Shimizu, N. Sawamura, N. Narai, H. Sugie, R. Sasaki, J. Tabata and T. Tsutsumi (2009) Use of sex pheromone to disrupt the mating of *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 53: 173-180.]
- 上野晴久 (1977) フジコナカイガラムシの生態と防除. 植物防疫 31: 159-164. [Ueno, H. (1977) Ecology and control of *Planococcus kraunhiae* (Kuwana). *Plant Prot.* 31: 159-164.]
- Zada, A., E. Dunkelblum, F. Assael, M. Harel, M. Cojocar and Z. Mendel (2003) Sex pheromone of the vine mealybug, *Planococcus ficus* in Israel: occurrence of a second component in a mass-reared population. *J. Chem. Ecol.* 29: 977-988.
- Zhang, A. and D. Amalin (2005) Sex pheromone of the female pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green): biological activity evaluation. *Environ. Entomol.* 34: 264-270.
-