フジコナカイガラムシの交信攪乱法が寄生蜂フジコナカイ ガラトビコバチの寄生に与える影響

手柴 真弓^{1)†}・田端 純²⁾

(¹⁾福岡県農林業総合試験場・²⁾農業・食品産業技術総合研究機構)

Influence of mating disruption method against *Planococcus kraunhiae* on the parasitism by its parasitoid wasp *Anagyrus fujikona*. Mayumi Teshiba^{1)†} and Jun Tabata²⁾ (¹⁾Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center; 587 Yoshiki, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan. ²⁾National Agriculture and Food Research Organization; 3-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan.)

Abstract

Anagyrus fujikona Tachikawa is a major parasitoid of the Japanese mealybug *Planococcus kraunhiae* (Kuwana), a pest of the Japanese persimmon, and uses the hosts' sex pheromone as a kairomonal cue for foraging behavior. Thus, mating disruption against the host using its synthetic pheromone may potentially affect the wasp's behavior. Here, however, we did not find significant decrease of the *A. fujikona* parasitism in plots with the mating disruption treatment against *P. kraunhiae* in a persimmon orchard, suggesting that there is no evidence of adverse influence of the mating disruption on the activity level of the indigenous natural enemy.

Keywords : Japanese mealybug (*Planococcus kraunhiae*), Japanese persimmon orchard, parasitism, synthetic sex pheromone, kairomone

緒 言

フジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (カメムシ目:コナカイガラムシ科)は福岡県内カキ栽培における重要害虫である。生息場所である果実とヘタの隙間は散布薬剤が到達しにくく防除が難しい。本種に対して、近年、合成性フェロモンを用いた交信攪乱剤の有効性が示された(手柴ら, 2009; 杖田, 2017)。交信攪乱法は、同種間の交信に用いられる性フェロモン成分を圃場に充満させることにより、対象種の配偶行動を阻害して次世代密度を抑制する方法で(Tabata, 2018)、本種に対する交信攪乱剤は現在農業登録に向けて準備中であり、農業登録後は本種に対しても広く使用されるものと期待される。

一方、本種には多くの土着天敵が存在しており(手柴・堤, 2004)、フジコナカイガラムシの密度抑制に

寄与しているものと考えられている。土着天敵のうち、3齢幼虫から成虫に寄生するとされる(田中・小林, 1971)フジコナカイガラトビコバチ *Anagyrus fujikona* Tachikawa (ハチ目:トビコバチ科)は、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ることから、これをカイロモンとして寄主探索に利用しているものと考えられる(杖田, 2014)。そのため、フジコナカイガラムシの交信攪乱剤の利用が本種の寄主探索行動に悪影響を及ぼし、結果としてフジコナカイガラムシの密度抑制効果が損なわれる可能性がある(杖田, 2014)。そこで、福岡県内のカキ栽培圃場において、フジコナカイガラムシの交信攪乱剤設置が本種の活動に及ぼす影響を調べた。

本研究の実施にあたり、調査に協力いただいた朝倉および久留米普及指導センターの果樹担当者、調査への協力および資材を提供していただいた信越化学工業株式会社の担当者各位に厚くお礼申し上げる。

† teshiba@farc.pref.fukuoka.jp

材料および方法

1. 交信攪乱剤

徐放性を有する赤褐色ポリエチレンチューブ（長さ約20cm）に、フジコナカイガラムシの性フェロモン成分である2-isopropylidene-5-methyl-4-hexen-1-yl butyrate を50mg 封入したもの（信越化学工業株式会社製、以下ディスペンサー）をすべての試験において用いた。

2. 試験方法

試験は、福岡県内の異なる現地3つのカキ栽培ほ場で実施した（Table 1）。試験ⅠおよびⅡはうきは市、試験Ⅲは朝倉市で、いずれの圃場も水田をカキ園に転換したカキ栽培地帯にあり、周辺にはカキ園のほかに雑木や民家が混在していた。処理区には、杖田（2017）に準じて前出のディスペンサー100本/10a 相当を偏りなくカキ樹枝に巻き付けるように設置した。試験ⅠおよびⅡでは越冬世代雄成虫発生前の2015年4月2日、試験Ⅲでは第1世代雄成虫発生前の2017年6月2日に設置し、翌年1月に回収した。試験Ⅰは処理区と対照区が約1 km 離れた別圃場、試験ⅡおよびⅢはそれぞれ1つの圃場を等分し、処理区および対照区として比較を行った。試験ⅠおよびⅡの処理区ではフジコナカイガラムシに登録のある薬剤の散布回数を数回削減した。薬剤防除の回数の違いが結果に反映された可能性が示唆されたので、同一の薬剤防除条件で試験Ⅲを行った（Table 2）。

3. 調査方法

カイロモントラップにおける捕獲数

フジコナカイガラトビコバチ雌成虫の発生量を調べるため、カイロモントラップにおける捕獲数を計測した。SEトラップ（サンケイ化学株式会社製）に設置した小型粘着板（クワシロカイガラムシ用：サンケイ化学株式会社製）上に、前述のフジコナカイガラムシ性フェロモン成分0.1mg を含む誘引剤（富士フレーバー株式会社製）を設置してカイロモントラップとした。処理区では交信攪乱剤の効果が最も安定と思われる区の中央の樹に、対照区では逆に交信攪乱剤の影響を受けにくいと思われる処理区から最も離れた位置の、処理区と同様の条件下の樹にそれぞれ1台ずつ、試験ⅠおよびⅡは2015年4月2日、試験Ⅲは2017年6月2日（いずれも処理区におけるディスペンサー設置日）に設置した。粘着板は2回/月、誘引剤は1回/

月の頻度で新しいものと交換し、回収した粘着板に捕獲されたフジコナカイガラムシの土着天敵類を計数した。なお、*Anagyrus* 属の雌成虫は形態から種を同定したが、雄成虫は粘着板に付着した状態では形態による種の識別が困難であるため *Anagyrus* 属雄成虫とした。各試験とも10月下旬まで調査を実施した。

寄生蜂類に寄生されたフジコナカイガラムシ数

カイロモントラップと同様、交信攪乱剤の効果および影響を考慮して処理区は中央部の3樹、対照区では処理区から最も離れた3樹を選び、各樹50～100果を観察してフジコナカイガラムシの生存虫およびマミーの数を調べた。2015年に実施した試験ⅠおよびⅡでは、各世代のフジコナカイガラムシ幼虫発生時期の6月24日（第1世代幼虫発生時期）、8月24日（同第2世代）、および10月20日（同第3世代）に、2017年に実施した試験Ⅲでは、ディスペンサーを設置した6月2日（第1世代ふ化時期）、および8月28日（第2世代幼虫発生時期）、10月24日（同第3世代幼虫）に調査を行った。

寄生種の確認

試験Ⅱでは2015年7月28日に、試験Ⅲでは2017年7月24日、8月8日および8月28日に、調査樹に隣接する樹からフジコナカイガラムシの生存虫およびマミーを採集した。予備調査では、寄生された寄主を25°Cで飼育すると約3週間でフジコナカイガラトビコバチが羽化したことから、試験Ⅱでは採集した個体をプラスチックシャーレ（直径3.5cm×高さ1 cm）内に収容し、3週間以内に羽化した蜂を種別に計数した。試験Ⅲでは、PCR用8連チューブ（0.2ml）内に個体ごとに収容し、約2ヶ月後まで観察して羽化した蜂の数と死斃りを確認した。いずれの試験においても、採集後は餌を与えずに25°C自然日長条件下に置いた。

統計処理

各調査日において、調査樹（ $N=3$ ）上で観察されたマミーの数を処理区－対照区間で比較するために、log リンク関数を用いた一般化線形モデル（GLM）によるポアソン回帰を実施した。その際、観察された寄主個体数をオフセット項としてモデルに含めた。また、寄生蜂のうちフジコナカイガラトビコバチの割合はFisherの正確確率検定により比較した。統計解析にはR version 3.2.5（R Development Core Team, 2016）を用いた。

Table 1. Details of the experimental fields

Test No.	Year	Date of MD ^{a)} treatment	MD treatment area (a)	Without-MD plot
I	2015	Apr. 2	7	Orchard 1 km from the treatment plot
II	2015	Apr. 2	6.5	Orchard adjacent to the treatment plot
III	2017	Jun. 2	5	Orchard adjacent to the treatment plot

a) MD: mating disruption for *Planococcus kraunhiae*.

Table 2. Pesticides used in the experimental fields

Test I

Date of spray	Pesticide active ingredient			Dilution
	MD ^{a)} treatment plot	Without-MD plot	concentration	
Apr. 11	– ^{b)}	Buprofezin*	25 %	1, 000
Apr. 21	–	Acetamiprid*	20	2, 000
May 1	–	Thiacloprid*	30	5, 000
May 1	Chlorantraniliprole		10	5, 000
May 7	Acetamiprid*		20	2, 000
May 19	Flubendiamide		18	4, 000
May 26	Pyrifluquinazon*		20	2, 000
Jun. 4	Acetamiprid*		20	2, 000
Jun. 13	Pyrifluquinazon*		20	2, 000
Jun. 25	Methidathion*		36	1, 500
Jul. 18	Flubendiamide		18	4, 000
Aug. 11	Dinotefuran*		20	2, 000
Aug. 28	Dinotefuran*		20	2, 000
Sep. 11	Bifenthrin		72	4, 000

Test II

Date of spray	Pesticide active ingredient			Dilution
	MD treatment plot	Without-MD plot	concentration	
Apr. 18	–	Buprofezin*	25 %	2, 000
Apr. 18	–	Acetamiprid*	20	1, 000
May 27	Pyrifluquinazon*		20	2, 000
Jun. 7	Acetamiprid*		20	2, 000
Jun. 20	Pyrifluquinazon*		20	2, 000
Jul. 2	Methidathion*		36	1, 500
Jul. 29	Flubendiamide		18	4, 000
Aug. 11	Dinotefuran*		20	2, 000
Aug. 28	Silafuofen		20	2, 000

Test III

Date of spray	Pesticide active ingredient			Dilution
	MD treatment plot	Without-MD plot	concentration	
Apr. 20	Buprofezin*		25 %	1, 000
Apr. 28	Acephate*		50	1, 000
May 2	Chlorantraniliprole		10	5, 000
Jun. 3	Acetamiprid*		20	2, 000
Jun. 18	Pyrifluquinazon*		20	2, 000
Jul. 2	Acetamiprid*		20	2, 000
Jul. 17	Methidathion*		36	1, 500
Aug. 1	Chlorantraniliprole		10	5, 000
Sep. 9	Dinotefuran*		20	2, 000

a) MD: mating disruption for *P. kraunhiae*. b) – : not treated. *: effective insecticide against *P. kraunhiae*.

Table 3. Total number of *Anagyrus* wasps captured by traps baited with the synthetic pheromone of *P. kraunhiae* in mating disruption (MD)-treated fields

Test No.	Duration	Treatment	<i>A. fujikona</i> female	<i>A. subnigricornis</i> female	<i>A. spp.</i> male ^{a)}
I	Apr. 2 to Oct. 20, 2015	MD	0	0	0
		Without-MD	1	0	0
II	Apr. 2 to Oct. 20, 2015	MD	4	0	4
		Without-MD	1	0	1
III	Jun. 2 to Oct. 26, 2017	MD	0	0	0
		Without-MD	2	1	1

a) Unidentified male wasps of the genus *Anagyrus*.

結 果

カイロモントラップにおけるフジコナカイガラムシの寄生蜂類の総捕獲数を Table 3 に示した。試験Ⅲでは、対照区でのみフジコナカイガラムシの寄生蜂類であるフジコナカイガラトビコバチおよびツノグロトビコバチ *Anagyrus subnigricornis* Ishii の雌成虫、*Anagyrus* 属の雄成虫が、試験Ⅰでも対照区でのみフジコナカイガラトビコバチ雌成虫が捕獲された。一方、試験Ⅱではフジコナカイガラトビコバチの雌成虫と *Anagyrus* 属の雄成虫が処理区では各4頭捕獲された。

調査樹上で観察されたフジコナカイガラムシのうち、トビコバチに寄生された個体の数（マミー頻度）を Fig. 1 に示した。第1世代の調査（初期条件の調査）でもほとんどマミーは確認されなかったが、第2世代および第3世代の調査ではマミーが増加した。特に処理区では対照区に比べてマミーが増える傾向にあり、ポアソン回帰分析によれば試験Ⅰ・Ⅱの第2世代および第3世代 ($p < 0.001$)、試験Ⅲの第3世代 ($p = 0.00830$) で区間に有意差が認められた。

試験ⅡおよびⅢにおいて、試験圃場から採集したフジコナカイガラムシ生存虫およびマミーから得られた蜂の種類を調べた (Table 4)。試験Ⅱにおいて、処理区では調査個体の90%を占める18頭のフジコナカイガラトビコバチが羽化し、対照区 (33.3%) に比べて有意に多かった (フィッシャーの正確確率検定, $p < 0.001$)。一方、試験Ⅲでは3回採集を行ったが、いずれの調査においても羽化したフジコナカイガラトビコバチの割合に区間で有意差は認められなかった。なお、試験Ⅲの第3世代では、フジコナカイガラムシの密度が低下したため十分な個体数が採集できず、寄生蜂類の種構成を調査することはできなかった。

考 察

交信攪乱剤処理下では、フジコナカイガラムシの重要な土着天敵であるフジコナカイガラトビコバチの寄主探索行動が阻害されることにより、フジコナカイガラムシの寄生は減少すると予想していた。実際に、試験Ⅰおよび試験Ⅲでは処理区のトラップにトビコバチ類は捕獲されなかったことから、寄主の手掛かりであるカイロモンに対する反応行動が干渉されたと考えられる。しかし、試験Ⅰでは処理区において対照区よりも早い第1世代からマミーが確認され、第2および第3世代には対照区よりも処理区においてマミー頻度が高くなったことから、交信攪乱剤の使用がトビコバチ類の寄生効率に悪影響を及ぼすことを示唆する結果は認められなかった。ただし、寄生蜂類の種を特定できなかったため、フジコナカイガラトビコバチに対する影響は判然としなかった。そこで、試験Ⅱでは樹上からフジコナカイガラムシ生存虫およびマミーを採集し、蜂を羽化させることで寄生した種を同定した。また、試験Ⅰの処理区と対照区は同一園主の圃場ではあるものの、その環境差異が試験結果に影響した可能性を排除できなかった。そこで、試験Ⅱでは同一圃場において試験を実施したが、試験Ⅰと同様に第2および第3世代のマミー頻度は対照区に比べて処理区で高くなった。さらに、7月28日に処理区の樹上から採集したフジコナカイガラムシ生存虫およびマミーからは対照区に比べて有意に多くのフジコナカイガラトビコバチが羽化したことから、フジコナカイガラムシの交信攪乱剤はフジコナカイガラトビコバチの活動に悪影響を及ぼすとは言えず、むしろその寄生効率を上昇させる可能性があることが示唆された。試験Ⅲではフジコナカイガラムシが均一に発生し、同一の殺虫剤管理をしている圃場に処理区と対照区を配置した。この試験では越冬世代が非常に少なかったため、第1世代ではいず

れの区でもマミーは確認されなかったが、その後徐々に増加し、第3世代では処理区において対照区よりも有意に多くのマミーが観察された。また、試験Ⅲの第1世代から第2世代にかけて採集したフジコナカイガラムシから得られた寄生蜂類の中には、いずれの時期

においても処理区でフジコナカイガラトビコバチが含まれており、全寄生蜂数に占めるその割合には対照区と比較して有意な差が認められなかった。総じて、フジコナカイガラトビコバチを含むトビコバチ類の寄生に交信攪乱剤が悪影響を及ぼすことを示唆する結果は

Fig. 1. Number of parasitic wasps harboring in mealybugs(mummies)observed in plots treated with and without mating disruption(MD). Lines represent the mean of three trees per plot ($N=3$, Number of *P. kraunhiae* was from 29 to 511 per plot). **, *** or ns indicate significant differences or non-significant differences between the plots; GLM likelihood ratio tests approximated with a chi-square distribution, $P < 0.01$, $P < 0.001$ or $P > 0.05$, respectively.

Table 4. *Anagyrus* wasps that emerged from *P. kraunhia*e collected in orchards treated with and without mating disruption (MD).

Test	Date of collection		N ^{a)}	<i>A. fujikona</i>		<i>A. subnigricornis</i>		Unknown ^{b)}	% <i>A. fujikona</i> in total parasitoid	<i>P</i> value of Fisher's exact test
				Female	Male	Female	Male			
II	Jul. 28,	MD	20	11	7	1	0	1	90.0	< 0.001
	2015	Without-MD	18	3	3	11	0	1	33.3	
III	Jul. 24,	MD	30	10	6	9	0	5	53.3	0.534
	2017	Without-MD	14	7	2	1	0	4	64.3	
	Aug. 8,	MD	15	4	3	1	0	7	46.7	0.379
	2017	Without-MD	8	5	1	0	1	1	75.0	
	Aug. 28,	MD	5	0	2	1	0	2	40.0	0.615
	2017	Without-MD	19	7	5	2	0	5	63.2	

a) N represents the number of examined *P. kraunhia*e harboring the parasitoid.

b) Unknown indicates death occurred in the mummy.

得られなかった。したがって、フジコナカイガラムシの交信攪乱剤を使用した場合においても、土着の寄生蜂類による防除効果を期待できないわけではないと考えられる。

杖田 (2014) は、フジコナカイガラムシの性フェロモンに誘引されるため、フジコナカイガラトビコバチはフジコナカイガラムシに対する交信攪乱条件下において密度抑制効果が期待できない可能性を示唆している。しかし、本研究で対象としたフジコナカイガラトビコバチを含む寄生蜂類では、フジコナカイガラムシの合成フェロモンを有効成分とする交信攪乱剤を使用した処理区においても、これを使用しなかった対照区と同等以上の寄生行動が観察された。フジコナカイガラトビコバチは主としてフジコナカイガラムシ3齢幼虫から成虫に産卵すると考えられており (田中・小林, 1971), 処女雌のみが放出する性フェロモンに完全に依存して寄主を探索しているわけではなく、別の化学物質や視覚情報なども利用していると考えられる。このようなカイロモン以外の情報についてもさらなる研究が待たれる。

本研究で実施したいずれの試験においても、カイロモントラップに捕獲されたフジコナカイガラトビコバチの数が、岐阜県の報告 (杖田, 2014) と比べ非常に少なかった。この要因は不明であるが、フジコナカイガラトビコバチなどの寄生蜂を含む土着天敵の利用を推進するためには、寄主のフェロモンをはじめとする誘引物質を利用した天敵相調査を様々な地域で実施する必要があるだろう。

手柴・堤 (2004) によると、福岡県内におけるツノグロトビコバチの発生量はそれほど多くないが、本調査では対照区のカイロモントラップに1頭捕獲されており、寄生種調査においても調査個体の約2割を占め

た。フジコナカイガラムシ性フェロモンの本種に対する誘引性は明らかとなっていないが、これについても今後検証が必要である。

引用文献

- R Development Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Tabata, J. (2018) Mating disruption: concepts and keys for effective application. In *Chemical Ecology of Insects: Applications and Associations with Plants and Microbes* (J. Tabata ed.). CRC Press, Boca Raton, pp. 197-233.
- 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 *Allotoropa subclavata* の放飼効果. 九病虫研会報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. 福岡農総試研報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 kraunhia*e (Kuwana) (カメムシ目: コナカイガラムシ科) 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.
- 杖田浩二 (2014) 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. 応動昆58: 147-152.
- 杖田浩二 (2017) 性フェロモンによるフジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhia*e (Kuwana) (カメムシ目: コナカイガラムシ科) の防除効果. 関西病虫研報59: 33-40.

(2019年4月17日受領, 9月17日受理)