

茶園におけるナガチャコガネに対する性フェロモンを用いた 交信攪乱の試み^{†1}

小澤朗人¹⁾・内山 徹²⁾

¹⁾農林大学校, ²⁾農林技術研究所茶業研究センター

Communication Disruption with Synthetic Sex Pheromones in the Yellowish Elongate Chafer, *Heptophylla picea* Motschulsky (Coleoptera: Scarabaeidae), in Tea Fields

Akihito Ozawa¹⁾ and Toru Uchiyama²⁾

¹⁾Shizuoka Pref. Agri. and For. College., ²⁾Tea Research Center / Shizuoka Res. Inst. of Agri. and For.

Abstract

Over several years and using various treatment methods, we conducted communication disruption field tests with the synthetic sex pheromone (Z)-7,15-hexadecadien-4-olide on the yellowish elongate chafer, *Heptophylla picea* Motschulsky (Coleoptera: Scarabaeidae), in commercial tea fields. In the tests using a pheromone-impregnated rubber septum as a pheromone release source, the effectiveness was confirmed with a release rate of > 10 mg/rubber septum. In addition, in the tests with approximately 555 pieces/10 a, the attraction inhibition rates caused by pheromone traps were 82.6%–96.0%, and the mating inhibition rates of adult females were 15.0%–54.5%. In the tests using rope-type dispensers (ropes 116 to 196 m/10 a), the attraction inhibition rates were 52.2%–85.8%. In the tests using seed tape-type dispensers (equivalent to rope-type dispensers 66 m/10 a), the attraction inhibition rate was 76.5%, and the mating inhibition rates were 32.0 to 59.7%. In all of the tests, the suppression effects on the next generation larval density and damage to the first new tea shoots in the following year were not clear. These results suggest that the control effect of communication disruption using sex pheromones against *H. picea* is not sufficient at present.

キーワード：チャ, ナガチャコガネ, 交信攪乱, コウチュウ, フェロモン

I 緒 言

チャを加害するナガチャコガネ *Heptophylla picea* Motschulsky (コウチュウ目：コガネムシ科)は、静岡県では牧之原地域などで問題となっている^{5,11,15,22)}。本種によるチャの被害は、幼虫による根の食害^{5,11,22)}にとどまらず、更新茶園における成虫による再生芽の食害も報告されている¹⁵⁾。一方、本種に対する防除は、土壌中の幼虫を対

象としたMEP乳剤のかん注処理や主に成虫を対象としたテフルトリン粒剤の土壌混和処理、あるいはMEP乳剤の散布による成虫防除に限られており、現場では散布規制など様々な制約もあって既存の薬剤による防除効果は必ずしも十分ではない^{5,13,17)}。

ところで、チャ害虫のハマキガ類では合成性フェロモンを用いた交信攪乱法が実用化されている^{10,12)}。交信攪乱法は環境調和型農業の実現を目指す上で有望な技術¹⁹⁾として着目され、様々な害虫で開発と実用化が進んでい

^{†1} 本研究の一部は、平成23、24、25年度茶業技術研究発表会(2011年11月、京都市；2012年11月、島田市；2013年11月、島田市)において発表した。

る^{8,9,19)}。近年は、普及が進むハマキガ類などのチョウ目害虫以外でもカメムシ目のフジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana)²⁰⁾やコウチュウ目のケブカアカチャコガネ *Dasylepida ishigakiensis* Nijima et Kinoshita⁹⁾などで開発が進んでいる。ナガチャコガネの性フェロモン^{3,4)}については、トラップによるモニタリング法は実用化^{4,14)}しているものの、交信攪乱による防除法の開発は未着手である。ナガチャコガネ成虫の発生時期は例年6月のほぼ1ヶ月間に限られる^{11,22)}うえ、静岡県の個体群は雌成虫の大部分が飛翔筋を持たずに飛翔できない^{5,20)}。そのため、交信攪乱法の実施時期は1ヶ月程度の短期間でかつ圃場単位の小面積処理でもその効果が期待できるので、交信攪乱法が実用化されれば薬剤防除に代わる重要な防除手段になり得る。

そこで、本研究では、ナガチャコガネの合成性フェロモンを使った交信攪乱法について、処理量や処理方法を様々に変えた試験を現地茶園で複数年にわたって行ったので、その結果を報告する。

Ⅱ 材料及び方法

1 試験場所と処理方法

2011年から2014年に静岡県内のナガチャコガネの発生が確認されている現地茶園で試験を実施した。各試験の場所、処理面積、フェロモン剤の処理方法等の概要を表1に示す。

交信攪乱処理では、信越化学工業株式会社に提供していただいたナガチャコガネの合成性フェロモン(*Z*)-7,15-hexadecadien-4-olide⁹⁾を用いた。モニタリングトラップ用のフェロモンルアーも信越化学工業から提供いただいた。

(1) 2011年の試験

島田市湯日地区のナガチャコガネ常発茶園で実施した。交信攪乱用のフェロモン剤として、灰色ゴム製セプタム(以下、ゴムセプタム)に1個あたり1mg, 10mg, 30mgそれぞれの量のフェロモンを含浸させたものを供試した(それぞれ試験1, 2, 3とする)。ナガチャコガネの成虫発生初期の6月8日に、一番茶摘採後に更新された茶園のチャ枝の先端にうねに沿って1.8m間隔で1個づつ(約308個/10a)、ゴムセプタムをステープラーで取り付け付けた(図1)。同時に、それぞれの試験区に隣接する別圃場(ただし、園主は処理区と同一)にフェロモン剤無設置区(対照区)を設定した。

(2) 2012年の試験

島田市湯日地区(前年試験圃場とは園主と場所が異なる)および牧之原市坂部地区で実施した(それぞれ試験4, 5

とする)。前年の試験結果から、ゴムセプタムあたりフェロモン成分10mg以上で比較的明瞭な誘引阻害効果が確認されたため、10mg/個含浸のゴムセプタムを使用し



図1 ナガチャコガネの合成性フェロモンを含浸させたゴムセプタムをチャ枝に設置した様子

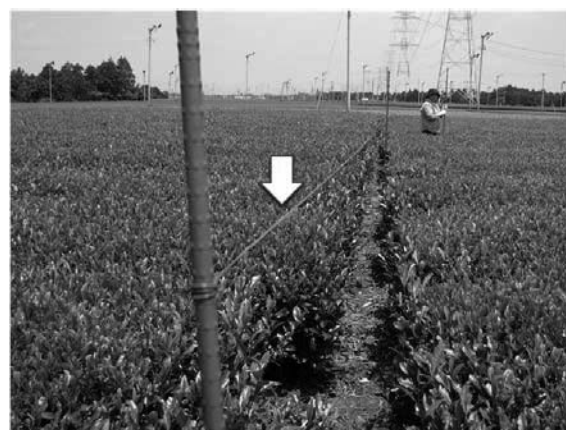


図2 ナガチャコガネのロープ状フェロモン製剤を設置した様子(試験8)。矢印下はロープ状製剤



図3 ナガチャコガネの交信攪乱用シーダーテープ製剤を設置した様子(試験9)。左下囲み写真はシーダーテープ製剤の拡大図で、中央にフェロモン成分を格納したディスプレインサーが見える

表 1 茶園におけるナガチャコガネに対する交信攪乱試験の概要

試験No.	試験年	フェロモン 剤設置日	場所	処理区面積 (㎡)	フェロモン剤の形状	フェロモンの処理量 (原体推定投下量g/10a) ¹⁾	一番茶摘採 後の更新	備考
1	2011	6月8日	島田市湯日	350	ゴム製セブタム	1mg/セブタム, うね沿1.8m間隔(0.31)	有り	
2	2011	6月8日	島田市湯日	350	ゴム製セブタム	10mg/セブタム, うね沿1.8m間隔(3.1)	有り	
3	2011	6月8日	島田市湯日	350	ゴム製セブタム	30mg/セブタム, うね沿1.8m間隔(9.3)	有り	
4	2012	6月1日	島田市湯日	518	ゴム製セブタム	10mg/セブタム, うね沿1m間隔(5.6)	有り	
5	2012	6月1日	牧之原市坂部	450	ゴム製セブタム	10mg/セブタム, うね沿1m間隔(5.6)	有り	
6	2013	6月4日	島田市湯日	518	ロープ状製剤	116m/10a(28.1)	無し	処理区対照区ともに テフルトリン粒剤散布
7	2013	6月4日	牧之原市坂部	470	ロープ状製剤	196m/10a(47.5)	無し	
8	2013	6月4日	牧之原市大寄原	470	ロープ状製剤	133m/10a(32.2)	無し	
9	2014	6月3日	菊川市本所	945	シーダーテープ製剤	ロープ状製剤66m/10a相当(16.0)	有り	

1) 推定投下量は, うねの長さを555m/10aとして計算した

た. これらを, 6月1日に前年と同様の方法でうねに沿って 1m 間隔で更新茶園のチャ枝の先端に取り付けた(約 555 個/10a). 対照区は前年同様に設定した.

(3) 2013 年の試験

島田市湯日地区(2012 年の圃場と同じだが, 処理面積はやや縮小), 牧之原市坂部地区(2012 年と同じ圃場), および牧之原市大寄原地区で実施した(それぞれ試験 6, 7, 8 とする). 交信攪乱用フェロモン剤はロープ状製剤を用いた. 6月4日にロープ状製剤を摘採面上約 20~30cm の高さになるように園芸用支柱を利用してできるだけ水平を保つように張った(図 2). 湯日地区と坂部地区の試験圃場ではすべてのロープをうね 4 本ごとの等間隔にうねに平行に設置したが, 大寄原地区では試験区を囲むように設置したため, 一部はうね方向に対して垂直に設置した. 対照区は前年同様に設定した. 使用したロープ製剤は 116~196m/10a であった.

なお, 牧之原市坂部(試験 7)では, 6 月上旬のトラップ調査開始前に両区にテフルトリン粒剤 9kg/10a が土壤混和処理された.

(4) 2014 年の試験

菊川市本所地区の更新茶園で実施した(試験 9). 試験圃場は, 例年著しい被害が発生するナガチャコガネの常発茶園である. フェロモン剤は新たに開発されたシーダーテープ製剤を用いた. 本製剤は, フェロモン成分を含有した長さ 1cm のディスペンサーを 15cm 間隔でシーダーテープ(一般名: シード・テープ)に埋め込んだ製剤である(図 3). 紐状の本剤を, うねに平行に約 1m 間隔で摘採面の高さに張った(図 3). 対照区は, 同一園主の隣接圃場に設定した.

2 調査方法

(1) フェロモントラップによる成虫誘殺数

試験区と対照区にコガネムシ用の衝突板が着いたファネルトラップ(富士フレイバー株式会社製・ニューウインズパック[®])を 1 台もしくは 2 台を圃場中心に設置した. 衝突板の位置は摘採面よりやや上部になるように調整した. 調査は, 交信攪乱処理当日から成虫の発生が終息した 7 月中旬まで実施し, 概ね 1~3 日間隔でトラップに誘殺されたナガチャコガネ雄成虫を数えた. なお, ルアーには交信攪乱試験でのフェロモン剤と同じフェロモン成分 10mg を含浸したゴムセブタムを用いている.

(2) 交尾率

交信攪乱による交尾阻害効果を確認するために, 成虫発生盛期に雌成虫の交尾率を処理区と対照区で調べた. 雌成虫は夕暮れ時以降に地上部に出現してチャ枝の先端などにつかまりコーリング姿勢をとる(図 4). 各試験とも夕暮れ後の午後 6 時半~8 時の間の約 30 分間を目処に,



図 4 コーリング姿勢をとる雌成虫(上)と交尾中の雌雄(下)

コーリング姿勢中の単独雌(未交尾雌)と雄成虫と交尾している交尾雌(図4)をうね間を歩きながら目視で分けて数え、その時点での交尾率を算出した。2011年の試験1~3では6月中旬に1回、2012年の試験4、5および2014年の試験9では6月中に間隔をあけて2回調査を実施した。なお、2013年の試験6~8では、試験区は更新茶園ではないため葉層があり交尾雌の目視が困難であったため、本調査は行わなかった。

(3) 次世代幼虫密度

交信攪乱による密度抑制効果を確認するために、処理次世代の幼虫密度を掘り取り調査により調べた。すなわち、11月下旬と翌年4月上中旬の2回、ランダムに選んだ各区10カ所(試験1~8)もしくは15カ所(試験9)の雨落ち部の土・約25cm立方をスコップで彫り上げ、土中のナガチャコガネ幼虫の数を数えた。

(4) 処理翌年の一番茶芽の被害

2011年、2012年の試験1~5については、各区のうねごとに一番茶芽の伸長抑制が確認できる場所の面積率を目視で算出し、全体を合算して被害面積率とした。2013年、2014年の試験6~9については、達観で一番茶芽の生育状況を調査した。

3 統計処理

統計処理には、マイクロソフトエクセルのアドインソフト Statcel4²³⁾を用いた。

Ⅲ 結 果

1 フェロモントラップによる雄成虫の誘殺消長と誘引阻害効果

各試験におけるフェロモントラップによる日あたり雄成虫誘殺数を図5~8に示す。また、各区の総誘殺数に基づいて誘引阻害率 = (対照区誘殺数 - 処理区誘殺数) / 対照区誘殺数、を試験ごとに算出した(表2)。

(1) 試験1~3(2011年)

試験を開始した6月8日には、成虫がすでに発生していたが、いずれの試験でも6月14~15日に誘殺ピークとなり7月上旬には終息した。試験1では処理区、対照区ともにほぼ同じ消長を示した。試験2および3では、ともにピーク時の誘殺数は処理区が対照区の1/3以下と少なかった。しかし、試験後半の6月20日以降になると、処理間に誘殺数の差はなかった(図5)。

誘引阻害率については、試験1では19.8%と低かったが、試験2および3で67.2%、62.2%を示し(表2)、うね

に沿った1.8m間隔の処理では10mg/ゴムセプタム以上の処理量で誘引阻害効果が高まることが確認された。

(2) 試験4、5(2012年)

雄成虫の誘殺消長では、試験4および5ともに6月16日に明瞭なピークを示した。その後は一旦減少したが6月20日に再び増加し、7月上旬には終息した。ピーク時の処理区における誘殺数は、試験4は対照区の1/6、試験5では1/9と少なかった。しかし、終盤の6月25日以降

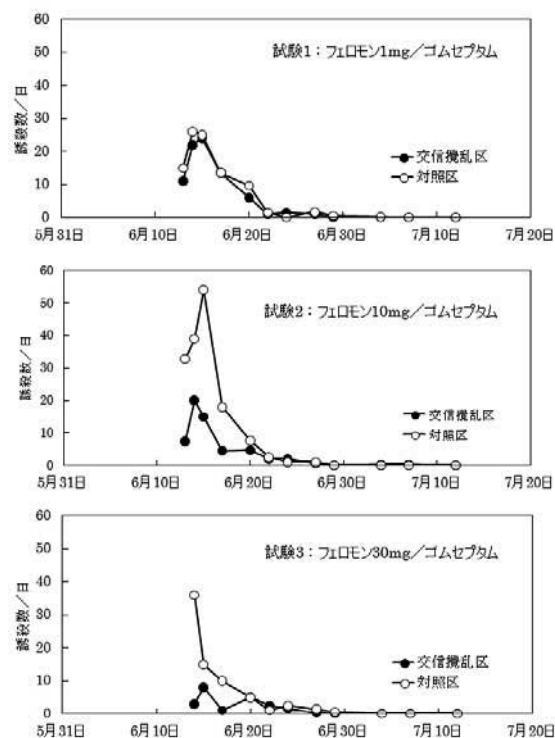


図5 試験1~3におけるフェロモントラップによるナガチャコガネ雄成虫の誘殺消長(2011年)

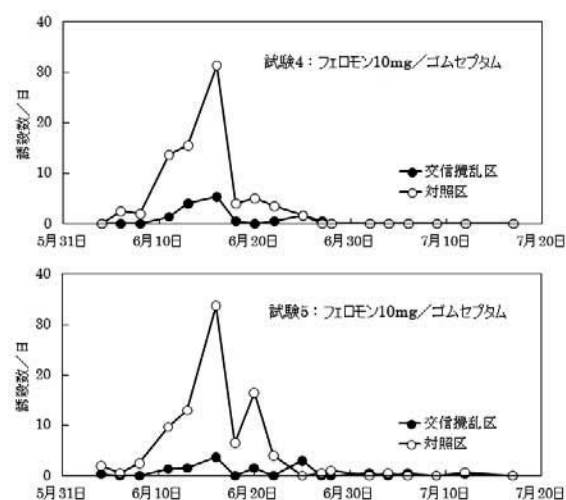


図6 試験4、5におけるフェロモントラップによるナガチャコガネ雄成虫の誘殺消長(2012年)

になると誘殺数はごく少なくなり、処理区間の誘殺数の差はなかった(図 6)。

誘引阻害率は、試験 4 で 96.0%、試験 5 では 82.6%を示し、ともに比較的高い誘引阻害効果が認められた。

(3) 試験 6～8(2013 年)

雄成虫の誘殺消長では、いずれの試験でも 6 月中旬に複数のピークが認められ、7 月上旬には終息した。試験 6 では、対照区のピーク時においても処理区の誘殺数はほとんど認められなかったものの、6 月 12 日に一時的に 6.5 頭/日の誘殺が認められた。全区にテフルトリン粒剤が散布されて成虫の防除が行われた試験 7 では、両区とも

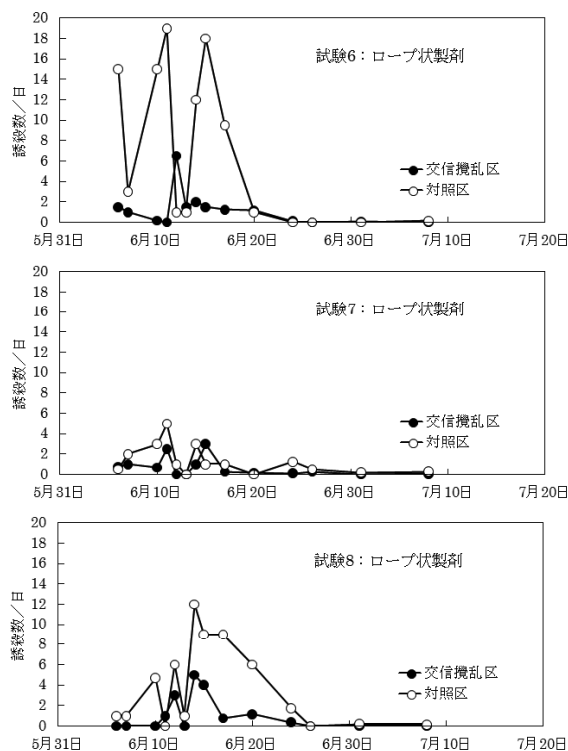


図 7 試験 6～8 におけるフェロモントラップによるナガチャコガネ雄成虫の誘殺消長(2013 年)

表 2 各試験における交信攪乱区での誘引阻害率

試験No.	調査期間	雄成虫誘殺数		誘引阻害率%
		交信攪乱区 ¹⁾	対照区	
1	2011年 6月8日～7月12日	154	192	19.8
2	2011年 6月8日～7月12日	107	326	67.2
3	2011年 6月8日～7月12日	37	98	62.2
4	2012年 6月1日～7月17日	9	224	96.0
5	2012年 6月1日～7月17日	35	201	82.6
6	2013年 6月4日～7月8日	21.5	151	85.8
7	2013年 6月4日～7月8日	11.5	33	65.2
8	2013年 6月4日～7月8日	13.5	90	85.0
9	2014年 6月3日～7月3日	16	68	76.5

1) 試験 6～8 の交信攪乱区は、2トラップの平均値

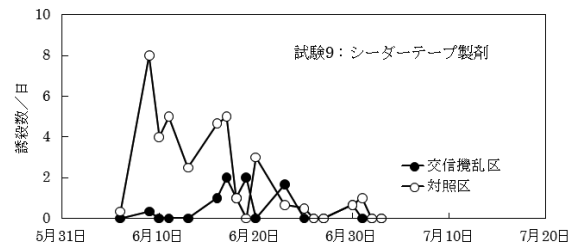


図 8 試験 9 におけるフェロモントラップによるナガチャコガネ雄成虫の誘殺消長(2014 年)

に誘殺数が他の試験よりも少なく推移し、処理区間の誘殺数の差は小さかった。試験 8 では処理区のピーク時の誘殺数は対照区のその 40%程度であった。(図 7)。

誘引阻害率は、試験 6 と 8 ではそれぞれ 85.8%、85.0%と 80%以上のやや高い値を示したが、テフルトリン粒剤が散布された試験 7 では 65.2%であった。

(4) 試験 9(2014 年)

雄成虫の誘殺消長は両区ともに複数のピークが認められ、7 月上旬には終息した(図 8)。対照区では 6 月 9 日に最大ピークが認められ、処理区は 6 月 17 日と 19 日が最大ピークであった。6 月第 3 半旬までは、処理区では誘殺がほとんど認められなかったものの、後半の 6 月第 4 半旬以降になると両区の誘殺数が逆転する日も出現した。シーダーテープ製剤を用いた本試験では、誘引阻害率は 76.5%であり(表 2)、ゴムセプタムによる試験 4、5、ロープ状製剤による試験 6、7 よりも誘引阻害効果はやや低かった。

2 交尾率と交尾阻害効果

交信攪乱による雌成虫の交尾阻害効果は交尾阻害率、すなわち、 $\text{交尾阻害率} = (\text{対照区交尾率} - \text{処理区交尾率}) / \text{対照区交尾率}$ を算出して判定した。表 3 に雌成虫の交尾率と交尾阻害率を示す。

(1) 試験 1～3(2011 年)

交尾阻害率は試験 1 と 3 ではそれぞれ 16.0%、12.2%と低かったが、試験 2 ではやや上昇して 31.3%を示した。なお、交尾率については、いずれの試験でも処理区間で有意差が認められた(χ^2 検定, $p < 0.01$)。

(2) 試験 4、5(2012 年)

試験 4 では 6 月 11 日の調査で交尾阻害率は 15.0%と低かったが、6 月 22 日の調査では 54.5%に高まっ

表3 各試験における雌成虫の交尾率と交尾阻害率

試験 No.	調査年月日	交信攪乱区			対照区			交尾阻害率% ¹⁾
		交尾雌数	未交尾数	交尾率%	交尾雌数	未交尾数	交尾率%	
1	2011年6月14日	89	30	74.8	97	12	89.0	16.0 **
2	2011年6月14日	37	25	59.7	66	10	86.8	31.3 **
3	2011年6月14日	116	29	80.0	164	16	91.1	12.2 **
4	2013年6月11日	151	85	64.0	64	21	75.3	15.0 n.s.
4	2013年6月22日	420	1319	24.2	552	488	53.1	54.5 **
5	2013年6月11日	128	116	52.5	152	37	80.4	34.8 **
5	2013年6月22日	231	689	25.1	261	500	34.3	26.8 **
9	2014年6月10日	25	56	30.9	59	18	76.6	59.7 **
9	2014年6月17日	221	264	45.6	242	119	67.0	32.0 **

1) **: χ^2 検定で処理間有意差有り ($p<0.01$), n.s.: 有意差なし ($p>0.05$)

た。また、処理区と対照区の交尾率は6月11日が64.0%と75.3%であったのに対して、6月22日は24.2%と53.1%と低下していた。雌密度は後半の調査時の方が高い傾向がみられた。

試験5での交尾阻害率は、6月11日の調査で34.8%、6月22日の調査で26.8%であった。また、処理区と対照区の交尾率は6月11日が52.5%と80.4%であったのに対して、6月22日は25.1%と34.3%に両区とも低下していた。雌密度は後半の調査時の方が高い傾向がみられた。

(3) 試験9(2014年)

試験9での交尾阻害率は、6月10日の調査で59.7%、6月17日の調査で32.0%であった。また、処理区と対照区の交尾率は6月10日が30.9%と76.6%、6月17日は45.6%と67.0%であった。雌密度は後半の調査時の方が高い傾向がみられた。

3 次世代幼虫密度と防除率

各区の掘り取り合計幼虫数に基づいて、防除率=(対照区幼虫数-処理区幼虫数)/対照区幼虫数を算出した。表4に次世代幼虫密度と防除率を示す。

(1) 試験1~3(2011年)

試験1では、11月の調査で処理区4頭、対照区1頭が確認されたのみで防除効果は認められなかった。試験2では、対照区が6頭または3頭であったのに対して処理区ではいずれの調査でも0頭であり、防除率は100%となった。試験3では、対照区が2頭または1頭であったのに対して処理区ではいずれも0頭であり、防除率は100%となった。

(2) 試験4, 5(2012年)

試験4では、11月の調査で処理区4頭、対照区3頭が、4月の調査で同様に2頭、3頭であり、防除効果はほぼ認められなかった。

試験5では、11月の調査で処理区4頭、対照区2頭が、4月の調査で同様に14頭、10頭であり、防除率は0で防除効果は認められなかった。

(3) 試験6~8(2013年)

試験6では、11月の調査で処理区1頭、対照区0頭が、4月の調査で同様に1頭、2頭であり、幼虫密度が低く防除効果は判然としなかった。

試験7では、11月の調査で処理区2頭、対照区0頭が、4月の調査で同様に1頭、0頭であり、防除率は0であった。

表4 各試験における次世代幼虫密度と防除率

試験 No.	調査年月日	幼虫数/10カ所掘り取り		防除率% ¹⁾
		交信攪乱区	対照区	
1	2011年11月17日	4	1	0
1	2012年4月18日	0	0	-
2	2011年11月17日	0	6	100
2	2012年4月18日	0	3	100
3	2011年11月17日	0	2	100
3	2012年4月18日	0	1	100
4	2012年11月22日	4	3	0
4	2013年4月4日	2	3	33.3
5	2012年11月22日	4	2	0
5	2013年4月4日	14	10	0
6	2013年11月27日	1	0	0
6	2014年4月9日	1	2	50
7	2013年11月27日	2	0	0
7	2014年4月9日	1	0	0
8	2013年11月27日	0	0	-
8	2014年4月9日	2	0	0
9 ²⁾	2014年11月28日	43	35	0

1) 交信攪乱区の密度が対照区より高い場合は防除率は0とした。-は両区ともに0のため計算できず

2) 試験9は、各区15カ所の掘り取り合計

試験 8 では、11 月の調査で処理区、対照区ともに 0 頭、4 月の調査で処理区 2 頭、対照区 0 頭であり、防除効果は認められなかった。

(4) 試験 9 (2014 年)

試験 9 では、両区ともに密度が高く、11 月の調査で処理区 43 頭、対照区 35 頭が確認され、防除効果は認められなかった。

4 処理翌年の一番茶芽生育状況

試験 1～5 における処理翌年の一番茶芽における生育不良面積率を表 5 に示す。試験 1 と 2 では両区ともに特に一番茶芽の被害は認められなかったが、試験 3 では対照区の一部で明瞭な被害が認められた(面積率 25.5%)。

試験 4 では、両区のごく一部で被害が認められたが、区間差ははっきりしなかった。

試験 5 では、処理区で著しい被害(面積率 78.9%)が認められた。

試験 6～8 では、達観では明瞭な被害はいずれの区でも認められなかった。試験 9 では両区ともに一部で被害が発生したが、達観では区間差ははっきりしなかった。

IV 考 察

ナガチャコガネは、難防除とされる他のコガネムシ類同様、土壤中に生息する幼虫が主たる被害を及ぼす⁵¹⁾²²⁾。そのため、幼虫の発生を交尾阻害により発生前に抑制する交信攪乱法は、ナガチャコガネに対する防除法として非常に有効であると考えられる。特に、本虫の場合、成虫の発生期間が 1 ヶ月程度と短く、静岡県では雌が遺伝的に飛翔できない個体群の比率が特に高い⁵²⁾ため、一般に交信攪乱法での必要条件と考えられている長期間かつ広範囲での処理を必要としない。本虫と生活史や生態が



図 9 合成性フェロモンを含浸させたゴムセプタムに交尾しようとする雄成虫

表 5 各試験における一番茶芽の生育不良面積率%

試験No.	調査年月日	交信攪乱区	対照区
1	2012年4月16日	0	0
2	2012年4月16日	0	0
3	2012年4月16日	0	25.5
4	2013年4月4日	8.8	6.3
5	2013年4月4日	78.9	11.3

類似(年 1 化で成虫発生期間が短い)するケブカアカチャコガネでは、交信攪乱による非常に高い幼虫密度抑制効果が確認されている¹⁾。

しかし、本研究の結果、合成性フェロモンの処理量や処理方法を様々に変えても、ケブカアカチャコガネで確認された 100%近い交尾阻害率や 100%近い次世代幼虫の防除率¹⁾は認められなかった。誘引阻害率は、交信攪乱試験で有効とされる 95%⁹⁾を越えること(試験 4: 表 2)はあっても、交尾阻害率はせいぜい 50%程度(試験 4: 表 3)に止まった。そのため、次世代幼虫の密度抑制効果ははっきりとは認められなかった(表 4)。

ここで、各試験、各処理法ごとに問題点を整理して議論したい。まず、フェロモン成分を含浸したゴムセプタムを使った 2011 年の試験 1～3 では、トラップによる誘引阻害率の結果からうねに沿ったフェロモン剤 1.8m 間隔の設置ではゴムセプタムあたり 10mg 以上が適当と判断された。10mg は、フェロモントラップで使用するルアーでの誘引性が十分とされている⁴⁾量である。しかし、10mg と 30mg の比較では差ははっきりせず、むしろ 10mg の方が交尾阻害率が高い傾向があった(表 3)。次世代幼虫密度(表 4)や翌年一番茶芽の生育状況(表 5)の比較では、交信攪乱による次世代幼虫密度の抑制効果のあることが示唆されたので、これらの試験結果をふまえて 2012 年はゴムセプタムあたり 10mg に統一し、ゴムセプタムの設置密度をやや高めて同様の試験を行った(試験 4, 5)。その結果、成虫のトラップへの誘殺状況(図 6)を見ると誘引阻害効果は概ね安定し、総誘殺数で誘引阻害率 96.0%および 82.6%(表 2)と比較的高い値を示した。一方、交尾阻害率は、調査日によって若干のふれはみられたものの、両試験で 2 回の調査ともに高い数値は残念ながら得られなかった(表 3)。成虫密度は 6 月 11 日より 6 月 22 日の方が高かったが、試験 4 と 5 では交尾阻害率の高低が調査日によって逆転しており、虫密度と交尾阻害効果との関連性ははっきりしなかった。合成性フェロモンの放生源としてゴムセプタムを用いた試験 1～5 では、ゴムセプタムに雄成虫が誘引されていた(図 9)。この現象はどの試験でも少なからず観察されており、雄成虫がゴムセプタ

ムに定位していることから、ゴムセプタムから放出された合成性フェロモンが、雄成虫の雌の探索行動を攪乱できるほど空气中に十分に拡散できていないことを示している。この試験では、交信攪乱の効果の一つである「競合作用」⁶⁷⁾、すなわちゴムセプタムが真の雌と誤認される疑似雌効果が生じていたと考えられた。ゴムセプタムの雄成虫の誘引力が真の雌よりも強力で期間中安定的かつ持続的に作用しているのならば、競合作用により交尾率の低下も十分期待できるはずであるが、観察によると、ゴムセプタムへの誘引は時間が経過するとあまりみられなくなり、同時に真の雌との交尾が多くなっていた。このことから、雄成虫は一時的には合成性フェロモンのゴムセプタムに誘引されるものの偽雌であることを認識してしまい、比較的早い段階で真の雌成虫の探索に切り替えているようである。結果として、ゴムセプタムによる本試験では、競合作用による交信攪乱効果は不十分であることが示唆された。

これらの結果をふまえて、2013年の試験6～8では、フェロモン成分を圃場全体へ拡散させ、「非競合作用」⁶⁷⁾すなわち真の雌を合成性フェロモンによってカムフラージュさせる効果を狙って、ロープ状製剤を使用した。ロープ状製剤による試験では、フェロモン成分の単位面積あたりの投下量はゴムセプタムによる試験1～5に比べると数倍になる。また、ゴムセプタムのようにピンポイントの設置ではないので、圃場全体へのフェロモン成分の拡散とカムフラージュによる交信攪乱効果が期待された。なお、交信攪乱用のロープ状製剤は、チャではハマキガ類を対象に実用化されて現地でも普及している¹⁰⁾。ナガチャコガネのロープ状製剤を用いた試験6～8では、誘引阻害率(表2)はデフルトリン粒剤が全区に処理された試験7を除けば85%以上に達したものの95%以上の値には達しなかった。交尾率は調査しなかったため、試験の

成否ははっきりとはわからないが、現地で実施されたハマキガ対象の交信攪乱試験でも誘引阻害率が低い場合は密度抑制効果も十分でなかった事例のあること¹²⁾から、85%という誘引阻害率では十分な交尾阻害に至っていない可能性が高かった。また、これらの試験では、圃場に張ったロープ周辺の空間に雄成虫が乱舞する様子が観察され、ある程度カムフラージュの効果があったと思われるが、一方でロープに定位して誘引された個体(図10)も認められており、雄成虫の定位行動を完全に阻害するほどフェロモン成分が空气中に拡散しているとはいえなかった。

試験6～8ではロープ状製剤が特定のうね上にのみの設置となり、圃場全体へのフェロモン成分の拡散が不十分と考えられた反省から、最後に実施した2014年の試験9では、うねに平行に約1m間隔でシーダーテープ製剤を圃場全体に均一に張ることによりフェロモン成分を圃場内に均等に拡散させ、十分なカムフラージュ効果を期待した(図3)。しかし、この方法をもってしても、誘引阻害率を十分に高めることはできず(表2)、交尾阻害率も60%を越えることはなく(表3)、次世代幼虫密度についても抑制効果は認められなかった(表4)。この試験では、前半の誘引阻害率は高かったが後半は低下する傾向がみられ(図8)、交尾阻害率も同様の傾向がみられた(表3)ので、フェロモン成分の放出が後半まで十分に持続していなかった可能性はある。また、合成性フェロモンの投下量はロープ状製剤を用いた試験6～8よりも少なかったこと(表1)も影響したかもしれない。さらには、試験圃場での発生密度が非常に高いこと(次世代幼虫密度：表4)も不利に働いた可能性がある。

ところで、ケブカアカチャコガネの合成性フェロモンを用いた交信攪乱試験では、高い誘引阻害率や交尾阻害効果が認められている¹⁾。本虫の圃場試験では、10aあたり750gものフェロモン成分が投下されており、これはナガチャコガネを対象とした本研究での最大投下量(試験7)の約16倍に達する。大量投下が可能となった理由として、ケブカアカチャコガネの交信攪乱試験では工業的に大量生産されている非常に安価な2-ブタノールを用いていること¹⁾がある。ケブカアカチャコガネの成功事例と今回のナガチャコガネの試験を比較すると、前者では市販の工業製品を用いた大量投下と揮発性の非常に高い物質(2-ブタノール)を用いているのに対して、後者では低コスト化が困難な化合物(信越化学、私信)のため大量投下が難しく、かつ分子量の大きい重い物質(Z)-7,15-hexadecadien-4-olideのため空气中の拡散性が低いことが考えられた。特



図10 ロープ状製剤に誘引された雄成虫

に空気中の拡散性が低いことは、前述のように雄成虫が放出源に定位してしまう行動からも推察される。

交信攪乱剤で商業的に成功している製剤はチョウ目を対象としたものに限られる⁸⁾。しかし、コウチュウ目害虫でも、ケブカアカチャコガネ¹⁾やオキナワカンシヤクシコメツキ²⁾では成功事例も報告されている。ナガチャコガネでは、年 1 回の限られたタイミングでしか交尾を行わない生活史や雌成虫の分散能力が限られているなど交信攪乱法が成功する条件¹⁹⁾が生物側では揃っているので、技術的な問題が解決すれば実用化は可能と考える。技術的な問題点として、合成性フェロモンの合成・製造を検討する上での経済コストの多寡が重要な要素^{18,19)}であり、交信攪乱物質の再検討やフェロモン成分の空気中への拡散性も含めて問題解決のための知見の蓄積と技術開発をより進めていく必要がある。本報告が、今後の新たな展開のための一助となることを期待する。

V 摘 要

現地茶園においてナガチャコガネを対象に合成性フェロモン(Z)-7,15-hexadecadien-4-olide を用いた交信攪乱による防除を様々な処理方法により複数年にわたって試みた。合成性フェロモンを含浸させたゴムセブタムを放出源として使った試験ではゴムセブタムあたり 10mg 以上で有効性が確認され、約 555 個/10a 設置の試験ではフェロモントラップによる誘引阻害率は 82.6~96.0%、雌成虫の交尾阻害率は 15.0~54.5%であった。ロープ状製剤を用いた試験(ロープ 116~196m/10a)では、誘引阻害率 52.2~85.8%であった。シーダーテープ製剤を用いた試験(ロープ状製剤 66m/10a 相当)では、誘引阻害率 76.5%、交尾阻害率 32.0~59.7%であった。いずれの試験でも、次世代幼虫密度および翌年一番茶芽被害の抑制効果ははっきりしなかった。総じて、ナガチャコガネに対する合成性フェロモンを用いた交信攪乱による防除効果は、現状では不十分と考えられた。

謝 辞

本稿をまとめる当たり、資材の提供と貴重なご助言および調査協力をいただいた信越化学工業株式会社の望月文昭氏、福本毅彦氏、藤井達也氏、近藤壮一氏、川崎裕一氏はじめ同社の諸兄、試験圃場を提供していただいた茶農家、JA ハイナン、および JA 遠州夢咲の諸兄、調査にご協力いただいた現・静岡県病害虫防除所の外側正之博士、静岡県植物防疫協会の故・鬼窪多津子氏、同・住

川純子氏、および静岡県立農林大学校茶業分校の学生諸君に厚くお礼申し上げる。

引 用 文 献

- 1) 新垣則雄・外間康洋・永山敦士・安居拓恵・辻井直・田中誠二・望月文昭・内藤尚之・本郷智明・若村定男 (2014) : 性フェロモンを利用した交信かく乱法によるケブカアカチャコガネの防除. 植物防疫 68, 259~263.
- 2) Arakaki, N., A. Nagayama, A. Kobayashi, Y. Hokama, Y. Sadoyama, N. Mogi, M. Kishita, K. Adaniya, K. Ueda, M. Higa, T. Shinzato, H. Kawamitsu, S. Nakama, S. Wakamura and K. Yamamura (2008) : Mating disruption for control of *Melanotus okinawensis* (Coleoptera: Elateridae) with synthetic sex pheromone. J. Econ. Entomol. 101, 1568-1574.
- 3) Kakizaki M., H. Sugie, K. Honma, T. Fukumoto, K. Kawasaki, H. Noguchi, M. Ohtaishi and H. Suzuki (1998) : Identification of a sex pheromone component of the yellowish elongate chafer, *Heptophylla picea* Motschulsky (Coleoptera: Scarabacidae). Appl. Entomol. Zool. 33, 5~10.
- 4) 柿崎昌志・杉江 元・福本毅彦・猪野正明(2000) : ナガチャコガネの合成性フェロモンを用いた誘引製剤. 応動昆 44, 44~46.
- 5) 片井祐介・吉崎真紀 (2008) : 静岡県の茶園におけるナガチャコガネの生態と薬剤防除. 静岡農林研報 1, 45~51.
- 6) Miller, J. R., L. J. Gut, F. M. de Lame and L. L. Stelinski (2006a) : Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (part 1): Theory. J. Chem. Ecol. 32, 2089~2114.
- 7) Miller, J. R., L. J. Gut, F. M. de Lame and L. L. Stelinski (2006b) : Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (part 2): Case studies. J. Chem. Ecol. 32, 2115~2143.
- 8) 望月文昭・澁谷達明 (2012) : 匂いで害虫をコントロールする. フレグランスジャーナル社, 156 pp.
- 9) 小川欽也・ピーター・ウィツガル (2005) : フェロモン利用の害虫防除. 農文協, 144pp.

- 10) 大泰司誠・堀川知廣 (1985) : チャノコカクモンハマキとチャハマキの(Z)-11-tetradecenyl acetateによる同時交信攪乱. 茶研報 62, 55~57.
- 11) 刑部 勝・小泊重洋 (1984) : チャを加害するナガチャコガネの生態. 茶研報 60, 15~21.
- 12) 小澤朗人 (2011) : 茶園のハマキガ類に対するトリートリアル剤(ハマキコンーN)の実用性評価. 静岡農林研報 4, 23~35.
- 13) 小澤朗人 (2011) : ナガチャコガネ成虫に対する各種薬剤の殺虫効果. 茶研報 112, 61~64.
- 14) 小澤朗人・佐々木力也 (2012) : ナガチャコガネの改良型フェロモン剤の実用性評価. 茶研報 No.114, 57~63.
- 15) 小澤朗人・内山 徹 (2012) : 更新茶園におけるナガチャコガネ成虫による新芽の食害. 茶研報 No.114, 73~78.
- 16) 小澤朗人 (2016) : 新しいローブ状ハマキコンーN の防除効果. 静岡県農林技術研究所ニュース No.40(2016 年 8 月). <https://www.agri-exp.pref.hizuoka.jp/news00035.html>(2019 年 7 月 10 日参照)
- 17) 小澤朗人・内山 徹 (2017) : チャを加害するナガチャコガネの薬剤試験法と数種殺虫剤の殺虫活性. 静岡農林研報 10, 61~68.
- 18) Rodriguez-Saona, C. R., D. F. Polk, and J. D. Barry (2009) : Optimization of pheromone deployment for effective mating disruption of oriental beetle(Coleoptera: Scarabaeidae)in commercial blueberries. J. Econ. Entomol. 102, 659~669.
- 19) 田端 純・安居拓恵・辻井 直・安田哲也 (2017) : 交信攪乱法—チョウ目以外の害虫における進展と展望—. 応動昆 61, 63~71.
- 20) 多田茂男 (1990) : ナガチャコガネの生態と飛翔筋多型に関する研究. 静岡大学農学研究科・修士論文. pp.1~49.
- 21) 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)(カメムシ目:コナカイガラ科)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.
- 22) 山本 篤 (1989) : ナガチャコガネのチャにおける発生生態. 植物防疫 43, 647~650.
- 23) 柳井久江 (2011) : 4Steps エクセル統計. オーエムエス出版, 294pp.