

茶園のハマキガ類に対するトートリルア剤(ハマキコン-N)の実用性評価†

小澤朗人

農林技術研究所・茶業研究センター

Evaluation of the Practicality of a New Mating Disruptant “Tortorilure (Tradename: Hamaki-con-N)” for the Control of the Smaller Tea Tortrix, *Adoxophyes honmai* Yasuda, and the Oriental Tea Tortrix, *Homona magnanima* Diakonoff, in Commercial Tea Fields

Akihito Ozawa

Tea Research Center/Shizuoka Res.Inst.of Agric.and For.

Abstract

We evaluated the practicality of a new mating disruptant composed of the synthetic sex pheromone complex—tortorilure (tradename: Hamaki-con-N)—to control *Adoxophyes honmai* Yasuda and *Homona magnanima* Diakonoff, in commercial tea fields in Shizuoka Prefecture, from 2004 to 2009. The disruption percentage of pheromone trap catches (DP) for *A. honmai* and *H. magnanima* in fields treated using 2500 tortorilure dispensers per hectare (Fields A) was more than 95% for most generations of the pests. DP for the field (Field B) that was located at the edge of Field A or for the field where 1500 dispensers were used per hectare (Field C) were more than 95% for approximately 80% of all generations of the pests. DP of the second and third generations of the pests tended to be lower than those of the first and overwintering generations. The aerial concentrations of Z11-TDA in Fields A were higher than those in Field C. The emission speed of Z11-TDA and Z9-DDA declined after September; Z9-DDA particularly exhibited this tendency. The larval densities of the third generation of both the pests increased when DP of the second generation were low. Furthermore, it was suggested that DP of the second generation were affected by the larval densities of the overwintering generations, and by the total number of rain days from April to July. The larval densities of both the pests in treated fields were generally the same as or less than those in chemically controlled fields, and the insecticide spraying frequencies against the pests in treated fields were half of those in controls. Thus, the effectiveness of tortorilure was sufficient to ensure the practicality in commercial tea fields.

キーワード: チャ, チャハマキ, チャノコカクモンハマキ, フェロモン, 交信攪乱, トートリルア剤

I 緒 言

害虫の性フェロモンを用いた交信攪乱法は、我が国では 25 年以上前から研究されてきたが²⁾、チャのハマキガ類に対する技術が最初に実用化された(1983 年に農薬登録、商品名:ハマキコン、一般名:テトラデセニルアセテート剤)¹⁾。この方法では、チャハマキ、チャノコカクモンハマキ 2 種の雌成虫が放出する性フェロモンに共通する単一成分(♂-11-テトラデセニルアセテート、以下 Z11-TDA)を含有したプラスチック製のチューブ(以下、デ

イスペンサー)を用いる¹⁾。テトラデセニルアセテート剤は、薬剤抵抗性のハマキガ類に対して殺虫剤に代わる防除手段として認められ、島田市などの静岡県内の茶産地で広く使われるようになった²⁾¹⁰⁾¹³⁾。

ところが、1995 年頃から静岡県島田市のテトラデセニルアセテート剤設置茶園において交信攪乱効果が低下する事例が発生し⁷⁾、この原因として、この地域のチャノコカクモンハマキの Z11-TDA に対する感受性が低下したことが考えられた⁷⁾。そこで、交信攪乱効果の低下を回避するため、チャノコカクモンハマキの性フェロモン組成 4 成分など 6 成分を含有した新しい交信攪乱剤「トートリルア剤(商品名:ハマキコン-N)」が開発さ

† 本報告の一部は日本応用動物昆虫学会・第 52 回大会(2008 年 3 月 26 日宇都宮市)で発表した

れた(2001年に農薬登録)。Z11-TDAに対して抵抗性を獲得したチャノコカクモンハマキも、複数成分を含有する本剤に対しては抵抗性を示さない⁹⁾。その後、静岡県^{3,4)}や鹿児島県⁵⁾、埼玉県¹²⁾などでトートリルア剤の圃場試験が行われ、本剤は2種ハマキガに対する安定的な密度抑制効果を示すことが確認された⁹⁾。また、斜度10度程度の傾斜地茶園でも有効であることも判明した⁹⁾。しかし、これらの試験事例は比較的狭い範囲での小規模試験であり、必ずしも現地の大面積での普及を想定した試験事例とはいえず、既存のテトラセニルアセテート剤の場合も、処理面積がその効果に大きく影響すること¹³⁾がわかっている。また、本剤の性格上、1年1回の試験事例しか積み上げることができず、実用性の評価や問題点の解析を行うためには、大面積での複数年次にわたる事例の積み上げが必要である。

ところで近年、IPM(総合的病害管理)技術の確立と推進が様々な作物で進められ、チャにおいてもIPMマニュアル¹⁴⁾やIPM実践指標モデルが作成されている。チャのIPMでは、重要害虫であるハマキガ類に対するトートリルア剤の導入が防除体系の基幹技術の一つとなっている¹⁵⁾。さらに、筆者らは、トートリルア剤を基幹とする減農薬防除体系を導入することで、難防除害虫であるクワシロカイガラムシの土着天敵を保護利用し、クワシロカイガラムシの密度抑制をも可能とする、より付加価値の高いIPM体系の確立¹⁶⁻²⁰⁾を目指して、2004年度から静岡県牧之原市の現地茶園で実証試験を行ってきた。

そこで本稿では、チャのIPM防除体系の基幹技術であるトートリルア剤の実用性を検証および評価するために、牧之原市布引原地区の約13haの現地茶園に2004年～2009年まで6年間にわたって本剤を処理した試験結果について、ハマキガ2種のフェロモントラップへの誘殺数と幼虫密度を中心にデータを取りまとめた。

なお、本研究は農林水産省のプロジェクト研究「生物機能を活用した環境負荷低減技術の開発(2004～2008年)」の補助を受けて実施した。

Ⅱ 材料及び方法

1 試験圃場と処理

牧之原市布引原地区(約25ha)の平坦地茶園において試験を実施した。当地区は、道路以外のほとんど全ての土地が茶園で占められている(図1)。この地区の南東側の約13haの茶園(図1中の枠線内)に、2004年から2009年の6年間、毎年3月下旬にトートリルア剤を250本/10a設置した。ただし、2006年～2008年の3年間は、150本/10aの低コスト処理の効果を調べるため、図1の

破線包囲の約3haについては150本/10aの設置本数とした。トートリルア剤のディスペンサーの設置は、原則として現地の茶農協を通じて園主自身に任せましたが、茶農協組合員以外の園主で製剤を渡せなかった茶園については、筆者らが設置した。

調査は、図1に示したA(250本/10a区、調査対象園の周囲全てに本剤設置。以下、交信攪乱区A)、B(250本/10a区、本剤設置区の周辺部(端)、道路を挟んだ隣接園は無設置となる。以下、交信攪乱区B)、及びC(150本/10a区、以下、交信攪乱区C)に位置する茶園について継続調査した。なお、Aについては、中切り更新等により、図1のAの範囲内で調査園を適宜移動させたため、6年間同一園ではなく園主は延べ3名である。また、2004～2005年はA及びBを、2006～2008年はA及びCを、2009年はAのみを調査した。対照区は、設置園から概ね50m以上離れた本剤を設置していない慣行防除茶園とした(図1のD、中切り更新により適宜移動したが園主は同一。以下、慣行防除区)。

ハマキガ対象の薬剤防除については、交信攪乱区では原則として第2世代幼虫までの防除は省くよう園主に依頼するとともに、慣行防除区は地域の慣行に従った薬剤散布を依頼した。ただし、交信攪乱区においても被害が

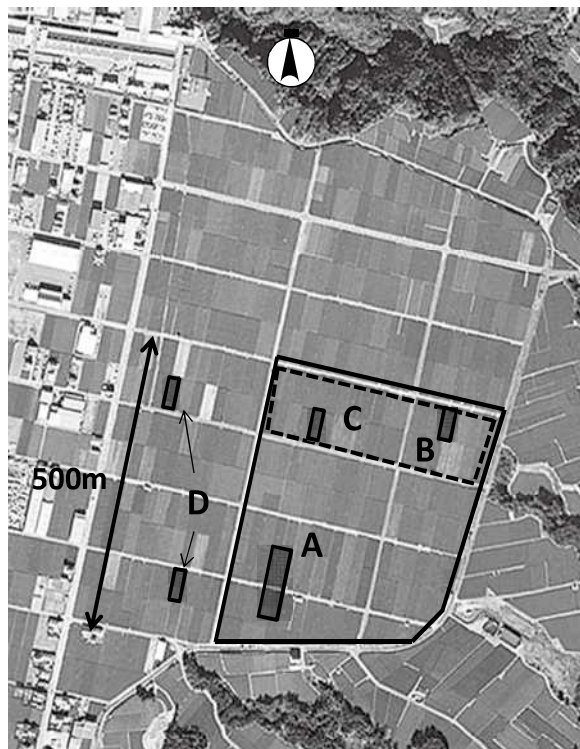


図1 牧之原市布引原地区の試験圃場¹⁾の鳥瞰図

1)枠線内(約13ha)の茶園すべてにトートリルア剤(250本/10a)を設置し、2004～2005年はA(中切り更新により調査園は年によって異なる)およびBの茶園、2006～2008年はAおよびC(2006～2008年は、破線包囲の区画は150本/10a設置)、2009年はAの茶園のみを調査した。なお、対照の慣行防除区は、D(2004および2008～2009年は図中下、2005～2007年は図中上、園主は同じ)の茶園とした。

予想される場合は、状況に応じて適宜、園主の判断で薬剤散布を実施した。

2 調査方法

(1) フェロモントラップによる誘殺数と誘引阻害率

各調査園にチャハマキとチャノコカクモンハマキのフェロモントラップ(サンケイ製SEトラップ、ルアーは信越化学製)とブランクトラップを各1台設置し、概ね1週間間隔で毎年3月下旬～11月まで雄成虫の誘殺数を調査した。対照の慣行防除区では、発蛾最盛期にはオーバーフローすることがあるので、誘殺数が多い時期は1～3日間隔で調査した。

慣行防除区における誘殺数を基準に、下記の式にしたがって誘引阻害率を算出した。

誘引阻害率＝ $100 \times \{(\text{慣行防除区の誘殺数} - \text{交信攪乱区の誘殺数}) / \text{慣行防除区の誘殺数}\}$

(2) 2種ハマキガの幼虫密度

毎年各世代の幼虫発生期に幼虫密度を調査した。50×50cm 枠を用いたコドランド法を用い、各茶園の摘採面上に概ね対角線上に散らばるように20または25箇所枠を置き、枠内の幼虫を種別に数えた。

(3) 雌成虫の交尾率

試験園で発生している2種ハマキガ雌成虫の交尾率について、第1世代で幼虫が多発し、被害が発生した2006年の第1世代成虫について調査した。交信攪乱区A、C及び慣行防除区から2006年6月30日に2種ハマキガの雌成虫を採集し、実験室に持ち帰った後、実体顕微鏡下で解剖して精包の有無を確認した。精包を1つ以上有する個体を交尾済の雌とし、交尾率を算出した。

(4) トートリルア剤の残存量と放出量の推移

本剤設置茶園からディスペンサーを概ね1ヶ月間隔で5本を抜き取り、各成分の残存量を測定するとともに、残存量の変化から日当たり放出量(放出速度)を推定した。調査は2006年～2008年の3カ年に行い、分析は信越化学工業(株)の研究所にて行った。

(5) トートリルア剤から放出されるフェロモン成分の大気中濃度

交信攪乱区AおよびCにおいて、2007年の6月4日～6日と8月4日～6日、及び2008年8月4日～6日に本剤の主要成分であるZ11-TDAの大気中濃度を測定した。測定方法はエアースAMPLERを用いる定法¹⁹⁾とし、調査期間中に6時間間隔で4回測定した(2007年の8月は機器の不調により2回)。エアースAMPLERをほぼ摘採面の高さ(地上70～80cm)に設置し、調査園の中央部と園端の2箇所について実施した。なお、化学成分分析は信越化学工業(株)の研究所にて実施した。

(6) 誘引阻害率と幼虫密度との関係、及び誘引阻害率に及ぼす諸要因の検討

交信攪乱効果の目安となるフェロモントラップへの誘引阻害率には年次による変動が見られ、例年被害が顕著となる第3世代幼虫の親である第2世代成虫の誘引阻害率に処理の違いや年次による差異が認められた。そこで、誘引阻害率の高低が密度抑制効果に影響するかどうかを評価するために、6年間のデータについて第2世代成虫の誘引阻害率と次世代(第3世代)幼虫密度との関係を調べるとともに、誘引阻害率に及ぼす主要因を明らかにする目的で、気象条件(降雨日数)や害虫密度(越冬世代幼虫密度または第2世代幼虫密度)と第2世代成虫の誘引阻害率との関係についても検討した。

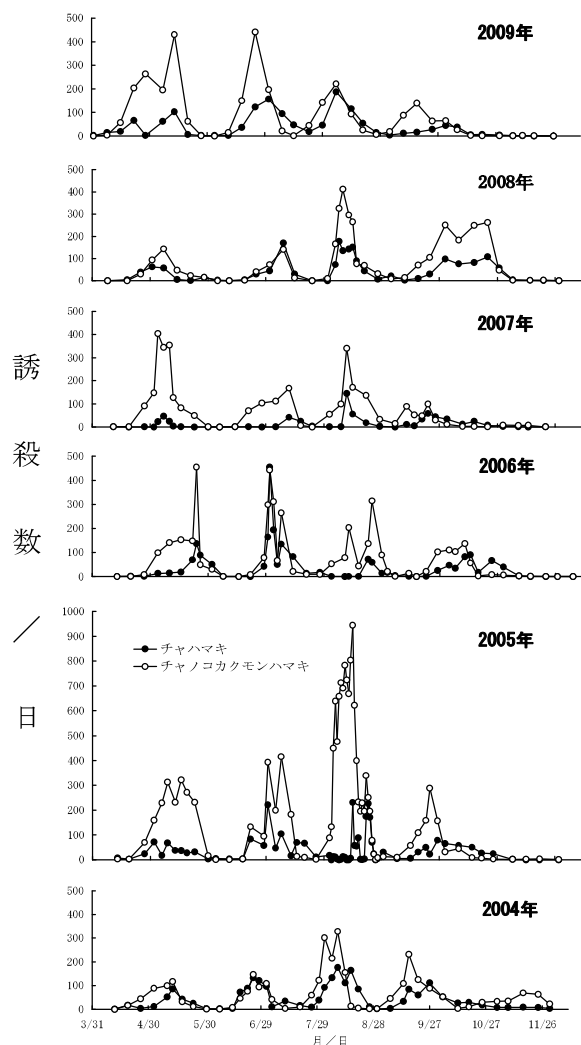


図2 フェロモントラップによる慣行防除区におけるチャハマキおよびチャノコカクモンハマキの誘殺消長

Ⅲ 結 果

1 フェロモントラップによる誘殺数と誘引阻害率

図2には、慣行防除区における年次別の誘殺消長を示した。2004年は11月に両ハマキガともに小さな5回目のピークがみられ、年5世代が発生したと推察されたが、その他の年は両種ともに年4世代の発生であった。各世代の発蛾最盛期は年によってやや変動がみられるが、誘殺数は総じてチャノコカクモンハマキがチャハマキより多かった。特に、2005年のチャノコカクモンハマキは他の年より明らかに発生量が多く、第2世代のピーク時には日当たり1000頭近くに達した。

次に、交信攪乱区におけるフェロモントラップの誘引阻害率の推移を図3に示した。越冬世代と第1世代は総じて100%近くの高い値で推移したが、8月上旬の第2世代成虫と9月下旬の第3世代成虫の発生時期には、誘引阻害率の低下が両種ともに認められた。特に、2005年の第3世代では大幅な低下が認められた。なお、誘引阻害率が急激に低下した時期は、慣行防除区の成虫発生ピーク時期とほぼ重なっていた(図2, 3)。交信攪乱区A(図3左列)と、交信攪乱区BまたはC(図3右列)を比較すると、いずれの年についても後者の方が誘引阻害率の低下傾向が顕著であった。

表1には、世代別に誘引阻害率をまとめた。チャハマキの交信攪乱区Aでは、ほぼ完全なシャットダウンといえる99%以上を示したのは延べ25世代中の18世代、95%以上99%未満が6世代であり、安定的な交信攪乱効果の目安となる95%以上を示したのは合計24世代であった。2005年の第3世代のみが95%未満であり、ほぼ全ての世代で安定的な交信攪乱効果の目安となる95%以上を示した。ただし、99%を下回った世代に着目すると、2004年は第2世代、2005年は第3世代、2006年は第2世代、2008年と2009年は第2及び3世代が99%を下回り、第2世代以降にやや低い値が現れていた。一方、交信攪乱区BまたはCでは、99%以上を示したのは延べ21世代中約半分の11世代に止まり、95%以上99%未満が5世代、95%未満は2004年第2及び3世代、2005年第3世代、2006年第3世代、2008年第3世代の延べ5世代で認められ、交信攪乱区Aよりも誘引阻害率は総じて低かった。

チャノコカクモンハマキでは、交信攪乱区Aにおいて99%以上を示したのは延べ25世代中20世代であり、95%以上99%未満は4世代、95%未満を示したのはチャハマキと同じく2005年の第3世代のみであった。99%未満を示した世代は、チャハマキと同様に第2及び3世代

表1 トートリルア剤設置区におけるフェロモントラップの世代別誘引阻害率と慣行防除区における世代別誘殺数

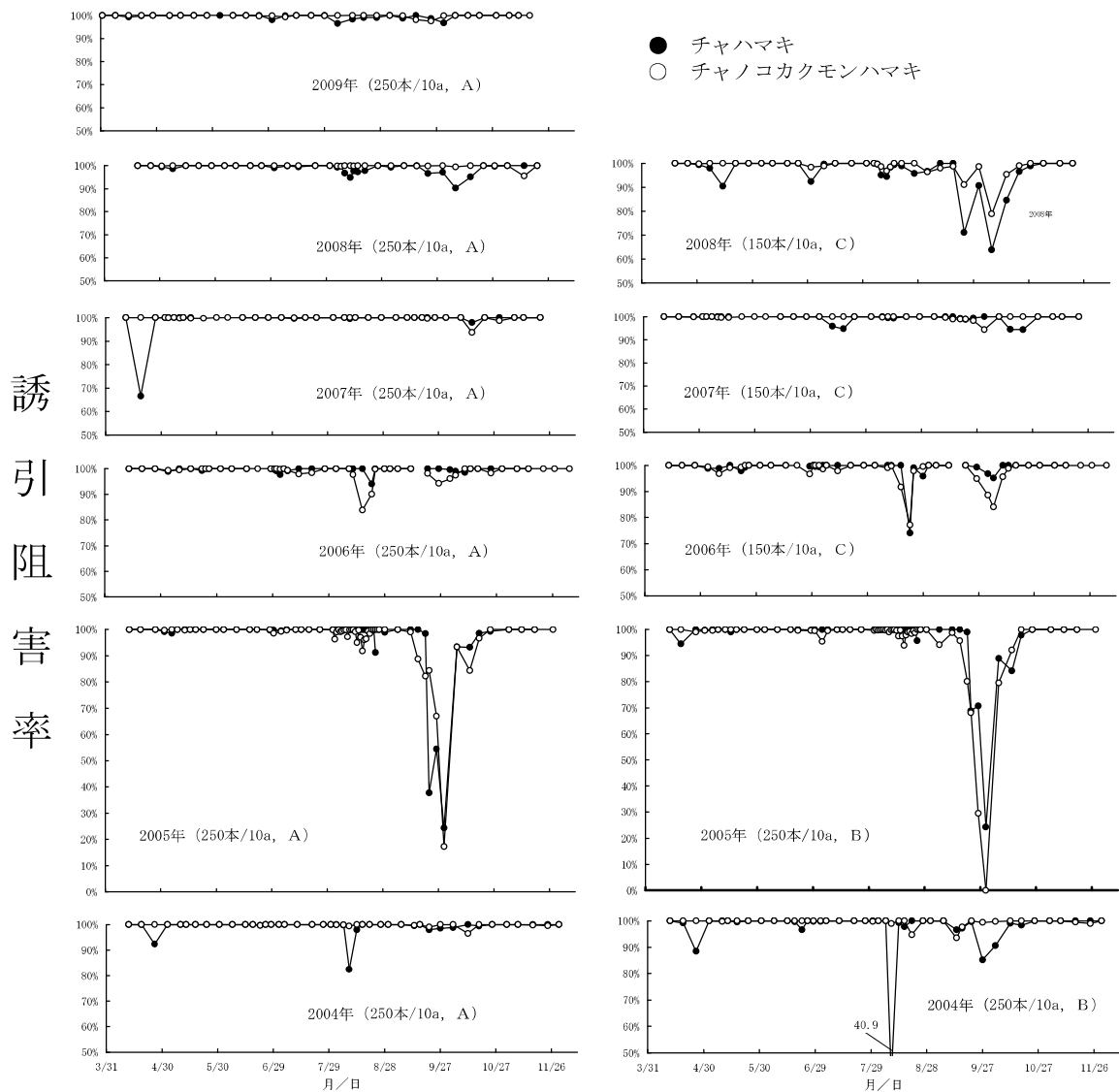
調査年 世代	チャハマキ					チャノコカクモンハマキ				
	交信攪乱区A ¹⁾		交信攪乱区BまたはC ²⁾		慣行防除区 誘殺数	交信攪乱区A ¹⁾		交信攪乱区BまたはC ²⁾		慣行防除区 誘殺数
	誘殺数	誘引阻害率%	誘殺数	誘引阻害率%		誘殺数	誘引阻害率%	誘殺数	誘引阻害率%	
2004年										
越冬世代	2	99.8	5	99.6	1253	0	100.0	1	100.0	2315
第1世代	1	100.0	15	99.3	2228	1	99.9	0	100.0	1878
第2世代	103	96.4	328	88.7	2899	7	99.8	12	99.7	4288
第3世代	21	99.0	150	92.7	2061	9	99.7	69	97.9	3318
第4世代 ³⁾	1	99.8	3	99.5	565	3	99.8	8	99.6	1942
2005年										
越冬世代	4	99.7	3	99.8	1399	4	99.9	13	99.8	6983
第1世代	3	99.9	1	100.0	2367	20	99.6	52	99.0	5037
第2世代	5	99.6	2	99.8	1289	131	98.8	69	99.4	11062
第3世代	425	80.4	408	81.2	2167	600	82.4	1049	69.2	3407
2006年										
越冬世代	4	99.7	13	99.1	1506	7	99.8	35	99.2	4180
第1世代	16	99.4	5	99.8	2568	7	99.8	22	99.3	3069
第2世代	21	96.7	97	84.7	633	112	96.8	194	94.4	3474
第3世代	8	99.6	15	99.3	2040	72	97.3	188	93.1	2712
2007年										
越冬世代	1	99.7	0	100.0	302	5	99.9	5	99.9	5351
第1世代	1	99.8	20	96.0	497	1	100.0	0	100.0	3247
第2世代	2	99.7	3	99.6	782	0	100.0	1	100.0	3954
第3世代	3	99.7	15	98.7	1139	3	99.8	15	99.1	1657
2008年										
越冬世代	7	99.4	13	98.9	1211	3	99.9	1	100.0	2245
第1世代	6	99.7	30	98.4	1893	0	100.0	19	99.0	1842
第2世代	51	97.7	53	97.6	2203	5	99.9	51	98.8	4346
第3世代	115	96.6	446	86.9	3405	10	99.9	470	94.6	8666
2009年										
越冬世代	3	99.8	— ⁴⁾	—	1963	0	100.0	—	—	8200
第1世代	22	99.3	—	—	3184	12	99.8	—	—	5780
第2世代	64	98.0	—	—	3143	4	99.9	—	—	3839
第3世代	14	98.7	—	—	1059	34	98.8	—	—	2866

1)交信攪乱区Aはトートリルア剤250本/10a設置区(図1)。

2)交信攪乱区Bはトートリルア剤250本設置区の周辺茶園で2004～2005年に調査、Cは150本/10a設置区で2006～2008年に調査(図1)。

3)2004年は、第4世代が発生した。

4)—は調査無し。

図3 トートリルア剤設置区¹⁾におけるフェロモントラップによる誘引阻害率の推移

1) 左列は250本/10a設置区²⁾の茶園(交信攪乱区A)、右列は250本設置区周辺部の茶園(交信攪乱区B)または150本/10a設置区³⁾の茶園(交信攪乱区C)

であった。一方、交信攪乱区BまたはCでは、99%以上が延べ21世代中15世代であり、95%以上99%未満が2世代、95%未満となったのは2005年第3世代、2006年第2及び3世代、2008年第3世代の延べ4世代であった。99%未満であった世代は延べ6世代とチャハマキの10世代よりも少なかった。

2 2種ハマキガの幼虫密度

2種ハマキガの幼虫密度を表2に示した。チャハマキについては、トートリルア剤の効果が直接には発揮されていない越冬世代を除くと、交信攪乱区Aは2004年第1世代、2005年第1世代、2007年第1及び2世代、2008年第1及び4世代、2009年第1世代の延べ7世代(全体の約

29%)で慣行防除区よりも有意に低かった(マン・ホイットニーのU検定, $p<0.05$)。第1世代に限ると、6年のうち5年が慣行防除区より低かった。ただし、2004年第3世代や2006年第2世代では、慣行防除区よりも有意に高い場合も見られた。各年の全世代を通じての比較では、慣行防除区と有意な差は認められなかった(フリードマン検定, $p>0.05$)。また、交信攪乱区BまたはCでは、延べ7世代(全体の約35%)で慣行防除区より有意に低かった(マン・ホイットニーのU検定, $p<0.05$)。第1世代に限ると、5年のうち4年が慣行防除区より低かった。

チャハマキの被害許容水準を4頭/㎡²⁾とすると、4頭/㎡以上であった第1世代以降の延べ世代数は、交信攪乱

表2 トートリルア剤設置区と慣行防除区におけるチャハマキおよびチャノコカクモンハマキの幼虫密度(頭数/m²)の推移

調査年		チャハマキ				チャノコカクモンハマキ			
世代	調査月日	交信攪乱区A ¹⁾		交信攪乱区BまたはC ²⁾ 慣行防除区		交信攪乱区A ¹⁾		交信攪乱区BまたはC ²⁾ 慣行防除区	
2004年									
越冬世代	4月5日	4.4	n.s. ³⁾	0.0	n.s.	0.2	0.0	n.s.	0.8
第1世代	5月24日	0.6	**	0.2	**	4.4	0.0	**	9.4
第2世代	7月7日	2.4	*	0.2	n.s.	0.2	1.8	n.s.	2.6
第3世代	8月30日	5.4	**	23.6	**	0.0	5.2	*	11.2
第4世代	10月18日	4.0	n.s.	2.0	n.s.	0.6	0.0	**	1.4
有意差検定結果 ⁴⁾		n.s.		n.s.		*		*	
2005年									
越冬世代	4月5日	0.4	n.s.	1.0	n.s.	0.6	0.4	n.s.	0.4
第1世代	6月1日	0.0	**	0.2	*	5.6	0.0	*	2.8
第2世代	7月19日	3.8	n.s.	2.4	n.s.	4.6	1.0	*	5.0
第3世代	9月6日	7.0	n.s.	7.0	n.s.	3.8	0.2	n.s.	1.8
第4世代	10月25日	3.4	n.s.	3.0	n.s.	3.0	0.4	n.s.	2.0
有意差検定結果		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
2006年									
越冬世代	4月6日	2.2	**	2.8	*	7.8	1.2	**	11.0
第1世代	6月12日	3.4	n.s.	4.3	n.s.	6.4	9.6	n.s.	14.9
第2世代	7月24日	19.0	**	0.2	n.s.	1.6	35.5	**	4.0
第3世代	9月6日	2.9	n.s.	0.5	*	3.8	18.1	**	2.6
第4世代	10月30日	0.5	n.s.	1.2	n.s.	1.4	0.8	n.s.	4.5
有意差検定結果		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
2007年									
越冬世代	4月6日	0.2	n.s.	0.5	n.s.	0.6	2.4	n.s.	2.2
第1世代	6月12日	0.3	*	0.3	*	3.0	0.5	**	2.6
第2世代	7月24日	0.0	**	1.4	*	2.1	0.8	**	13.4
第3世代	9月6日	0.6	n.s.	0.2	n.s.	0.2	2.2	n.s.	2.6
第4世代	10月30日	0.8	n.s.	0.3	n.s.	0.2	1.8	**	0.0
有意差検定結果		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
2008年									
越冬世代	4月8日	0.2	n.s.	0.6	n.s.	0.6	0.2	*	1.4
第1世代	6月10日	1.3	*	0.6	*	4.8	1.4	n.s.	0.6
第2世代	7月24日	6.1	n.s.	1.8	n.s.	2.1	2.4	n.s.	4.8
第3世代	9月2日	0.3	n.s.	1.6	n.s.	1.1	0.2	*	3.4
第4世代	11月17日	7.5	**	5.4	**	15.5	2.7	**	25.1
有意差検定結果		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
2009年									
越冬世代	4月1日	3.5	n.s.	— ⁵⁾	0.6	3.7	n.s.	—	1.6
第1世代	6月3日	0.6	**	—	4.6	5.3	n.s.	—	8.2
第2世代	7月22日	1.3	n.s.	—	1.9	5.8	**	—	1.0
第3世代	9月2日	0.3	n.s.	—	0.2	1.9	n.s.	—	2.4
第4世代	10月20日	0.0	n.s.	—	0.0	0.0	n.s.	—	0.2
有意差検定結果		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

1) 交信攪乱区Aはトートリルア剤250本/10a設置区(図1)。

2) 交信攪乱区Bはトートリルア剤250本設置区の周辺茶園で2004～2005年に調査, Cは150本/10a設置区で2006～2008年に調査(図1)。

3) マン・ホイットニーのU検定による慣行防除区との有意差(n.s.:有意差無し, *:p<0.05, **:p<0.01)を示す。

4) 全世代についてフリードマン検定による慣行防除区との有意差(n.s.:有意差無し, *:p<0.05)を示す。

5) 調査無し。

区Aでは延べ24世代中の6世代, 交信攪乱区BまたはCでは延べ20世代中の4世代であり, 一方の慣行防除区では交信攪乱区Aと同様延べ24世代中の6世代であった。

次に, チャノコカクモンハマキについては, 交信攪乱区Aでは, 2004年第1, 3及び4世代, 2005年第1及び2世代, 2007年第1及び2世代, 2008年第3及び4世代の延べ9世代(全体の37.5%)で慣行防除区より有意に低かった(マン・ホイットニーのU検定, $p<0.05$)。第1世代に限ると, 6年のうち3年が慣行防除区より低かった。ただし, 2006年第2及び3世代など延べ4世代では, 慣行防除区より有意に高かった。交信攪乱区BまたはCでは, 延べ6世代(全体の30%)で慣行防除区より有意に低かった(マン・ホイットニーのU検定, $p<0.05$)。第1世代に

限ると5年のうち3年が慣行防除区より低かった。各年の全世代を通じての比較では, 両区とも2004年を除いて慣行防除区と有意な差は認められなかった(フリードマン検定, $p>0.05$)。

チャノコカクモンハマキの被害許容水準を8頭/m²²⁾とすると, 8頭/m²以上であった第1世代以降の延べ世代数は, 交信攪乱区Aでは延べ24世代中3世代, 交信攪乱区BまたはCでは延べ20世代中の2世代, 一方の慣行防除区では交信攪乱区よりも多い6世代であった。

3 雌成虫の交尾率

2006年6月30日に各処理区より採集した2種ハマキガの雌成虫の交尾率を表3に示した。チャハマキでは, 交信攪乱区Aのみであるが, 81.8%の個体が交尾済みであ

り、慣行防除区(100%)と有意差は認められなかった(フィッシャーの直接確率検定, $p < 0.05$)。チャノコカクモンハマキでは、交信攪乱区Aは 68.8%, 交信攪乱区Cでは 62.1%であり、慣行防除区の 90.5%より低い傾向がみられたが、有意差は交信攪乱区Cのみで認められた(フィッシャーの直接確率検定, $p < 0.05$)。

表3 各茶園から採集したハマキガ雌成虫の交尾率
(2006年6月30日採集)

種類	採集場所	採集個体数	交尾個体数	交尾率%
チャハマキ	交信攪乱区A(250本/10a)	11	9	81.8 n.s. ¹⁾
	慣行防除区	3	3	100
チャノコカクモンハマキ	交信攪乱区A(250本/10a)	16	11	68.8 n.s.
	交信攪乱区C(150本/10a)	29	18	62.1 *
	慣行防除区	21	19	90.5

1)フィッシャーの直接確率検定による慣行防除区との有意差を示す(*: $p < 0.05$)。

4 トートリルア剤の残存量と放出量の推移

ディスペンサー内のフェロモン主要成分の Z11-TDA(チャハマキとチャノコカクモンハマキの共通成分)とチャハマキの第 2 成分である(Z)-9-ドデセニル=アセテート(以下、Z9-DDA, 分析値には 11-DDA も含まれる)の残存量の推移と、変化量から推測した日当たり放出量%(放出速度)の推移を図4に示した。

いずれの年も取り付け後、残存量は漸減していき、Z11-TDA は 8 月下旬には 30~50%に低下し、10 月下旬には 10~25%程度まで減少した。一方、Z9-DDA は、3 年とも Z11-TDA よりも減少が速く、8 月下旬には 10%以下になり、10 月下旬にはほとんど残存していなかった。

日当たり放出量では、年によってその変動がやや異なり、2006 年の前半は Z9-DDA が Z11-TDA よりも放出量が多かったが、後半は逆転した。また、7 月中旬頃に一時

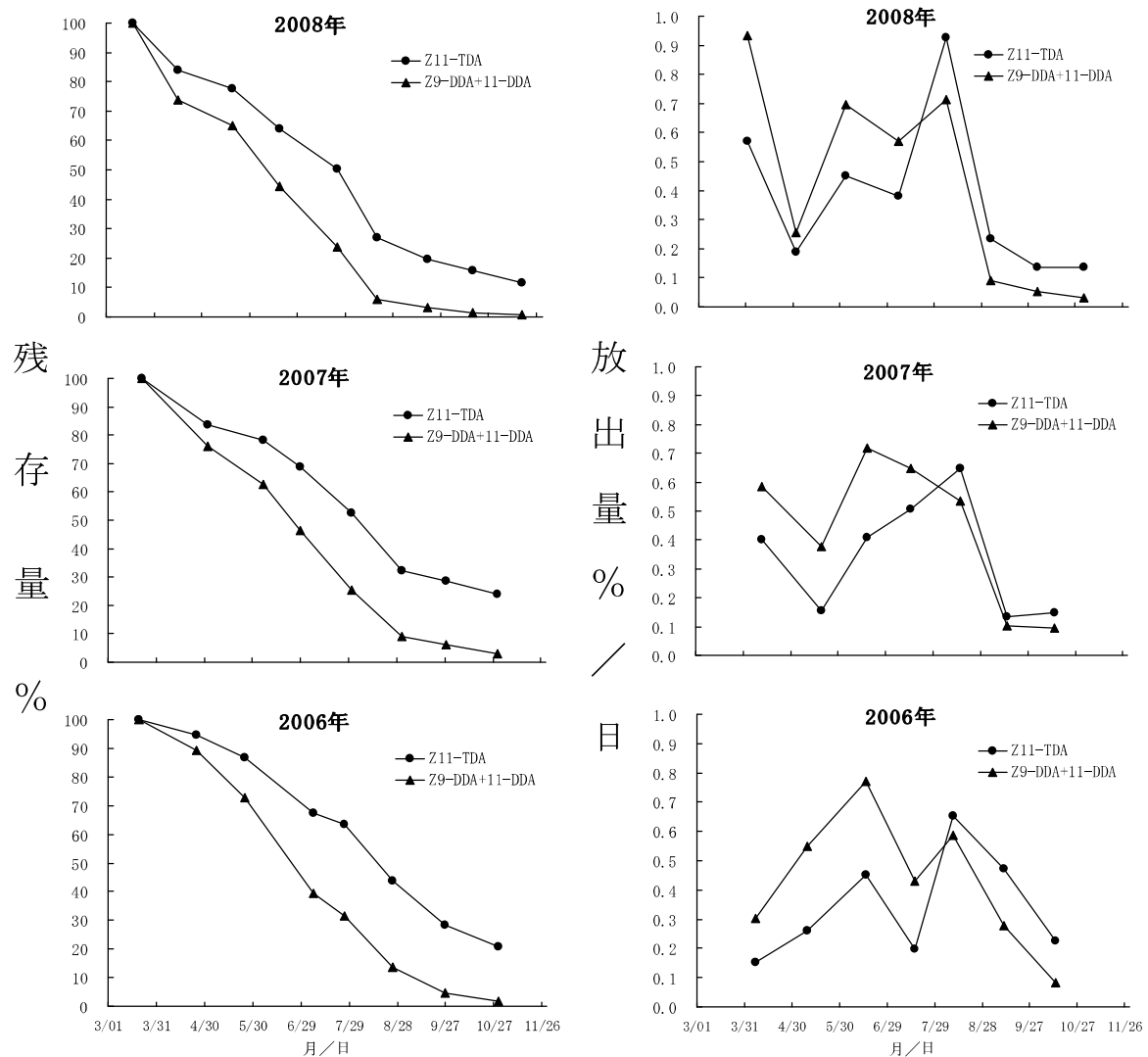


図4 トートリルア剤主要成分のディスペンサー内の残存量と放出量の推移

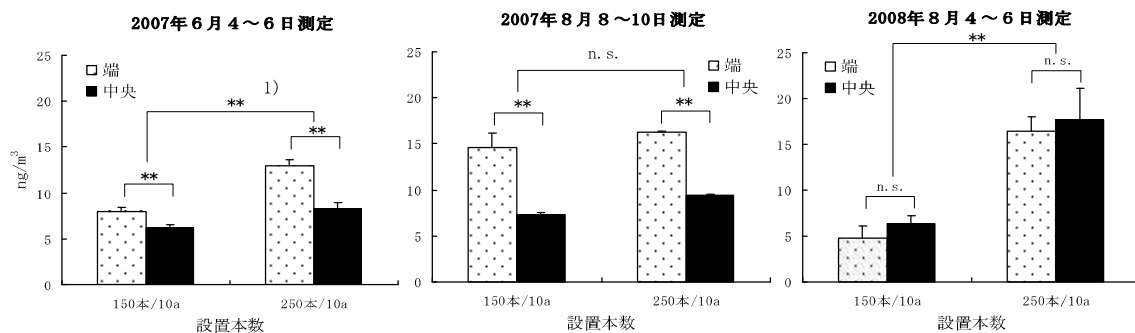


図5 トートリルア剤250本区/10a区と150本/10a区の茶園の中央部と端部におけるフェロモン主要成分・Z11-TDAの大気中濃度 1) **は、反復測定のある二元配置分散分析による有意差(**: $p < 0.01$)を示す。棒上のバーは標準誤差。

的な放出量の低下が見られた。2005年ではやはり前半はZ9-DDAがZ11-TDAよりも放出量が多かったが、後半はほぼ同じ値になった。また、5月中旬頃に一時的な低下が見られ、9月以降の放出量は両成分ともに非常に少なくなった。2008年では、4月上旬は放出量が非常に多かったが、5月上旬になると少なくなった。7月上旬にも一時的な低下が見られ、8月上旬に再び放出量が多くなったが、9月以降は特にZ9-DDAで放出量が少なくなった。

5 トートリルア剤から放出されるフェロモン成分の大気中濃度

交信攪乱区AとCにおけるZ11-TDAの大気中濃度の測定結果を図5に示した。

2007年6月の測定では、250本/10a設置のAの方が150本設置のCよりも有意に濃度が高く、また端と中央部では端の方が有意に高かった(反復測定のある二元配置分散分析, $p < 0.01$)。同年8月の測定では、Aの方がCより濃度は高い傾向は見られたが有意差はなかった(反復測定のある二元配置分散分析, $p > 0.05$)。両区ともに端の方

が中央よりも高く、有意差も認められた。2008年の測定では、AはCの2倍以上の濃度を示し、有意に高かった。しかし、端と中央部では有意差は認められなかった(反復測定のある二元配置分散分析, $p < 0.01$)。

6 誘引阻害率と次世代幼虫密度との関係、および誘引阻害率に及ぼす諸要因の検討

図6には、第2世代成虫の誘引阻害率とその次世代である第3世代幼虫密度との関係をプロットした。2種ともにばらつきが大きく、有意な相関関係は交信攪乱区の両区ともに認められなかったが(スピアマン順位相関、

表4 第2世代成虫の誘引阻害率と諸要因との順位相関係数(r_s)

要因	チャハマキ		チャノコカクモンハマキ	
	交信攪乱区A	交信攪乱区BまたはC	交信攪乱区A	交信攪乱区BまたはC
越冬世代幼虫密度	-0.64 n.s. ¹⁾	-0.10 n.s.	0.32 n.s.	-0.40 n.s.
第2世代幼虫密度	-0.54 n.s.	0.87 n.s.	-0.46 n.s.	0.30 n.s.
降雨日数(4-7月)	-0.03 n.s.	-0.40 n.s.	-0.12 n.s.	-0.70 n.s.

1) スピアマンの順位相関係数の検定結果で有意な相関は認められない($p > 0.05$)。

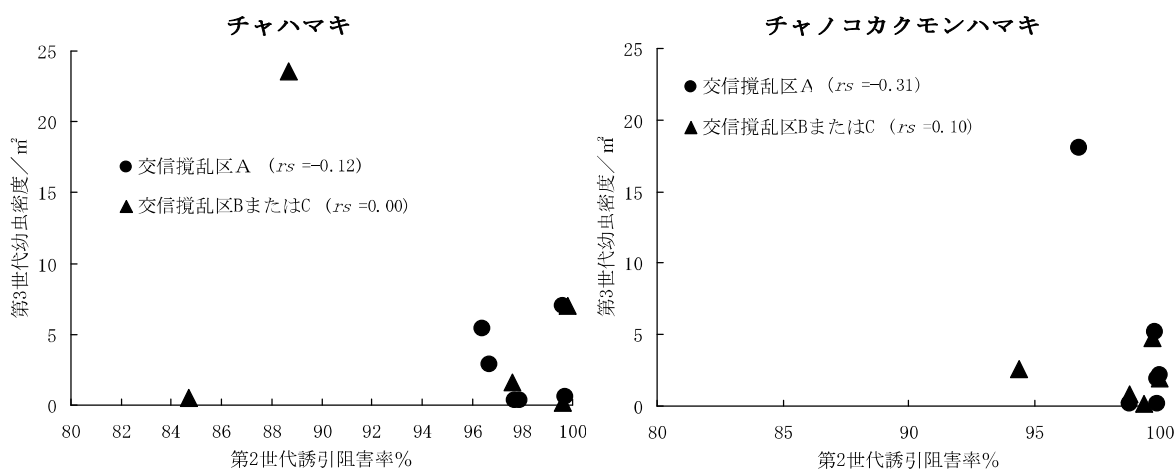


図6 第2世代成虫の誘引阻害率と次世代幼虫密度との関係

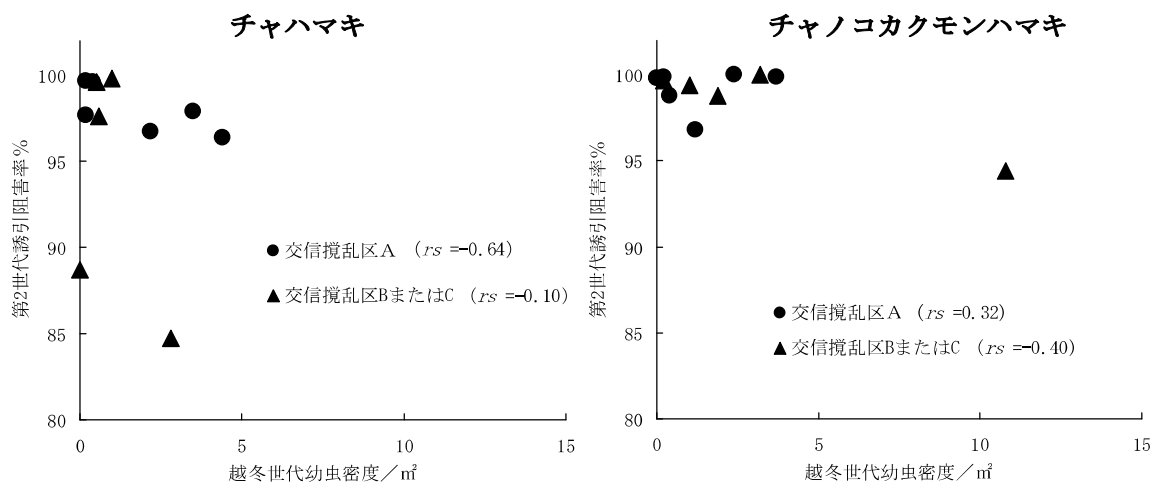


図7 越冬世代幼虫密度と第2世代成虫の誘引阻害率との関係

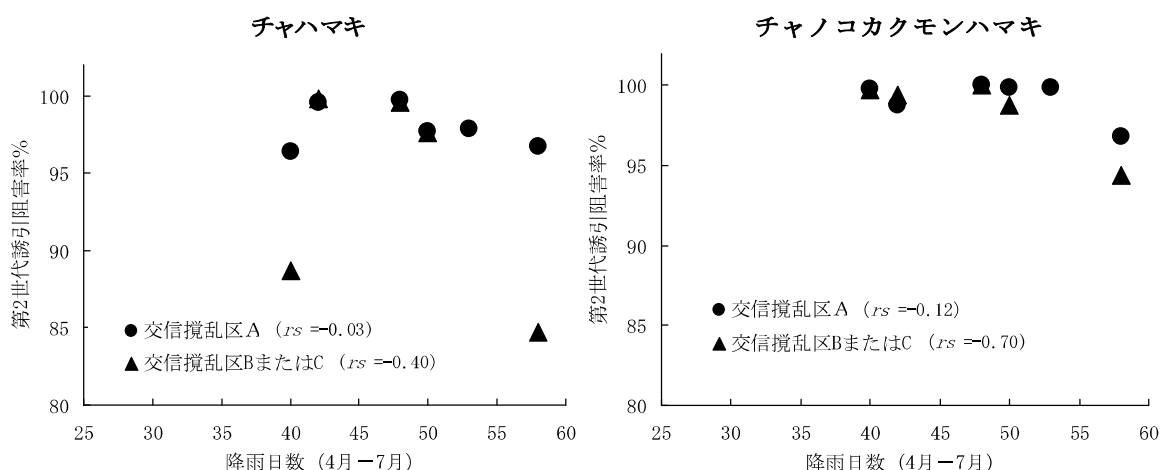


図8 4月から7月までの累積降雨日数(牧之原アメダス)と第2世代成虫の誘引阻害率との関係

$p>0.05$), 特に誘引阻害率が低い場合に(例えばチャハマキ: 2004年交信攪乱区B, チャノコカクモンハマキ: 2006年交信攪乱区A), 次世代幼虫密度が高くなる傾向が見られた。

次に, 処理前の初期密度(越冬世代幼虫密度)または当該世代(第2世代)幼虫密度と第2世代成虫の誘引阻害率との関係を図7(越冬世代のみ)及び表4に示した。ばらつきが大きく, いずれの関係でも有意な相関関係は認められなかったが(スピアマン順位相関, $p>0.05$), 防除の影響を受けていない越冬幼虫密度との関係では誘引阻害率は幼虫密度と負の相関がある傾向が見られた。

さらに, 4月から7月までの累積降雨日数と第2世代成虫の誘引阻害率との関係を図8および表4に示した。いずれも有意な相関関係は認められなかったが(スピアマン

順位相関, $p>0.05$), 両種ともに降雨日数が50日以上と多くなると誘引阻害率が低下する傾向がみられた。

7 ハマキガ類対象の殺虫剤散布状況

各処理区におけるハマキガ類を対象とした散布農薬の種類と回数を表5に示した。

主な薬剤はメトキシフェノジド水和剤などの脱皮ホルモン系IGR剤やマクロライド系のエマメクチン安息香酸塩乳剤, 2007年以降は新規薬剤であるフルベンジアミド水和剤などであった。交信攪乱区では, 主に第3世代幼虫を対象に年1~3回程度, 慣行防除区では各世代を対象に年3~5回程度散布された。年平均散布回数は, 慣行防除区では3.8回であったが, 交信攪乱区では慣行防除区の1/2以下の1.7~1.8回に抑えられた。

表5 各処理区におけるハマキガ類対象の散布農薬の種類と回数

年次／幼虫世代	交信攪乱区A	交信攪乱区B またはC	慣行防除区
2004年			
第1世代			A ¹⁾
第2世代			R, M
第3世代	F, R	F, S	F, A
2005年			
第1世代			A
第2世代			A
第3世代	F, B T	F	F, A
2006年			
第1世代			A
第2世代	S	S	S, R
第3世代	F, S	A	A, F
2007年			
第1世代			A
第2世代			F
第3世代	F E	F E	F E
2008年			
第1世代		F	F
第2世代		F	F
第3世代	F E	F E	F E
2009年			
第1世代		—	F
第2世代		—	A
第3世代	F E	—	F E
年平均散布回数	1.7	1.8	3.8
1) 農薬の種類 (希釈倍率)	A : エマメクチン安息香酸塩乳剤 (×2000) B T : B T水和剤 (×1000) F : メトキシフェノジド水和剤 (×4000) F E : フルベンジアミド水和剤 (×2000) M : クロマフェノジド水和剤 (×1000) R : テブフェノジド水和剤 (×1000) S : スピノサド水和剤 (×3000)		

IV 考 察

Z11-TDA(テトラデセニルアセテート)単一成分を主剤とした交信攪乱剤(ハマキコン)は、チャノコカクモンハマキのフェロモン抵抗性⁷⁾の問題が顕在化する以前の1980年代までは静岡県島田市などで毎年利用され¹⁰⁾、テトラデセニルアセテート剤(ハマキコン)の利用技術や問題点については、非常に多くの知見が蓄積されている¹³⁻¹⁵⁾。しかし、当時に比べて現在はハマキガ類の密度や殺虫剤の種類が大きく変わっていることに加え、交信攪乱剤の成分そのものが異なり、製剤技術も進んでいるため、一概に過去の事例を現在の状況に適用することはできない。また、新剤であるトートリルア剤の県内の圃場試験事例は、1ha未満の狭い範囲での1～2年の事例に限られており^{36,8)}、しかもこれらの試験が実施されていた2000年前後に比べると、近年はハマキガ類の発生量が多くなっており、本剤の実用性を検証するためには大面積での複数年次にわたる実証試験が必要であった。そこで、本研究では、牧之原市の大面積の現地圃場で本剤を6年間毎年導入して、その実用性について評価しようとした。

まず、一般に交信攪乱剤の有効性の指標となる誘引阻害率について調査した結果、チャハマキでは、安定的といえ

る95%¹⁰⁾を下回ったのは交信攪乱区Aで1世代のみ、交信攪乱区BまたはCでは延べ5世代あり、後半の第2世代または第3世代でやや低下する傾向がみられた。チャノコカクモンハマキでは、95%を下回ったのは交信攪乱区Aで1世代のみ、交信攪乱区BまたはCでは延べ4世代認められ、これら低下した世代はチャハマキも同様であった。以上の結果より、誘引阻害率の低下は2種同時に起こること、処理区周辺部(交信攪乱区B)や本剤設置本数が少ない(150本/10a:交信攪乱区C)と、交信攪乱効果は不安定となり、特に夏以降の世代で不安定となることが示唆された。合成フェロモンの空中濃度は風(気流)の影響を強く受けるが²³⁾、処理区周辺部(B)では中心部(A)に比べると、無設置茶園が隣接するために風向きによってはフェロモンの空中濃度が薄くなったことが推察される。また、150本/10aのCでは、図5に示したように、250本/10aに比べると大気中濃度は低下する。したがって、BやCでは、フェロモンの大気中濃度の低下により、誘引阻害率が250本/10a区(A)に比べて不安定となったと思われる。なお、大気中濃度に関して、2007年は園の端と中央部で差が見られた(図5)。この理由に関しては、ディスペンサーはチャ畝の端から約2m間隔で取り付けられており、風の状況によってはエアースンプラーと近傍のディスペンサーとの距離が計測濃度にも影響する可能性があり(信越化学、私信)、エアースンプラーとその近傍のディスペンサーとの距離が2007年と2008年では異なっていたことが原因の一つと考えられる。なお、実際の交尾率については、今回の試験ではデータはほとんどないが、2006年第1世代ではチャハマキで約20%、チャノコカクモンハマキで約20～30%程度の交尾率の低下が認められている(表3)ものの、設置本数の処理区間の差ははっきりしなかった。

誘引阻害率は、一般に交信攪乱剤の有効性を推測する指標にはなり得るが、直接に密度抑制効果を判断する指標とは必ずしもいえない。この点に関しては、製剤中のアルコール体の含有率の影響により誘引阻害率は低くても密度抑制効果が高い事例が観察されていること¹¹⁾から、製剤に含まれるフェロモンのアルコール体の影響など未だ不明な点も多い。とはいえ、ここでは、誘引阻害率を交信攪乱剤の実用性、すなわち期待される密度抑制効果の指標として扱うことを前提に誘引阻害率と諸要因との関係を検討した。

まず、例年被害が問題となる夏期の第3世代幼虫密度に第2世代成虫の誘引阻害率が関係するかどうかについて両者の関係を見たところ(図6)、ばらつきがあり統計的な有意性はないものの、誘引阻害率が低い時に次世代幼虫の密度は高くなる傾向が認められた。このことから、交信攪乱剤の使用に当たって一般に言われているように、誘引阻害

率を目安にその後の幼虫発生量を推定してかまわないと思われる。

交信攪乱圃場の面積が50a以上の大面積の場合は、製剤からのフェロモン放出速度と交尾率との相関が高いとされる¹⁹⁾。本試験では、13haという大面積での処理であるので、フェロモン放出速度から交尾率を推測可能な条件に当てはまる。図4に示したように、フェロモンの放出速度(単位時間当たり放出量)は年間で大きく変動し、また年次によっても変化した。今回は、交尾率のデータがほとんどないので誘引阻害率に変えてこれらの関係を見ると、例えば2006年の7月中旬頃に一時的な放出量の落ち込みがあったが、その後の8月頃は両成分ともに十分に回復していた。にもかかわらず、この年の第2世代成虫(誘殺は主に8月中旬)では誘引阻害率の低下が認められた(表1)。また、3カ年とも9月以降の放出量は8月までに比べて非常に少なくなっており、両種ともに第3世代の誘引阻害率は低下傾向がみられ、2008年は顕著であった。なお、この8月下旬以降にみられる放出量の低下は、ディスペンサー内のフェロモン残存絶対量が少なくなったこと(図4)が主たる原因と思われる。特にZ9-DDAでは、8月下旬には残存量が10%以下にまで低下しており(図4)、その傾向が顕著であった。これらのことから、残存量の変化から推定される放出速度は、誘引阻害率にある程度影響するものの、ある一定の放出量が確保できていれば、誘引阻害率には大きな影響を及ぼさないことが示唆された。放出量の季節変動については、3年間の比較では必ずしも同一のパターンを示さず(図4)、2008年のように4月から8月までの期間においても変動の大きい場合があった。この理由については、放出量が特に多かった2008年の4月の平均気温(13.8℃)は、2006年(12.0℃)や2007年(12.8℃)よりも高かったことから、放出量に及ぼす気温や降雨など気象要因の影響が考えられるが、3年間のデータだけでは詳細な解析は難しく今後の課題である。

ところで、残存量の変化から推定される放出量が単純に大気中での濃度に値するかどうかに関しては、様々な要因が関係するため一概には言えない。例えば、ディスペンサーの表面に付着する糸状菌によるアセテート体の分解による変性がある¹⁹⁾。ディスペンサーに付着する糸状菌の多少は、降雨の多少が影響することが観察されているので、4月から7月までの降雨日数と第2世代の誘引阻害率との関係を見たところ(図8)、明瞭な関係は認められないものの、降雨日数が多い年は誘引阻害率も低くなる傾向がみられた。チャハマキでは40日程度でも阻害率が低くなった例外的年もあるが、50日以上はその傾向ははっきりしていた。したがって、降雨は、間接的に誘引阻害率に影響する可能性はある。今回は、ディスペンサー表面の糸状菌の量を実測し

ていないのではっきりしたことは言いえないが、糸状菌の影響とその対策については、現在、信越化学(株)の研究所で詳細な研究が行われているので、今後の展開に期待したい。

成虫密度が高まると交信攪乱効果が低下するとされ²⁰⁾、トートリルア剤についても同様の傾向があるかどうかについて、第2世代の誘引阻害率とその前の害虫密度との関係を調べた(図7)。その結果、明瞭な相関関係はなかったが、処理前密度である越冬幼虫密度または第2世代幼虫密度が高いと、第2世代成虫の誘引阻害率は低下する傾向が2種ともにみられた。ただし、交信攪乱区Aでは、両種ともに誘引阻害率が95%を下回ることではなく、10頭/m²以上のかなり高い幼虫密度であっても、一定の交信攪乱効果は維持されていた。一方、交信攪乱区BまたはCでは、幼虫密度が低くても誘引阻害率が低い場合があり、これは単純にフェロモンの大気中濃度が不十分であったためと考えられる。

今回の試験では、ハマキガ対象の薬剤も状況に応じて散布されており、土着天敵の活動なども影響するので、ハマキガ類の密度が必ずしも交信攪乱剤の効果のみで抑制されているとはいえない。しかし、交信攪乱区のハマキ剤散布回数は、慣行防除区の半分程度(表5)で収まっているにもかかわらず、総じて幼虫密度は慣行防除区よりも低い場合が多かった(表2)。特に、交信攪乱区では第1及び2世代幼虫に対する防除をほとんど実施していない(表5)にもかかわらず、幼虫密度は慣行防除区と同等か、より低かった。さらに、交信攪乱剤を処理した茶園の園主の意見としても、少なくとも前半(第2世代幼虫)までは被害が抑えられ、防除が楽であったという。6年間の試験結果より、今回のような大面積での処理では、2004年のチャハマキ第3世代(交信攪乱区B)や2006年の両種第2世代(交信攪乱区A)のように、突発的に多発した事例もみられるものの、トートリルア剤は概ね慣行防除と同等以上の密度抑制効果を有し、実用性は高いことが判明した。また、コスト削減を想定した150本処理/10aと通常の250本/10a処理を比較すると、誘引阻害率は後者の方が安定し、前者はやや不安定であった。もっとも、幼虫の密度抑制効果には明瞭な差異は認められず、これは薬剤散布など交信攪乱剤以外の要因が関与しているためと考えられる。突発的な多発事例の原因についても、前世代の誘引阻害率の低下や薬剤散布だけでは説明できないので、要因として天敵の活動なども関与している可能性はある。

前述のように、誘引阻害率をそのまま密度抑制効果に結びつけることには無理があるが、交信攪乱剤の効果の判定には利用できるもので、一般論ではあるがフェロモントラップによる誘引阻害率を監視しながら、次世代の発生を予測し、その対応を選択する必要がある。今回の試験では、誘

引阻害率の変動に関与する要因を完全に特定することはできなかった。害虫密度や降雨(糸状菌?), フェロモンの放出量といった要因の関与は示唆されたが, さらに製剤中のアルコール体(Z11-14OH)の含有率など生物化学的問題¹⁾や製剤のエージング処理など製造過程での技術的な問題(信越化学, 私信)も影響すると考えられるので, 今後, こうした不明点の一つずつ解決し, より安定的に利用していく技術を確立する必要がある。

現在, Z11-TDAより早い時期に放出し尽くしてしまうことが判明したZ9-DDAの含有量を, トートリルア剤よりも大幅に高めた新製剤が開発され, すでに圃場試験も実施されている。今後, 改良された新剤の上市が期待される。

V 摘 要

静岡県牧之原市布引原地区の平坦地茶園 13ha にチャハマキおよびチャノコカクモンハマキの交信攪乱剤「トートリルア剤」を 2004 年～2009 年の 6 年間設置し, その実用性を評価した。フェロモントラップによる誘引阻害率は, 本剤 250 本/10a 区ではハマキガ 2 種ともにほとんどすべての世代で 95%以上を示した。250 本処理の周辺部または本剤 150 本/10a 区では, ハマキガ 2 種ともに全世代の 8 割以上で誘引阻害率 95%以上を示したが, 250 本/10a 区よりもやや不安定であった。また, 全般に第 2 世代以降の世代で, 誘引阻害率が不安定になる場合が見られた。フェロモン(Z11-TDA)の大気中濃度は, 150 本/10a 区では 250 本/10a 区より低く, ディスペンサー内の残存量から推定した放出速度は, Z11-TDA, Z9-DDA とともに 9 月以降は激減し, 特に後者の減少は著しかった。これらの結果から, フェロモンの大気中濃度が誘引阻害率に影響したことが示唆された。ハマキガ類の幼虫密度は, 250 本/10a 区, 150 本/10a 区ともにほとんどの世代で慣行防除区と同等か低かった。ハマキ対象の殺虫剤散布回数は, 交信攪乱区では慣行防除区の約 1/2 であり, トートリルア剤の密度抑制効果はハマキガ 2 種ともに総じて高いことが示された。誘引阻害率に及ぼす諸要因を検討した結果, 誘引阻害率が低下すると次世代の幼虫密度は高まる傾向がみられ, 第 2 世代の誘引阻害率には処理前の越冬世代密度や 4 月～7 月の降雨日数が関与することが示唆された。以上より, トートリルア剤は, 大面積処理の条件では慣行防除と同等以上の密度抑制効果を示し, 減農薬に寄与する IPM 資材としての実用性は高い。

謝 辞

本研究の遂行に当たり, 交信攪乱剤に関する貴重な情報やご意見をいただいた信越化学工業(株)の小川欣也氏, フェロモン剤の提供とともに現地調査やフェロモン成分の分析等にご協力いただいた同社の福本毅彦氏, 望月文昭氏, 北條達哉氏, 近藤荘一氏, 山本正之氏はじめ同社の諸兄に熱く御礼申し上げる。また, 諸調査にご協力いただいた当センターの鬼窪多津子氏や研修生, 農林大学の学生諸君に感謝する。

引 用 文 献

- 1) 安藤幸夫・西島卓也・磯部宏治・国見裕久・仲井まどか・本郷智明(2005): 茶の IPM マニュアル. 総合農業研究叢書 第 55 号 IPM マニュアルー環境負荷低減のための病害虫総合管理技術ー. 梅川學・宮井俊一・矢野栄二・高橋賢司編. (独)農研機構・中央農業総合研究センター, つくば市. pp.103～116.
- 2) 池田二三高(1987): 交信かく乱剤(性フェロモン)による茶園のハマキムシ類の広域防除. 植物防疫 41, 592～596.
- 3) 小杉由紀夫(2001): 新規交信攪乱剤によるチャのハマキムシ類の防除. 関東病虫研報 48, 135～138.
- 4) 小杉由紀夫(2002): 交信かく乱法によるチャのハマキムシ類の防除. 今月の農業 46(9), 60～63.
- 5) 小杉由紀夫(2003): 茶のハマキガ類に対するフェロモン剤防除技術の現状と展望. 今月の農業 47(9), 47～52.
- 6) 小杉由紀夫・曾根辰夫・酒井正寛(2002): 交信かく乱剤によるチャのハマキムシ類巻葉被害の軽減. 関東病虫研報 49, 123～125.
- 7) Mochizuki F., T. Fukumoto, H. Noguchi, H. Sugie, T. Morimoto and K. Ohtani(2002): Resistance to a mating disruptant composed of (Z)-11-tetradecenyl acetate in the smaller tea tortrix, *Adoxophyes honmai* (Yasuda) (Lepidoptera: Tortricidae). Appl. Entomol. Zool. 37, 299～304.
- 8) 西島卓也(2005): 性フェロモン剤を基幹とした茶のハマキムシ類の防除. あたらしい農業技術 No.437. 静岡県農業水産部. 14pp.

-
- 9) 野口 浩・杉江 元(2004) : チャノコカクモンハマキの交信攪乱剤抵抗性系統の作出と抵抗性の要因. 農業環境研究成果情報 第20集, 30~31.
 - 10) Ogawa, K. (1990) Commercial development: mating disruption of tea tortrix moths. In Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management—Applications of Pheromones and Other Attractants (R. L. Ridgway, R. M. Silverstein and M. N. Inscoe eds.), Marcel Dekker, New York, 547~552.
 - 11) 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, 東京. 144pp.
 - 12) 小俣良介・佐々木功二・前田美津江(2002) : 性フェロモン剤を利用したチャのハマキムシ類の発生抑制. 埼玉農総研研報 2, 73~80.
 - 13) 大泰司誠(1986) : 交信かく乱法によるチャのハマキガ類の防除—静岡県の場合—. 植物防疫 40, 51~54.
 - 14) 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 No.62, 55~57.
 - 15) 大泰司誠・内嶋善兵衛・山本昭(1991) : チャノコカクモンハマキの交信攪乱圃場における大気中の合成性フェロモン濃度と交尾率との関係. 応動昆 35, 207~211.
 - 16) 小澤朗人(2008a) : 茶における IPM 実践の現状と課題. 今月の農業 52(8), 101~105.
 - 17) 小澤朗人(2008b) 茶における生物的防除の実践. バイオコントロール 12(1), 4~8.
 - 18) 小澤朗人(2008c) : チャの環境保全型防除. 関西病虫研報 50, 65~69.
 - 19) 小澤朗人(2009a) : 交信攪乱剤を基幹とした減農薬防除体系による茶害虫クワシロカイガラムシの密度抑制. あたらしい農業技術 No.526. 静岡県産業部. 9p.
 - 20) 小澤朗人(2009b) : 交信かく乱剤の利用を基幹とした温暖地茶園における減農薬防除体系. 生物機能を活用した病害虫・雑草管理と肥料削減: 最新技術集. (独)農研機構 中央農業総合研究センター, 179~184.
 - 21) 高木一夫(1976) : 茶害虫の総合防除. 農業技術 31(11), 489~491.
 - 22) 玉木佳男・野口 浩・杉江 元(1983) : チャノコカクモンハマキおよびチャハマキにおける雌雄間交信の同時攪乱物質の選定. 応動昆 27, 124~130.
 - 23) 若村定男(1993) : 性フェロモン防除法の適用条件. 植物防疫 47, 499~502.