

チャノコカクモンハマキにおける テブフェノジド剤抵抗性の遺伝様式

静岡県農林技術研究所茶業研究センター うちやま とおる おざわ あきひと
内山 徹・小澤 朗人

はじめに

チャの重要害虫であるチャノコカクモンハマキ *Adoxophyes honmai* Yasuda (チョウ目：ハマキガ科) は、幼虫が葉をつづり合わせて巻葉をつくり、その中で葉を加害する(南川・刑部, 1979)。本種は光合成の母葉となる成葉のみならず収穫物となる新葉にも寄生し、多発生時には新芽の生育遅延や収量の低下等の深刻な被害をもたらす。近年、静岡県内の代表的なチャ産地である牧之原地域を中心として、チャノコカクモンハマキの多発生傾向が続いている。例えば、静岡県では本種に関して、2004年以降の10年間に計4回の発生予察注意報が発令されている(静岡県病害虫防除所, 2015)。現在、静岡県のチャ園における本種の防除では、通常年4回の幼虫の発生時期にジアシルヒドラジン系昆虫成長制御剤(以下、DAH系IGR剤)やジアミド系殺虫剤を基幹剤として、年数回の殺虫剤防除が行われている。

DAH系IGR剤は脱皮ホルモン受容体アゴニストとしてチョウ目害虫に特異的な殺虫活性を示す選択性殺虫剤であり、これまでにテブフェノジド剤、メトキシフェノジド剤およびクロマフェノジド剤が上市されている(DHADIALLA et al., 1998)。これらのIGR剤は、土着天敵の保護が可能な選択性殺虫剤であるとともに残効期間も長い(内山, 2012)、ハマキガ類をはじめとしたチョウ目害虫の防除に欠かせない殺虫剤である。しかしながら、DAH系IGR剤のチャノコカクモンハマキに対する防除効果の低下が、2004年ころより牧之原地域の茶生産者から指摘され始め、その一因として殺虫剤抵抗性の発達が考えられた(内山ら, 2013; UCHIYAMA and OZAWA, 2014)。

近年、牧之原地域のチャノコカクモンハマキ個体群が、DAH系IGR剤のうち特にテブフェノジド剤に対する抵抗性を急速に発達させている(内山ら, 2013)。す

なわち、2004年から08年における本個体群のテブフェノジド剤抵抗性は、抵抗性比が1年経過するごとに2.3倍となり、他のIGR剤のメトキシフェノジド水和剤(同1.5倍)やルフエヌロン乳剤(同1.4倍)と比較すると、その発達速度は際立っている(内山ら, 2013)。しかしながら、本種におけるテブフェノジド剤抵抗性が、なぜ急速に発達しているのか、そのメカニズムについては解明されていない。

殺虫剤抵抗性の遺伝様式を知ることは、抵抗性発達の速度を予測する際に重要な情報となる(Roush and Croft, 1986)。ハマキガ科害虫の殺虫剤抵抗性の遺伝様式については、これまでに、海外のコドリノガ *Cydia pomonella* (Linnaeus) (チョウ目：ハマキガ科)においてピレスロイド剤抵抗性が常染色体性の不完全劣性であると報告されている(Bouvier et al., 2001)。我が国ではリンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana fasciata* Walsingham (チョウ目：ハマキガ科)において有機リン剤抵抗性の遺伝様式が調査されているが、その詳細な解明には至っていない(舟山・高橋, 1995)。チャノコカクモンハマキでは、交信攪乱フェロモン剤に対する抵抗性の遺伝様式については報告されている(Tabata et al., 2007)ものの、殺虫剤抵抗性の遺伝様式は明らかにされていない。

そこで本稿では、チャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤に対する抵抗性発達のメカニズム解明につながる知見を得るために、本剤抵抗性系統と感受性系統をもとにした交配試験を行い、本剤抵抗性の遺伝様式を明らかにした結果(内山・小澤, 2015 a)を紹介する。

I 交配試験の方法

1 供試虫

テブフェノジド剤抵抗性系統(以下、R系統)は、2009年5月に静岡県牧之原市布引原の現地チャ園から雌成虫20頭以上を採集し、採卵後、野口(1991)の方法に従って累代飼育した系統を供試した。テブフェノジド剤感受性系統(以下、S系統)は、1960年代に農研機構 野菜茶業研究所(現：果樹茶業研究部門)金谷茶業研究拠点のチャ園で採集・累代飼育され、1980年代に静岡県農林技術研究所茶業研究センターに分譲された

Inheritance of tebufenozide resistance in the smaller tea tortrix, *Adoxophyes honmai* (Lepidoptera : Tortricidae). By Toru UCHIYAMA and Akihito OZAWA

(キーワード：チャノコカクモンハマキ, テブフェノジド, 殺虫剤抵抗性, 遺伝様式)

後、累代飼育した系統を供試した。両系統とも、人工飼料（インセクタ LFS, 日本農産工業（株）製）を餌として累代飼育し、試験に使用した。

2 交配

図-1に、RおよびS系統をもとにした交配試験により得た系統名を示した。RおよびS系統の正逆交配によって得られたF₁およびF₁'系統の殺虫剤感受性検定を行い、後述の「4 データ解析」で示した手法により、テブフェノジド剤抵抗性の優性度*D* (STONE, 1968) および伴性遺伝か否かを確認した。また、F₁およびF₁'系統同志の交配からはそれぞれF₂およびF₂'系統を得た。さらに、F₁およびF₁'系統にR系統を正逆で戻し交配してそれぞれBR1およびBR3, BR2およびBR4の4系統を作出し、F₁およびF₁'系統にS系統を正逆で戻し交配してそれぞれBS1およびBS3, BS2およびBS4の4系統を作出した。F₂およびF₂'系統、戻し交配による8系統について殺虫剤感受性検定を行い、後述の「4 データ解析」で示した手法によりテブフェノジド剤抵抗性遺伝子が単一か否かを確認した。

チャノコカクモンハマキ各系統の交配は、プラスチックケース（22 × 16 × 4.3 cm）を用いて行った。本ケース内に、成虫の給水用として水道水で湿らせた脱脂綿を入れ、羽化直後～3日以内の未交尾成虫を雄25頭、雌20頭の割合で放し、ケース上部にグラシン紙を挟み込んで蓋をした後、恒温室に静置した。この採卵容器を各系統4～6個ずつセットし、殺虫剤感受性検定に必要な供試幼虫数を確保した。なお、複数の採卵容器のグラシン紙に付着した卵塊はすべて切り出し、インセクタ LFSを餌として集団飼育した。

3 殺虫剤感受性検定

試験にはテブフェノジド水和剤（商品名：ロムダンフロアブル、有効成分20%、日本農薬（株）製）を供試した。殺虫剤感受性検定は、小杉（1998）の方法に準じて、静岡県農林技術研究所茶業研究センター内の農薬無散布チャ園から採集した新鮮なチャの成葉を用いたチャ葉浸漬法により実施した。半数致死濃度（以下、LC₅₀値）を求めるために、テブフェノジド剤を水道水により250～90,000倍の8～13段階に希釈して試験に用いた。チャ葉を所定の薬液に10秒間以上浸漬して風乾後、ろ紙を敷いた丸型スチロール製容器（内径78 mm、深さ44 mm）に6枚入れ、2～3齢の供試幼虫を10頭ずつ放した。チャ葉の乾燥を防ぐために通気性のない蓋で閉じ、25℃、16L8Dの恒温室に静置した。これを各処理につき3反復行い（合計30頭）、処理3～6日後のいずれか1日と8日および10日後の3回、生死を調査した。テブフェノジド剤は、チャノコカクモンハマキに対して遅効的な殺虫効果を示したため、最終的な生死の判定は調査3回目の処理10日後とし、死虫率は10日後の生死をもとに算出した。なお、苦悶虫は死虫とみなした。

4 データ解析

各処理における供試幼虫の死虫率は、ABBOTT（1925）により補正した。LC₅₀値は、Polo Plus version 2.0 (LEORA SOFTWARE, 2002) を用いてプロビット法により算出した。また、得られたLC₅₀値をもとに、S系統のLC₅₀値に対する抵抗性比（各系統のLC₅₀値/S系統のLC₅₀値）を求めた。

F₁またはF₁'系統における優性度*D*は、STONE（1968）の次式により算出した。

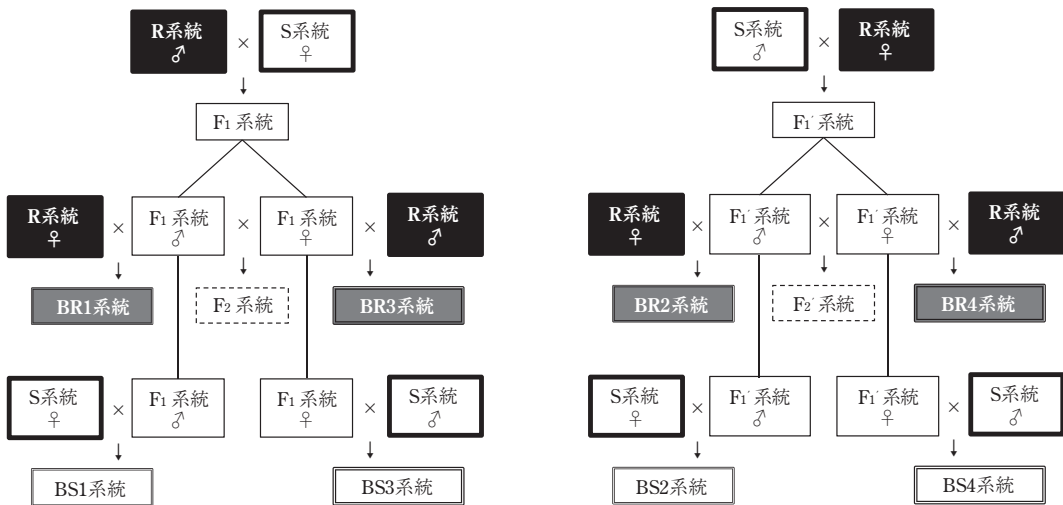


図-1 チャノコカクモンハマキの交配試験により得た系統名

$$D = (2X_2 - X_1 - X_3)/(X_1 - X_3)$$

$X_1 = \log_{10}$ (R系統のLC₅₀値)

$X_2 = \log_{10}$ (F₁またはF₁'系統のLC₅₀値)

$X_3 = \log_{10}$ (S系統のLC₅₀値)

なお、 $D = -1$ の場合は完全劣性、 $-1 < D < 0$ の場合は不完全劣性、 $0 < D < 1$ の場合は不完全優性、 $D = 1$ の場合は完全優性と判断される。

テブフェノジド剤抵抗性が単一因子に支配されているか否かの判断は、TSUKAMOTO (1963)の方法に従った。すなわち、抵抗性が単一因子により支配されている場合は、F₁およびF₁'系統にR系統とS系統を戻し交配した各系統のテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の曲線において50%プロビット死虫率(プロビット値5.0)の位置にプラトーが検出される。また、同様に単一因子により支配されている場合は、F₂およびF₂'系統の曲線において25%および75%プロビット死虫率(プロビット値4.3および5.7)の位置にプラトーが検出される。

II テブフェノジド剤抵抗性の遺伝様式

1 RおよびS系統のテブフェノジド剤に対する感受性

表-1に、RおよびS系統と、これらをもとに交配に

より作出した各系統のテブフェノジド剤に対する感受性を示した。RおよびS系統のLC₅₀値は、それぞれ595 ppm および 4.46 ppm であった。R系統の抵抗性比は133倍であり、S系統と比較して高度に抵抗性が発達していた。図-2には、RおよびS系統のテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の関係を示した。R系統におけるプロビット回帰直線の傾きは4.57、同様にS系統における傾きは5.73となり、交配で得られたF₁(傾き3.41)およびF₁'系統(傾き2.86)と比較して、RおよびS系統ともに傾きが大きかった(表-1)。

2 F₁およびF₁'系統のテブフェノジド剤に対する感受性

F₁およびF₁'系統のLC₅₀値は、それぞれ83.3 ppm および 88.0 ppm を示した(表-1)。また、共分散分析の結果、両系統のプロビット回帰直線において、その傾きの平行性に有意差は認められなかった($P > 0.05$)(図-2)。よって、チャノコカクモンハマキにおけるテブフェノジド剤抵抗性は伴性遺伝ではなく、常染色体性の遺伝であることが示唆された。また、F₁およびF₁'系統のプロビット回帰直線は、R系統とS系統の直線の間に位置した(図-2)。F₁およびF₁'系統の優性度Dは、それぞれ0.196 および 0.219 を示し、両系統とも $0 < D < 1$ の値であっ

表-1 チャノコカクモンハマキ2~3齢幼虫のテブフェノジド剤に対する感受性^a

系統(交配) ^b	LC ₅₀ (ppm)	(95%信頼区間)	傾き ± SE	抵抗性比 ^c	n ^d	自由度	χ ²
R	595	(522-711)	4.57 ± 0.73	133	182	13	12.5
S	4.46	(3.59-5.40)	5.73 ± 1.09	1.00	145	10	10.5
F ₁ (R × S)	83.3	(67.0-108)	3.41 ± 0.38	18.7	259	22	46.1
F ₁ ' (S × R)	88.0	(62.4-113)	2.86 ± 0.57	19.7	256	22	26.3
F ₂ (F ₁ × F ₁)	78.7	(58.2-100)	1.91 ± 0.22	17.6	403	37	35.8
F ₂ ' (F ₁ ' × F ₁ ')	103	(74.8-132)	1.96 ± 0.27	23.1	374	37	30.6
BR1 (F ₁ × R)	223	(160-286)	2.67 ± 0.45	50.0	227	19	20.2
BR2 (F ₁ ' × R)	191	(150-233)	2.71 ± 0.36	42.8	292	25	22.1
BR3 (R × F ₁)	178	(136-223)	2.70 ± 0.36	39.9	240	22	24.8
BR4 (R × F ₁ ')	173	(134-220)	2.69 ± 0.49	38.8	189	16	16.3
BS1 (F ₁ × S)	32.3	(15.0-52.7)	1.84 ± 0.38	7.24	181	16	37.7
BS2 (F ₁ ' × S)	24.2	(18.6-31.0)	2.00 ± 0.22	5.43	280	25	31.3
BS3 (S × F ₁)	28.2	(21.6-35.3)	2.27 ± 0.26	6.32	276	25	31.3
BS4 (S × F ₁ ')	25.9	(20.9-31.9)	2.04 ± 0.22	5.81	277	25	21.1

^a 内山・小澤, 2015 a を改変.

^b 交配に使用した系統 (♂ × ♀).

^c 各系統のLC₅₀値/S系統のLC₅₀値.

^d コントロールを含む供試幼虫数.

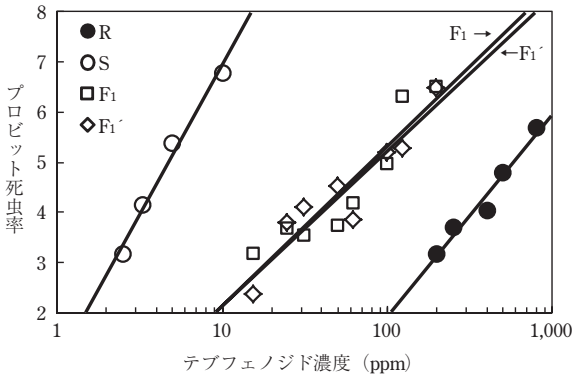


図-2 R, S, F₁ および F₁' 系統におけるテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の関係 (内山・小澤, 2015 a を改変)

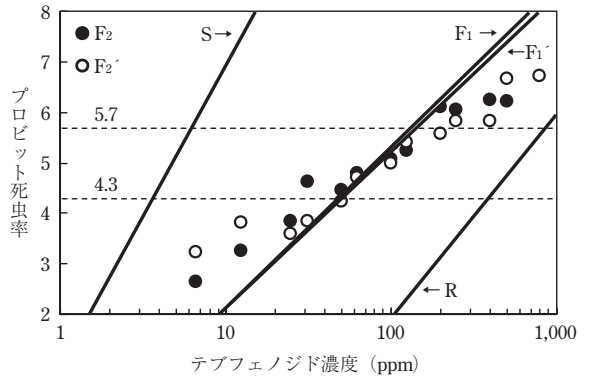


図-3 F₂ および F₂' 系統におけるテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の関係 (内山・小澤, 2015 a を改変)

たことから、チャノコカクモンハマキにおけるテブフェノジド剤抵抗性は不完全優性の遺伝様式であることが示唆された。

3 F₂ および F₂' 系統, 戻し交配による 8 系統のテブフェノジド剤に対する感受性

F₂ および F₂' 系統の LC₅₀ 値は, それぞれ 78.7 ppm および 103 ppm であった (表-1)。また, 両系統におけるテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の関係を図-3 に示した。25% および 75% プロビット死虫率 (プロビット値 4.3 および 5.7) の位置に F₂ および F₂' 系統のプラトーは見られなかった。

BR1, BR2, BR3 および BR4 の 4 系統の LC₅₀ 値は, 順に 223 ppm, 191 ppm, 178 ppm および 173 ppm であった (表-1)。また, テブフェノジド濃度—プロビット死虫率のプロットは, これらの 4 系統すべてで R 系統と F₁ および F₁' 系統のプロビット回帰直線の間位置したが, 50% プロビット死虫率 (プロビット値 5.0) の位置にプラトーは見られなかった (図-4)。BS1, BS2, BS3 および BS4 の 4 系統の LC₅₀ 値は, 順に 32.3 ppm, 24.2 ppm, 28.2 ppm および 25.9 ppm であった (表-1)。また, テブフェノジド濃度—プロビット死虫率のプロットは, これらの 4 系統すべてで, S 系統と F₁ および F₁' 系統のプロビット回帰直線の間位置したが, 50% プロビット死虫率 (プロビット値 5.0) の位置にプラトーは見られなかった (図-4)。

F₂ および F₂' 系統, 戻し交配による 8 系統のテブフェノジド剤に対する感受性検定の結果から, チャノコカクモンハマキにおけるテブフェノジド剤抵抗性は, 複数因子により支配されていることが示唆された。

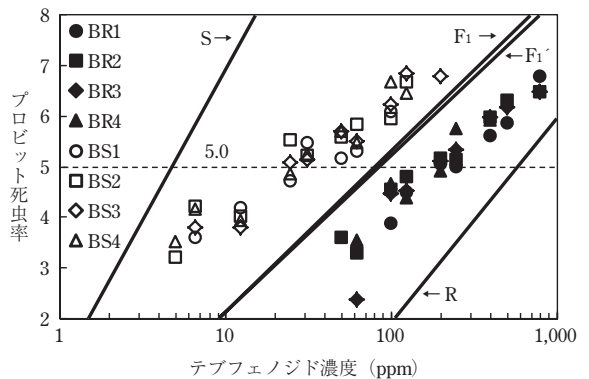


図-4 戻し交配 8 系統におけるテブフェノジド濃度—プロビット死虫率の関係 (内山・小澤, 2015 a を改変)

III チョウ目害虫における殺虫剤抵抗性の遺伝様式

本研究において, チャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤抵抗性は, 常染色体性の複数因子による不完全優性の遺伝様式であることが示唆された。チャノコカクモンハマキにおける殺虫剤抵抗性の遺伝様式を明らかにしたのは本研究が初めてとなる。ちなみに, 筆者らは, 静岡県牧之原地域などで近年問題が深刻化している本種のジアミド剤抵抗性についても遺伝様式を調べており, テブフェノジド剤抵抗性と同様に常染色体性の複数因子による不完全優性であることを突き止めている (内山・小澤, 2015 b)。

チョウ目害虫における殺虫剤抵抗性の遺伝様式は殺虫剤の種類によって異なるものの, 多くは劣性遺伝することが知られている。例えば, 殺虫剤抵抗性が世界的に問題となっているコナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) (チ

ヨウ目：コナガ科）（APRD, 2016）においては抵抗性の遺伝様式も精力的に研究されており、多くの場合で劣性であることがわかっている（園田, 2015）。また、ハマキガ科害虫で唯一遺伝様式が解明されているコドリリングの場合も、ピレスロイド剤に対する抵抗性は複数因子による不完全劣性である（BOUVIER et al., 2001）。また、テブフェノジド剤抵抗性については、シロイチモジヨトウ *Spodoptera exigua*（Hübner）（チョウ目：ヤガ科）で唯一報告されており、複数因子による不完全劣性であることがわかっている（JIA et al., 2009）。これに対し、チャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤およびジアミド剤に対する抵抗性の遺伝様式は、ともに常染色体性の複数因子による不完全優性であった（内山・小澤, 2015 a ; 2015 b）。このように、本種における殺虫剤抵抗性の遺伝様式は、他のチョウ目害虫とは異なった希有な事例である。ただし、殺虫剤の種類によっては本種における抵抗性の遺伝様式は異なる可能性もある。

抵抗性遺伝子の優性度については、優性は劣性より抵抗性が発達しやすいとされていることから（FAO, 2012）、優性度の観点ではチャノコカクモンハマキがコナガやコドリリングよりも抵抗性を発達させやすいと言える。例えば、我が国におけるコナガのジアミド剤抵抗性は完全劣性に近い遺伝とされ（犬飼・坂田, 2014）、ジアミド剤の使用開始から7年後に明らかな感受性低下が生じている（福田・林川, 2014；清水ら, 2014）。一方で、チャノコカクモンハマキのジアミド剤抵抗性は、フルベンジアミド剤の場合、使用開始後わずか4年（年1回の使用で累積4回）で、クロラントラニリプロール剤の場合は使用開始後わずか2年（年1回の使用で累積2回）で確認されている（UCHIYAMA and OZAWA, 2014）。

IV 殺虫剤抵抗性の遺伝様式と抵抗性の発達および拡散

静岡県牧之原地域のチャノコカクモンハマキ個体群ではテブフェノジド剤抵抗性が急速に発達していることが明らかになっている（内山ら, 2013）。殺虫剤抵抗性の発達シミュレーションでは、抵抗性遺伝子が低頻度の場合、その発達速度は優性よりも劣性で遅延し、その遅延効果は個体の移出入でさらに高まるという（GOERGIU and TAYLOR, 1977；TAYLOR and GEORGIU, 1979）。この考えに基づくと、不完全優性であったチャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤抵抗性は、不完全劣性であったコドリリングのピレスロイド剤抵抗性（BOUVIER et al., 2001）やシロイチモジヨトウのテブフェノジド剤抵抗性（JIA et al., 2009）に比べて、抵抗性の発達が速い可能性がある。

一般的に、単一因子に抵抗性が支配されているほうが複数因子による場合と比べて抵抗性遺伝子が拡散しやすいと考えられている。このことは、ハダニ類の殺ダニ剤抵抗性（ROUSH and MCKENZIE, 1987）や、捕食性ダニ *Metaseiulus occidentalis*（Nesbitt）（ダニ目：カブリダニ科）のピレスロイド剤およびカーバメート剤抵抗性（HOY et al., 1980；ROUSH and HOY, 1981）に関する研究からも支持されている。チャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤抵抗性は複数因子によって支配されていることから、抵抗性遺伝子は拡散しにくく、牧之原のような特定の地域で急速に抵抗性が発達した可能性がある。

おわりに

静岡県牧之原地域のチャノコカクモンハマキ個体群では、近年のジアミド剤抵抗性（UCHIYAMA and OZAWA, 2014）やDAH系IGR剤抵抗性（内山ら, 2013）だけでなく、1980～90年代におけるカーバメート剤（白井ら, 1988）、有機リン剤およびピレスロイド剤（小杉, 1999）に対する抵抗性も確認されている。このような複数殺虫剤に対する複合抵抗性は、本種に限らず世界中の様々な害虫で大きな問題となっている（APRD, 2016）。これまでこの問題は新規剤の登場により一時的に沈静化してきたが、その使用回数の増加に伴って新たな抵抗性が顕在化し、現在でもこの悪循環は続いている。今後は農業の開発・登録に要するコストの増大と農薬の規制強化に伴い、既存剤だけでなく新規剤の登録数も伸び悩むことが想定され（鈴木, 2012；山本, 2012）、悪循環に拍車がかかる可能性がある。悪循環から脱却するためには、各害虫におけるそれぞれの殺虫剤抵抗性を詳細に解明することが必要不可欠であり、チャノコカクモンハマキについても同様である。今後は、本種における殺虫剤抵抗性メカニズムの解明と迅速・簡易な抵抗性診断法の開発や交差抵抗性についても研究を進め、生産現場での殺虫剤抵抗性管理につなげていきたい。また、新規剤が生産現場で使用される際には、系統などの薬剤情報の周知徹底や抵抗性発達リスクを考慮した使用制限の推奨など、先回りの殺虫剤抵抗性管理が重要だと考えられる。

最後に、本研究に有益な助言や情報をいただいた静岡大学農学部西東力教授、農研機構中央農業研究センターの日本典秀博士、上杉龍士博士、農研機構九州沖縄農業研究センターの松村正哉博士に感謝の意を表す。また、供試虫の採集や交配、殺虫剤感受性検定にご協力いただいた静岡県植物防疫協会の住川純子氏、鬼窪多津子氏、静岡県農林技術研究所茶業研究センター研修生および静岡県立農林大学校茶業分校の学生諸氏に深謝

する。なお、本研究は、農林水産省委託研究プロジェクト「ゲノム情報を活用した農産物の次世代生産基盤技術の開発」のうち「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発 (PRM1200)」により実施した。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265 ~ 267.
- 2) APRD (2016): Arthropod Pesticide Resistance Database, Michigan State University, 2016年3月16日閲覧.
- 3) BOUVIER, J. C. et al. (2001): Heredity **87**: 456 ~ 462.
- 4) DHADIALLA, T. S. et al. (1998): Annu. Rev. Entomol. **43**: 545 ~ 569.
- 5) 舟山 健・高橋佑治 (1995): 応動昆 **39**: 81 ~ 83.
- 6) FAO (2012): Guidelines on prevention and management of pesticide resistance, 55 pp.
- 7) 福田 健・林川修二 (2014): 九州病虫研報 **60**: 75 ~ 78.
- 8) GEORGHIOU, G. P. and C. E. TAYLOR (1977): J. Econ. Entomol. **70**: 319 ~ 323.
- 9) HOY, M. A. et al. (1980): Calif. Agric. **34**: 11 ~ 12.
- 10) 犬飼佳代・坂田和之 (2014): 第58回応動昆大会: 65 (講要).
- 11) JIA, B. et al. (2009): Pest Manag. Sci. **65**: 996 ~ 1002.
- 12) LEORA SOFTWARE (2002): Polo Plus version 2.0., LeOra Software, Petaluma.
- 13) 南川仁博・刑部 勝 (1979): 茶樹の害虫, 日本植物防疫協会, 東京, p.91 ~ 113.
- 14) 野口 浩 (1991): 昆虫の飼育法 (湯嶋 健ら編), 日本植物防疫協会, 東京, p.91 ~ 96.
- 15) 小杉由紀夫 (1998): 植物防疫 **52**: 48 ~ 50.
- 16) ——— (1999): 関東病虫研報 **46**: 123 ~ 126.
- 17) ROUSH, R. T. and B. A. CROFT (1986): Pesticide resistance: strategies and tactics for management, National Academy Press, Washington, D.C., p.257 ~ 270.
- 18) ——— and J. A. MCKENZIE (1987): Annu. Rev. Entomol. **32**: 361 ~ 380.
- 19) ——— and M. A. HOY (1981): J. Econ. Entomol. **74**: 142 ~ 147.
- 20) 園田昌司 (2015): 農業及び園芸 **90**: 446 ~ 455.
- 21) 清水 健ら (2014): 関東病虫研報 **61**: 137 ~ 140.
- 22) 白井 満ら (1988): 同上 **35**: 189 ~ 190.
- 23) 静岡県病害虫防除所 (2015): 病害虫発生注意報・警報一覧 (~平成27年5月), 2015年6月20日閲覧.
- 24) STONE, B. F. (1968): Bull. World Health Org. **38**: 325 ~ 326.
- 25) 鈴木芳人 (2012): 植物防疫 **66**: 380 ~ 384.
- 26) TABATA, J. et al. (2007): Appl. Entomol. Zool. **42**: 675 ~ 683.
- 27) TAYLOR, C. E. and G. P. GEORGHIOU (1979): J. Econ. Entomol. **72**: 105 ~ 109.
- 28) TSUKAMOTO, M. (1963): Botyu-Kagaku **28**: 91 ~ 98.
- 29) 内山 徹 (2012): 関西病虫研 **54**: 151 ~ 154.
- 30) ———ら (2013): 応動昆 **57**: 85 ~ 93.
- 31) UCHIYAMA, T. and A. OZAWA (2014): Appl. Entomol. Zool. **49**: 529 ~ 534.
- 32) 内山 徹・小澤朗人 (2015 a): 応動昆 **59**: 127 ~ 131.
- 33) ——— (2015 b): 第59回応動昆大会: 129 (講要).
- 34) 山本敦司 (2012): 農薬誌 **37**: 392 ~ 398.

登録が失効した農薬 (28.3.1 ~ 3.31)

掲載は、種類名、登録番号: 商品名 (製造者又は輸入者) 登録失効年月日。

〔殺虫剤〕

- MEP 乳剤
- 11345: サンケイシミチオン乳剤 70 (サンケイ化学) 16/3/13
- フェンバレレート乳剤
- 15449: スミサイジン乳剤 3 (住友化学) 16/3/29
- フェンバレレート・マラソン水和剤
- 15467: 日農ハクサップ水和剤 (日本農薬) 16/3/29

〔殺虫・殺菌剤〕

- イミダクロプリド・プロベナゾール粒剤
- 21483: ホクコー Dr. オリゼアドマイヤー箱粒剤 (北興化学工業) 16/3/2
- イミダクロプリド・フィプロニル・プロベナゾール粒剤
- 22023: ホクコービルダープリンスアドマイヤー粒剤 (北興化学工業) 16/3/2
- ジノテフラン・フィプロニル・プロベナゾール粒剤
- 22067: ホクコービルダープリンススタークル粒剤 (北興化学工業) 16/3/2
- フィプロニル・オリサストロビン・プロベナゾール粒剤
- 22219: ホクコー Dr. オリゼプリンスエース粒剤 (北興化学工業) 16/3/2

〔殺菌剤〕

- イソチアニル水和剤
- 23246: シードタイムフロアブル (バイエルクロップサイエンス) 16/3/13

〔除草剤〕

- イマゾスルフロン・エトベンザニド・ダイムロン粒剤
- 23248: 協友キックバイ1キログラム (協友アグリ) 16/3/13
- ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メソトリオン粒剤
- 23252: アピロスター MX1 キログラム (シンジェンタ ジャパン) 16/3/27
- ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メソトリオン粒剤
- 23253: アピロスター MX ジャンボ (シンジェンタ ジャパン) 16/3/27

〔植物成長調整剤〕

- バクロブトラゾール水和剤
- 17233: ボンザイフロアブル (シンジェンタ ジャパン) 16/3/24