

2-2 チャノコカクモンハマキ

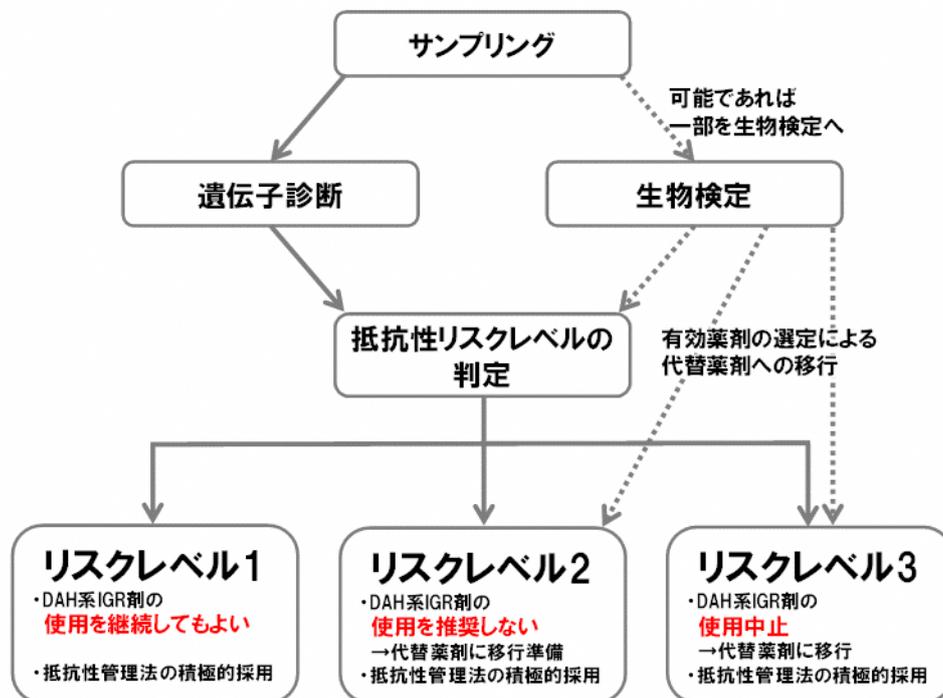
1) チャノコカクモンハマキの薬剤抵抗性の現状と対策の考え方

チャの重要害虫であるチャノコカクモンハマキの薬剤抵抗性は、全国の茶産地で問題となっている。本種の薬剤抵抗性は、これまでに静岡県茶産地で1980年代にカーバメート剤（1A）（白井ら、1988）、1990年代に有機リン剤（1B）およびピレスロイド剤（3A）（小杉、1999）で確認されている。さらに近年では、本種の基幹防除剤としてジアシルヒドラジン（以下、DAH）系IGR剤（18）およびジアミド系殺虫剤（以下、ジアミド剤）（28）が広く使用されているが、これらの薬剤に対する抵抗性も確認されている（内山ら、2013；Uchiyama and Ozawa、2014）。両剤に対する感受性の低下は、2018年までに静岡県をはじめとして三重県、京都府および福岡県でも認められており、今後は全国の茶産地で問題となる可能性がある。

本ガイドライン案では、チャノコカクモンハマキの抵抗性遺伝子診断や生物検定から抵抗性リスクレベルを判定するとともに、レベルに応じた防除体系の構築と抵抗性管理法を解説する。なお、本稿では、抵抗性診断法が開発されているDAH系IGR剤〔テブフェノジド剤（18）〕を対象にガイドライン案を構成している。

2) 薬剤抵抗性管理の具体的手順

a) フローチャート



b) サンプルリング (3-2 参照)

(1) 粘着式トラップ

抵抗性診断を実施するためのサンプルリング法としては、フェロモンルアー（信越化学工業、住友化学）および粘着式トラップ（住友化学、サンケイ化学）を用いたフェロモントラップ（いずれも日本植物防疫協会から購入可能）を利用するのが効率的である。本トラップにより雄成虫を合計 80 個体（リスクレベル 1 か 2 かを判断する場合）または 16 個体（リスクレベル 2 か 3 かを判断する場合）捕獲する（1-3 参照）。なお、半径数百メートル程度の地域内での抵抗性の現状を把握するためには、本トラップを地域内の複数か所（3 か所以上が望ましい）に設置するとともに、各トラップから満遍なく個体を回収して、必要な個体数を抵抗性診断に用いる。

(2) 見取り

抵抗性診断を実施するためには、見取りを行ってサンプルを採集しても良い。成虫発生期にチャ株を叩いて成虫を追い出し、捕虫網や 50ml チューブなどを用いて合計 80 個体（リスクレベル 1 か 2 かを判断する場合）または 16 個体（リスクレベル 2 か 3 かを判断する場合）捕獲する（「1-3 サンプルリング」参照）。また、幼虫または蛹発生期には食害された巻葉を採集し、巻葉内に生息する幼虫または蛹を捕獲しても良い（必要な個体数は成虫と同様）。なお、半径数百メートル程度の地域内での抵抗性の現状を把握するためには、複数圃場（3 か所以上が望ましい）から満遍なく個体を回収して、必要な個体数を抵抗性診断に用いる。

c) 薬剤抵抗性検出

c-1) 遺伝子診断法 (4-2 参照)

マニュアルに従って PCR-RFLP 法または LAMP 法によりテブフェノジド剤 (18) に対する抵抗性を個体別に診断する。

c-2) 生物検定法 (5-2 参照)

生物検定、すなわち殺虫剤感受性検定は、小杉 (1998) の方法に準じて実施する。ただし、幼虫の生死の判定時期については、小杉 (1998) の方法を改変することが望ましい (内山・小澤、2017b)。

c-3) 圃場検定法

圃場における防除試験を新農薬実用化試験・殺虫剤圃場試験法 (日本植物防疫協会、2018) に従って実施する。本試験を実施することにより、遺伝子診断および生物検定の結果と照らし合わせた総合的な判断が可能になる。

3) 判断基準

遺伝子診断	生物検定	リスク レベル	望ましい対策
抵抗性 遺伝子頻度	補正死虫率		
5%未満	100%	1	DAH系IGR剤の使用を継続してもよい。ただし、本剤抵抗性の発達を抑制するためにも、抵抗性管理法を積極的に採用する。
40%未満	70%以上	2	DAH系IGR剤の使用を推奨しない。抵抗性管理法を積極的に採用するとともに、代替薬剤への移行を準備する。
40%以上	70%未満	3	DAH系IGR剤の使用を中止する。抵抗性管理法を積極的に採用するとともに、代替薬剤に移行する。

チャノコカクモンハマキにおけるテブフェノジド剤(18)抵抗性遺伝子頻度は、同一地域内においては年次での変化がほぼないことがわかっている。そのため、当該年のリスクレベルの判定は、前年のいずれかの世代、または当該年の越冬世代に捕獲された個体を用いて行うことが望ましい。

リスクレベルの判定は、「抵抗性遺伝子頻度」で行う。生物検定による補正死虫率データは、リスクレベル判定の参考とする。

リスクレベル1の判定のためには、80個体のグループテストイング(10個体の混合サンプル×8試験グループ)が必要となる(1-3参照)。80個体以下でもリスクレベルの判定は可能だが、たとえ抵抗性遺伝子頻度が5%未満であってもリスクレベル2の可能性のあることを考慮する必要がある。なお、既に抵抗性遺伝子の存在が明らかで、リスクレベル2か3かを判断する場合には、16個体の個体別(グループテストイングではない)の抵抗性診断を実施すれば良い(1-3参照)。

4) 代替防除手段について

「薬剤を使用する限り薬剤抵抗性の発達を防ぐことはできない」ことを念頭に置き、リスクレベルの高低にかかわらず、下記の代替防除手段(=抵抗性管理法)の積極的な採用を推奨する。

a) 抵抗性発達リスクの高い薬剤の使用制限

チャノコカクモンハマキはDAH系IGR剤およびジアミド剤に対する抵抗性の発達速度が他剤よりも速いことが明らかになっている(内山ら、2013；

Uchiyama and Ozawa, 2014)。これらの薬剤は抵抗性発達リスクが高いことを念頭におき、次のような使用制限を推奨する。

- ・DAH系 IGR 剤（テブフェノジド剤（18）、クロマフェノジド剤（18）およびメトキシフェノジド剤（18））のうち1剤のみを年1回までの使用にとどめる。
- ・ジアミド剤（フルベンジアミド剤（28）、クロラントラニリプロール剤（28）およびシアントラニリプロール剤（28）、シクラニリプロール剤（28） ※今後、テトラニリプロール剤（28）も上市予定）のうち1剤のみを年1回までの使用にとどめる。

b) 複数剤同時施用（1-2 参照）

チャノコカクモンハマキに対する登録薬剤のうち系統の異なる薬剤を同時施用することにより、抵抗性発達を抑制できる可能性がある。

c) 選択性薬剤の使用による土着天敵の保護・利用

ピレスロイド剤（3A）、有機リン剤（1B）およびカーバメート剤（1A）などの非選択性薬剤の散布は各種害虫の土着天敵に悪影響を及ぼすため、基本的には防除体系に組み入れることを避ける。IGR 剤（16、18 など）やジアミド剤（28）などの選択性薬剤の使用は土着天敵の保護・利用を可能とするため、防除体系に組み入れることを推奨する。ただし、DAH系 IGR 剤（18）およびジアミド剤（28）は抵抗性発達リスクも高いため、使用制限にも十分注意する。

d) 交信攪乱フェロモン剤（ハマキコンーN）の活用

チャノコカクモンハマキ成虫発生初期に新型のローブ状製剤については 30～50m/10a、従来型のディスペンサー製剤については 150～250 本/10a を設置する。本剤を設置した場合は、薬剤散布によるチャノコカクモンハマキの防除を原則省略できるが、本種の被害が確認された場合は薬剤散布で対応する。

e) ハマキ天敵や BT 剤の活用

ハマキ天敵を 2000～3000 倍希釈で散布することによりチャノコカクモンハマキ幼虫が本製剤に含まれる顆粒病ウイルスに感染し、次世代密度を抑制する効果を示す。また、BT 剤は茶期が進むにつれて効果が不安定になるとも指摘されている（諫山ら、私信）ことから、一番茶摘採後の第一世代幼虫を対象に散布する。

5) 地域特性に合わせた抵抗性管理のポイント

本ガイドライン案は、チャに寄生するチャノコカクモンハマキを対象としている。本種は果樹類やカンキツ類にも寄生するが、本稿では対象としていないの

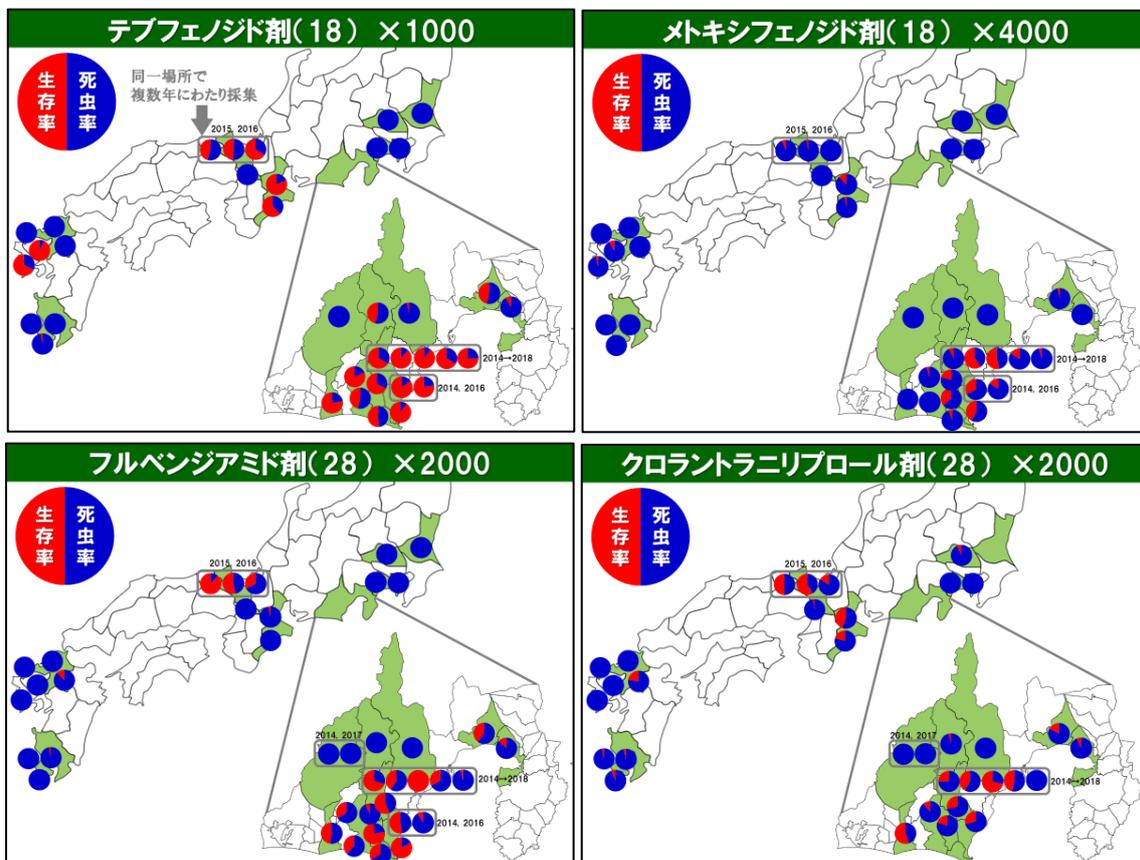
で注意する。

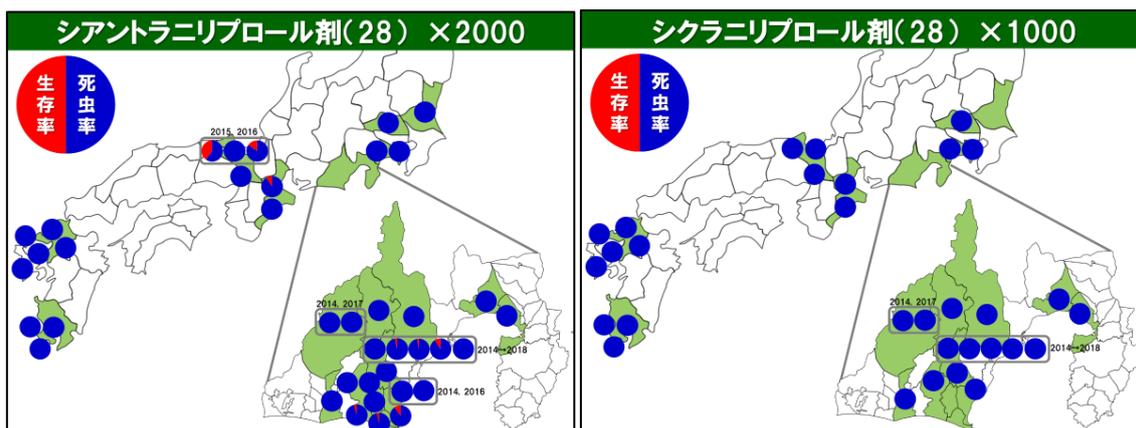
チャノコカクモンハマキの薬剤感受性は、茶産地ごとに異なっている。例えば、静岡県において複数の茶産地から採集したチャノコカクモンハマキの各個体群は、産地ごと、薬剤ごとに感受性が異なっている〔6) a) および b) 参照〕。抵抗性管理の実施にあたっては、地域ごとに抵抗性診断や生物検定を行った上で抵抗性リスクレベルを判定し、レベルに応じて防除体系を構築する必要がある。

6) 薬剤抵抗性管理に役立つ生物学的情報と事例集

a) 全国の茶産地における薬剤感受性（補正死虫率）

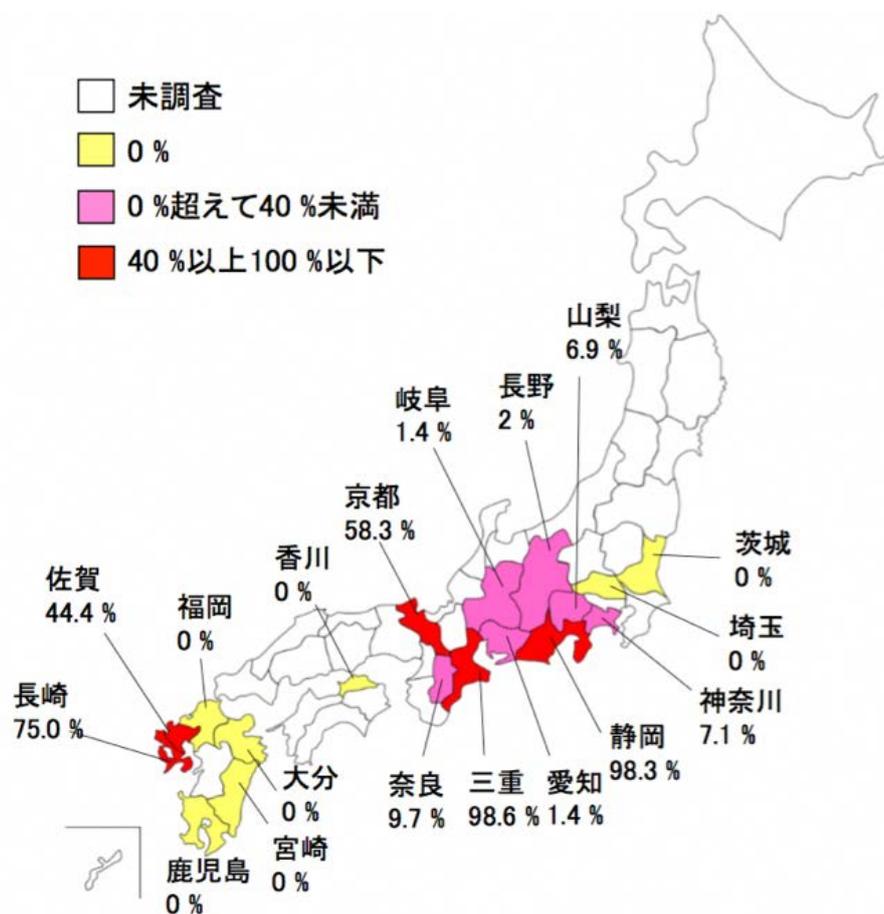
本プロジェクトの研究結果から、チャノコカクモンハマキにおける DAH 系 IGR 剤およびジアミド剤に対する感受性（常用濃度に対する補正死虫率％、2014 年～2018 年調査）は次の図のように明らかにされている。なお、全国各地の個体群に対して総じて感受性の高い殺虫剤（図の剤は除く）は、エマメクチン安息香酸塩剤（6）、スピノサド剤（5）、スピネトラム剤（5）、クロルピリホス剤（1B）、プロフェノホス剤（1B）であった。





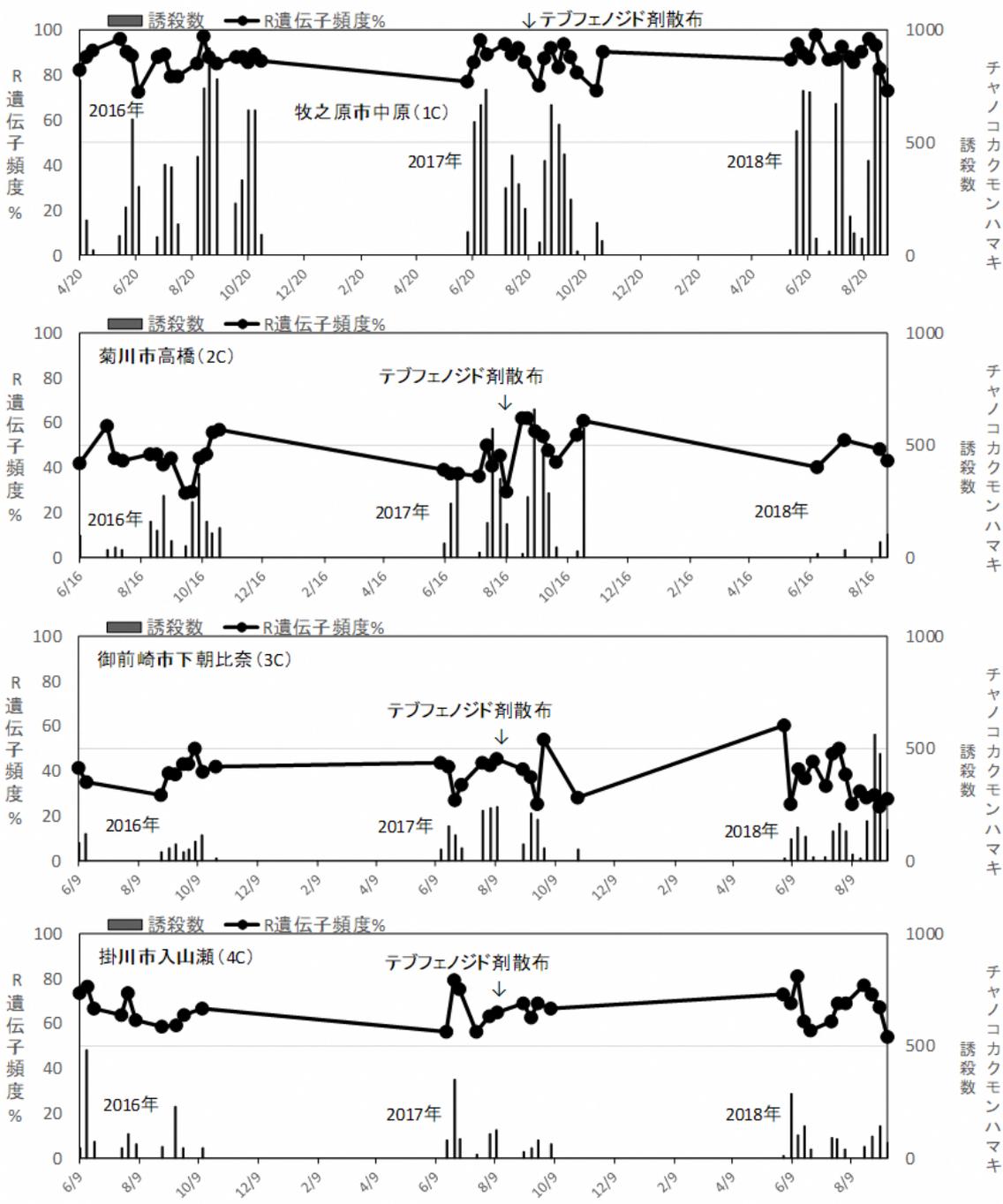
b) 全国の茶産地における DAH 系 IGR 剤 (18) 抵抗性遺伝子頻度

本プロジェクトの研究結果から、各府県の調査地点におけるテブフェノジド剤 (18) 抵抗性遺伝子頻度の最も高い値を示した。なお、抵抗性遺伝子頻度は、フェロモントラップに誘殺された雄成虫 30 個体を供試して抵抗性遺伝子診断を実施していることから、同頻度が低い場合 (14%未満) でも抵抗性リスクレベル 2 の可能性があることを考慮しておく必要がある (1-3 参照)。



c) 同一茶園における DAH 系 IGR 剤（18）抵抗性遺伝子頻度の推移

本プロジェクトの研究結果から、同一茶園におけるチャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤（18）抵抗性遺伝子頻度は地域ごとに異なっており、地域内では同頻度が 20%以上の増減を伴うが、年次での変化はばばないことが明らかになった。



d) 交差抵抗性

本プロジェクトの研究結果から、チャノコカクモンハマキのテブフェノジド剤抵抗性には、作用点（エクダイソン受容体）変異および解毒分解酵素の関与が示唆されている。本種の交差抵抗性は次のように明らかにされているが、解毒分解酵素の関与により異系統の薬剤に交差抵抗性が付与されている可能性がある。また、本結果は室内での薬剤選抜による本種抵抗性系統における交差抵抗性の可能性を示したものであり、生産現場においては必ずしも同様の現象が起こるとは限らないため注意する。なお、下記の「A 剤→B 剤」は「A 剤に抵抗性が発達すると B 剤にも抵抗性が発達する」の意味を示し、逆方向の抵抗性発達については未説明のため注意する。

(1) メトキシフェノジド剤（18）との交差抵抗性



- ・メトキシフェノジド剤（18）→テブフェノジド剤（18）
- ・メトキシフェノジド剤（18）→ルフェヌロン剤（15）
- ・メトキシフェノジド剤（18）とフルベンジアミド剤（28）は交差しない。
- ・メトキシフェノジド剤（18）とクロラントラニリプロール剤（28）は交差しない。
- ・メトキシフェノジド剤（18）とエマメクチン安息香酸塩剤（6）は交差しない。

(2) フルベンジアミド剤 (28) との交差抵抗性



- ・フルベンジアミド剤 (28) →クロラントラニプロール剤 (28)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →シアントラニプロール剤 (28)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →シクラニプロール剤 (28)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →テブフェノジド剤 (18)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →メトキシフェノジド剤 (18)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →フルフェノクスロン剤 (15)
- ・フルベンジアミド剤 (28) →ルフエヌロン剤 (15)

e) 遺伝様式

本プロジェクトの研究結果から、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は次のとおり明らかにされている。

- ・テブフェノジド剤 (18) 抵抗性は、常染色体性の複数因子 (エクダイソン受容体変異+解毒分解酵素) による不完全優性である (内山・小澤、2015)。
- ・フルベンジアミド剤 (28) およびクロラントラニプロール剤 (28) 抵抗性は、いずれも常染色体性の複数因子による不完全優性である (内山・小澤、2017a)。

f) ハマキ剤の残効期間

内山 (2012) によると、チャノコカクモンハマキの薬剤感受性系統 (金谷系統) を用いて、野外におけるハマキ剤の残効期間 (7月散布) を調査した結果は次のとおりである。なお、ハマキ剤の残効期間は散布時期の違いにより異なることも報告されている (内山、2012)。

- ・メトキシフェノジド剤 (18) : 7日程度
- ・ルフエヌロン剤 (15) : 7日程度
- ・フルベンジアミド剤 (28) : 7日程度
- ・クロラントラニプロール剤 (28) : 7日程度
- ・エマメクチン安息香酸塩剤 (6) : 3日程度

- ・スピネトラム剤 (5) : 3 日程度
 - ・クロルピリホス剤 (1B) : 3 日程度
- g) IGR 剤およびジアミド剤に対する抵抗性発達の速度
- チャノコカクモンハマキ島田市湯日個体群における IGR 剤抵抗性 (2004 年～2011 年) およびジアミド剤抵抗性 (2006 年～2011 年) の発達速度は次のように明らかにされている (内山、2017)。
- ・テブフェノジド剤 (18) : 抵抗性比が 1 年経過するごとに 1.48 倍上昇。
 - ・メトキシフェノジド剤 (18) : 同様に 1.49 倍上昇。
 - ・ルフェヌロン剤 (15) : 同様に 1.22 倍上昇。
 - ・フルフェノクスロン剤 (15) : 同様に 0.99 倍となり横ばい。
 - ・フルベンジアミド剤 (28) : 同様に 1.75 倍上昇。
- h) チャノコカクモンハマキの移動分散
- 本プロジェクトにおいて、静岡県菊川市高橋の半径数百メートル程度の地域に、同一時期に複数のフェロモントラップを設置し、各トラップに誘殺されたチャノコカクモンハマキ成虫の遺伝的血縁度を解析した。その結果、本種成虫はそれほど移動分散せずに極小個体群を形成するとともに、その中で近親交配を行っている可能性が考えられた。

(執筆代表者：内山徹)

文献

- 小杉由紀夫 (1998) 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル(17) 茶害虫：チャノコカクモンハマキ, チャハマキ. 植物防疫 52: 48-50.
- 小杉由紀夫 (1999) 静岡県島田市におけるチャノコカクモンハマキの薬剤感受性低下. 関東病虫研報 46: 123-126.
- 日本植物防疫協会 (2018) 新農薬実用化試験・殺虫剤圃場試験法
- 白井 満・小林久俊・伊藤善文・堀田 柏・竹島節夫 (1988) 静岡県におけるチャハマキに対するランネートの感受性低下について. 関東病虫研報 35:189-190.
- 内山 徹 (2012) 各種薬剤のチャノコカクモンハマキに対する残効期間. 関西病虫研報 54:151-154.
- 内山 徹 (2017) チャノコカクモンハマキの殺虫剤抵抗性に関する研究. 静岡農林技研特別報告 7 : 16-26.
- Uchiyama, T. and A. Ozawa (2014) Rapid development of resistance to diamide insecticides in the smaller tea tortrix, *Adoxophyes honmai* (Lepidoptera: Tortricidae), in the tea fields of Shizuoka Prefecture, Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 49: 529-534.
- 内山 徹・小澤朗人 (2015) チャノコカクモンハマキ (チョウ目：ハマキガ

- 科)におけるテブフェノジド剤抵抗性の遺伝様式. 応動昆 59: 127-131.
- 内山 徹・小澤朗人 (2017a) チャノコカクモンハマキ (チョウ目: ハマキガ科)におけるジアミド系殺虫剤抵抗性の遺伝様式. 応動昆 61: 109-117.
- 内山 徹・小澤朗人 (2017b) チャノコカクモンハマキの殺虫剤感受性比較による移動分散の検討. 関西病虫研報 59: 97-99.
- 内山 徹・小澤朗人・劉 主 (2013) 静岡県のチャ園に生息するチャノコカクモンハマキの薬剤感受性とジアシルヒドラジン系 IGR 剤に対する薬剤抵抗性. 応動昆 57: 85-93.