

第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム 講演要旨

令和4年12月22日
静岡県男女共同参画センター「あざれあ」・
オンライン（ZOOM）ハイブリッド開催
（令和5年 10月27日公開版）

主催：農林害虫防除研究会
（殺虫剤抵抗性対策タスクフォース）
共催：静岡県植物防疫協会
後援：（一社）日本植物防疫協会
（一社）日本応用動物昆虫学会
（一社）日本植物病理学会／殺菌剤耐性菌研究会
（一社）全国農業改良普及支援協会
（国研）農研機構
日本農薬学会

農林害虫防除研究会

Agricultural and Forest Insect Pest Management Society of Japan

農林害虫防除研究会 第2回 殺虫剤抵抗性対策シンポジウム 開催要領

1. 日時 2022年12月22日(木) 10:15~16:30
2. 主催 農林害虫防除研究会(殺虫剤抵抗性対策タスクフォース)
3. 共催 静岡県植物防疫協会
4. 後援 日本植物防疫協会, 日本農薬学会, 日本応用動物昆虫学会, 農研機構
日本植物病理学会/殺菌剤耐性菌研究会, 全国農業改良普及支援協会
5. 開催形式 対面(静岡会場)とオンライン(Zoom)のハイブリッド開催
静岡会場: 静岡県男女共同参画センター「あざれあ」

6. 開催趣旨

殺虫剤抵抗性対策シンポジウムを、防除関係者の所属の枠を超えた薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場とする。講演・総合討論をとおして、殺虫剤抵抗性管理・対策に関する施策・研究と生産現場の情報を交換・共有し、抵抗性対策を現場で実践・普及するためのスキルアップを図る。

7. プログラム

総合司会 井口雅裕(シンポジウム実行委員会, 和歌山県果樹試験場かき・もも研究所)

午前の部	10:15 ~ 11:50
------	---------------

10:15 ~ 10:35

開会挨拶 農林害虫防除研究会会長 岸本英成(農研機構 植防研 果樹茶病害虫防除研究領域)
事務連絡

開催にあたって シンポジウム開催テーマと殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要
シンポジウム実行委員会:

山本敦司(日本曹達(株))・土井誠(静岡県経済産業部)・井口雅裕(和歌山かき・もも研)
山我岳史(JA全農 営農技術セ)・野田隆志(日植防)・片山晴喜(静岡農林研)

10:35 ~ 11:00

座長: 土井 誠

講演1 みどりの食料システム戦略と薬剤抵抗性対策 — 農林水産省の取組み —
岡田和秀・井田仁(農林水産省 消費・安全局 植物防疫課)

11:00 ~ 11:50

講演2 三重県における薬剤抵抗性害虫(チャノコカクモンハマキ・ネギアザミウマ)
に対する防除指導の取組みについて
西野実・田中千春・佐々木綾乃(三重県農業研究所)

午後の部	12:50 ~ 16:30	(休憩 14:30 ~ 14:45)
------	---------------	--------------------

12:50 ~ 13:40

講演3 茨城県のネギアザミウマにおける薬剤抵抗性対策と現場への防除指導
窪田直也(茨城県農総セ・園研)・高木素紀(茨城県鹿行農林事務所経営・普及部門)・
草野尚雄(茨城県農総セ)・上樂明也(農研機構生物機能利用研究部門)・
小河原孝司(茨城県農総セ・園研)

13:40 ~ 14:30

座長: 山我 岳史

講演4 群馬県のアブラナ科野菜のコナガにおける薬剤抵抗性対策へのJAの取組み
— 薬剤感受性検定を活用した営農指導 —
内堀知佳・原澤亮太(JA全農ぐんま)

14:45 ~ 15:10

講演 5 IRAC コードはどのように審査され決められるのか

中野元文（日本農薬株式会社, IRAC International MoA Team）

15:10 ~ 16:00

講演 6 兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後の対応

（殺菌剤耐性菌研究会とのコラボレーション企画）

内橋嘉一・松本純一（兵庫県農林水産技術総合センター）

16:00 ~ 16:25

総合討論

テーマ：「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」

ファシリテーター：野田隆志

16:25 ~ 16:30

閉会挨拶： 山本敦司（シンポジウム実行委員会，日本曹達株）

目 次

開催にあたって シンポジウム開催テーマと殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要	1
シンポジウム実行委員会：	
山本敦司（日本曹達㈱）・土井誠（静岡県経済産業部）・井口雅裕（和歌山かき・もも研） 山我岳史（JA 全農 営農技術セ）・野田隆志（日植防）・片山晴喜（静岡農林研）	
講演 1 みどりの食料システム戦略と薬剤抵抗性対策 — 農林水産省の取組み —	5
岡田和秀・井田仁（農林水産省 消費・安全局 植物防疫課）	
講演 2 三重県における薬剤抵抗性害虫（チャノコカクモンハマキ・ネギアザミウマ） に対する防除指導の取組みについて	11
西野実・田中千春・佐々木綾乃（三重県農業研究所）	
講演 3 茨城県のネギアザミウマにおける薬剤抵抗性対策と現場への防除指導	17
窪田直也（茨城県農総セ・園研）・高木素紀（茨城県鹿行農林事務所経営・普及部門）・ 草野尚雄（茨城県農総セ）・上樂明也（農研機構生物機能利用研究部門）・ 小河原孝司（茨城県農総セ・園研）	
講演 4 群馬県のアブラナ科野菜のコナガにおける薬剤抵抗性対策への JA の取組み — 薬剤感受性検定を活用した営農指導 —	21
内堀知佳・原澤亮太（JA 全農ぐんま）	
講演 5 IRAC コードはどのように審査され決められるのか	29
中野元文（日本農薬株式会社, IRAC International MoA Team）	
講演 6 兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後の対応	33
（殺菌剤耐性菌研究会とのコラボレーション企画） 内橋嘉一・松本純一（兵庫県農林水産技術総合センター）	

Contents

Opening: Preface: The 2nd Symposium on the Insecticide Resistance Management

The main theme of the Symposium and recent activity of the task force of IRM. 1

Atsushi Yamamoto^{1,2}, Makoto Doi^{1,3}, Masahiro Iguchi^{1,4},
Takashi Noda^{1,5}, Takeshi Yamaga^{1,6}, Haruki Katayama^{1,7}

¹ Executive Committee of the Symposium.

² Nippon Soda Co., Ltd., ³ Shizuoka Pref. Economy and Industry Department.

⁴ Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.

⁵ Japan Plant Protection Association, ⁶ ZEN·NOH Agricultural R&D Center.

⁷ Shizuoka Pref. R.I. Agri. and Forest

1. Strategy for Sustainable Food Systems, MeaDRI and Pesticide Resistance Management: Initiatives of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 5

Kazuhide Okada¹, Masashi Ida¹

¹ Plant Protection Division, Food Safety and Consumer Affairs Bureau

2. Formulation of guidance policy on the insecticide resistance management in Mie prefecture; Case studies in the management of smaller tea totrix (*Adoxophyes honmai*) and onion thrips (*Thrips tabaci*) 11

Minoru Nishino¹, Chiharu Tanaka¹, Ayano Sasaki¹

¹ Mie Agricultural Research Center

3. Insecticide resistance and management practice of onion thrips *Thrips tabaci* on Japanese bunching onion field in Ibaraki Prefecture. 17

Naoya Kubota¹, Motonori Takagi², Hisao Kusano³, Akiya Jouraku⁴, Takashi Ogawara¹

¹ Horticultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center

² Hokota Extension Center, Ibaraki Prefecture Rokko Agriculture and forestry Office

³ Ibaraki Agricultural Center

⁴ Institute of Agrobiological Sciences, National Agriculture and Food Research Organization

4. JA's measures for insecticide resistance of diamondback moth inhibiting cruciferous vegetables in Gunma —Farming guidance utilizing insecticide susceptibility tests— 21

Chika Uchibori¹, Ryota Harasawa¹

¹ National Federation of Agricultural Cooperative Associations Gunma Prefecture Headquarters

5. Analysis of Factors Contributing to Occurrence of Fungicide Resistant Pathogens and Post-Occurrence Countermeasure in Hyogo Prefecture 29

Kaichi Uchihashi¹, Junichi Matsumoto¹

¹ Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture Forestry and Fisheries

6. How is the IRAC code reviewed and determined?33

Motofumi Nakano^{1,2}

¹ Nihon Nohyaku Co., Ltd., ² IRAC MoA team

シンポジウム開催テーマと

殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動概要

(シンポジウムの開催にあたって)

○山本敦司^{1,2}・土井誠^{1,3}・井口雅裕^{1,4}
野田隆志^{1,5}・山我岳史^{1,6}・片山晴喜^{1,7}

¹農林害虫防除研究会・シンポジウム実行委員

²日本曹達・³静岡経済産業部・⁴和歌山かき・もも研・⁵日植防・⁶JA 全農・⁷静岡農林研

1. はじめに

農林害虫防除研究会は 1995 年に発足した。それは、“現場の害虫防除”を中心として情報交換する研究会が欲しいというニーズに応えたものであり、「農林害虫防除に関する国内外の研究と技術に関する情報の交換を行い、会員相互の知識の高揚と親睦を通じて、農林業の発展に寄与する」ことが本研究会の目的（会則第 2 条）とされている。

その“現場の害虫防除”において古くて新しい課題として、常に薬剤抵抗性問題がある。そのため、本研究会の中にこの課題を扱う専門委員会「殺虫剤抵抗性対策タスクフォース」が 2019 年に設立された。その活動の一環として、殺虫剤抵抗性対策シンポジウムが企画され、2021 年より開催に至った。

2. 殺虫剤抵抗性対策シンポジウム

(2-1) 開催趣旨

殺虫剤抵抗性対策シンポジウムの開催趣旨は、本シンポジウムを防除関係者の所属の枠を超えた薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場とすることである。本シンポジウムにおける講演・総合討論をとおして、殺虫剤抵抗性管理・対策に関する施策・研究と生産現場の情報を交換・共有し、抵抗性対策を現場で実践・普及するためのスキルアップを図る。

(2-2) 第 2 回シンポジウム：開催テーマの焦点

今回開催される（2022 年 12 月 22 日）第 2 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウムでは、“現場における薬剤抵抗性対策の実践活動”に焦点を当て、プログラムを企画した。上記の講演 6 題と総合討論にて、開催趣旨に沿った情報を共有したい。一方、薬剤抵抗性害虫は、殺虫剤を使用する防除環境に適応した進化により顕在化し広まるため、かなりの難敵であるのには間違いない。したがって、抵抗性害虫を駆逐するのではなく、上手く折合いをつけて農作物の被害を抑制できるかがポイントとなる（藤岡，2019：山本・土井，2020）。三重県，茨城県，群馬県および兵庫県からの講演からは、薬剤抵抗性対策の取り組みや成功事例だけでなく、現場実践の難しさも学びたい。難しさを学ぶことは、成功につながる大切なアプローチでもある。

(2-3) 第 1 回シンポジウムをふりかえって（事後アンケート結果から）

第 1 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウムは、2021 年 12 月 17 日にオンライン（Zoom に

よるライブ配信)で開催された。初回のシンポジウムでもあり、主に“殺虫剤抵抗性対策の基礎的な考え方や手法”に関するプログラムを企画した。参加者は228名で、講演6題の後、「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」をテーマとした総合討論が行われた。

講演プログラム

- 講演1 IPMを考慮した殺虫剤抵抗性管理の実践と連携を！(開催にあたって)
シンポジウム実行委員会
- 講演2 薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について
岡田和秀(農林水産省消費・安全局 植物防疫課)
- 講演3 GAPによるIPMと薬剤抵抗性対策の実践
鈴木啓史(殺菌剤耐性菌研究会幹事長, 三重県農産園芸課)
- 講演4 殺虫剤抵抗性の進化を阻止するための最適な薬剤散布計画
山村光司(農研機構 農環研)
- 講演5 私が関わった殺虫剤抵抗性研究42年 - 基礎から現場の問題解決へ -
本山直樹(千葉大学名誉教授、東京農業大学総合研・農薬部会長)
- 講演6 薬剤抵抗性コナガの過去と現在、これからの防除対策
上杉龍士(農研機構 東北農研)

総合討論 テーマ:「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」

シンポジウム終了後、参加者を対象に事後アンケートを実施したところ、47名の方から貴重な回答を得た。まず、シンポジウムに対する満足度を5段階で伺ったところ、満足度5が30%、4が64%で合計94%となり、概ね満足度は高かった。次に、各講演について、とても良かった・良かった・普通・あまり良くなかった・良くなかった、の5段階で感想を伺った。いずれの講演も、「とても良かった」と「良かった」の合計が75%以上となり、全般的に好評であった。総合討論についても同様に5段階で感想を伺ったところ、「とても良かった」と「良かった」の合計が55%、「普通」が39%と概ね良い評価であった。さらに、各講演や総合討論の内容に関する意見や感想が多く寄せられ、殺虫剤抵抗性対策に対する問題意識の高さを実感することができた。これらの貴重な意見を次回以降のシンポジウムに還元したい。アンケートの回答者には厚く御礼申し上げる。

詳しくは、農林害虫防除研究会HPに公開されている、『第1回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム講演要旨(公開版, 2022年11月)』を参照されたい。

(2-4) 殺菌剤耐性菌研究会との連携

日本植物病理学会の殺菌剤耐性菌研究会(<http://www.taiseikin.jp/>)は、1991年に設立され殺菌剤耐性菌対策に関する研究と情報提供を実施している。殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムは既に31回(2022年現在)もの開催実績を重ねており、農林害虫防除研究会所属の害虫関係者も殺菌剤耐性菌対策から学ぶことが多い。そのため、殺虫剤抵抗性対策シンポジウムでも殺菌剤耐性菌研究会の会員からの招待講演を企画した。第1回シンポジウムでは鈴木啓史氏(三重県)にご講演いただき(鈴木, 2021)、今回の第2回シンポジウムでも内橋嘉一氏・松本純一氏(兵庫県)がご講演される。

また、作物栽培現場では害虫防除と病害防除をセットで考慮し、薬剤抵抗性・耐性菌対策を生産者と対話する必要がある。そのためには、防除に関わる者はその専門を問わずに連携することが大切である。

3. 専門委員会『殺虫剤抵抗性対策タスクフォース』

(3-1) 活動概要

農林害虫防除研究会では、2019年に殺虫剤抵抗性対策に対応した専門委員会「殺虫剤抵抗性対策タスクフォース」を設置した（山本・土井, 2019）。その目的は、①農業生産現場の薬剤抵抗性対策のニーズに応え、「殺虫剤抵抗性対策の技術確立の支援」を進めること、②薬剤抵抗性リスクコミュニケーションを進めるため、第三者的立場から「行政-研究者-現場指導者-生産者が、所属組織に関わらず垣根を越えて意見交換・情報共有できる広場」を提供することである。

これまでの主な活動として、農林害虫防除研究会 HP で薬剤抵抗性管理・対策に関する情報発信を開始し、2020年に「殺虫剤抵抗性リスク評価表」（山本・土井, 2021）を、2021年に「殺虫剤抵抗性発達段階・レベルの区分指標」（山本ら, 2021；2022）を本タスクフォース委員にて作成した。また、薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場として、2021年からシンポジウムの企画・開催を行っている。

(3-2) 殺虫剤抵抗性管理・対策への抵抗性対策ツールの利活用

図1に示すように、“薬剤抵抗性管理”とは、薬剤抵抗性という難敵を抑えるための大きな「戦略」、すなわち大作戦である。そして、“抵抗性対策ツール”という様々な「武器」を活用して、“抵抗性対策”という「戦術」、すなわち適切な薬剤の使用手法や防除法を実行して難敵を制御し折り合いをつける。ここで、①抵抗性対策ツールをどれだけ準備し活用できるか、②IPM技術を駆使しながら薬剤ローテーションや混用などの薬剤処理をいかに適切に実施できるかが、薬剤抵抗性管理の2つのポイントである（山本, 2020）。

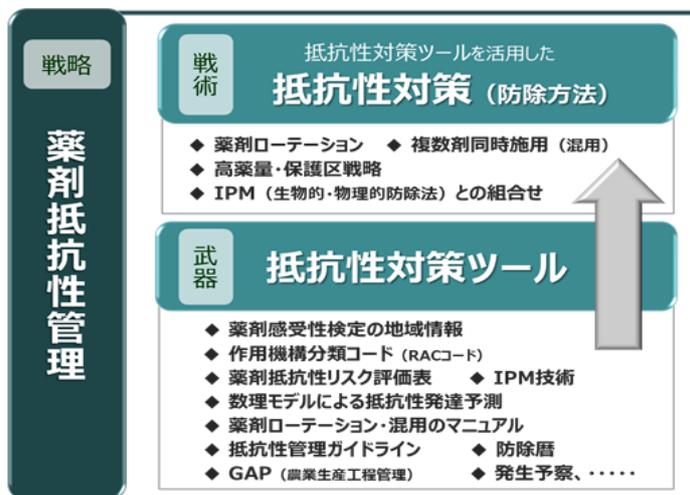


図1. 薬剤抵抗性管理を構成する要素
山本 (2020)

そして、殺虫剤抵抗性管理の実践法の例として、図2に示すように主に3つの抵抗性対策ツールを利活用し抵抗性対策の実践サイクルを回すことが効率的だろう。まず現状を把握するために、薬剤感受性検定を実施し、「抵抗性発達段階の区分指標」を利用して該地域の抵抗性発達レベルを薬剤ごとに判断する。次に、抵抗性リスクを見える化し抵抗性対策方法の選択判断をするために、殺虫剤抵抗性リスク評価表を現場ごとに作成する。それに基づいて既存の防除体系を見直して、新たな薬剤抵抗性管理ガイドラインに則り抵抗性対策を踏まえた防除を実施する。この実践サイクルは、生産者との薬剤抵抗性リスクコミュニケーションにも利用できる。

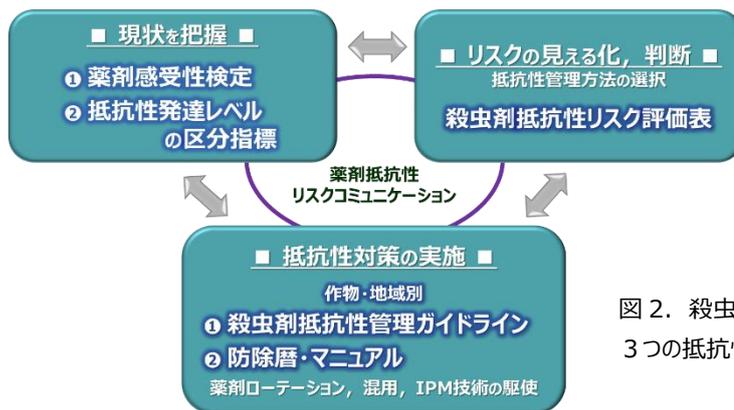


図2. 殺虫剤抵抗性管理・対策の3つの抵抗性対策ツールと実践サイクル

4. おわりに

農林害虫防除研究会では、殺虫剤抵抗性対策タスクフォースの活動を通じて、都道府県の現場の薬剤抵抗性対策の活動を支援する。その一環として殺虫剤抵抗性対策シンポジウムの企画・開催を継続していきたい。

引用文献

- 藤岡伸祐 (2019) 農林害虫防除研究会 News Letter 43:1-4.
 鈴木啓史 (2021) 第1回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム (2021/12/17 開催) 講演要旨 (2022/11/11 改訂), 農林害虫防除研究会. 21-28.
 山本敦司 (2020) 関東東山病虫害研究会報 67: 1-8.
 山本敦司・土井誠 (2019) 農林害虫防除研究会 News Letter 43: 4-7.
 山本敦司・土井誠 (2020) 農林害虫防除研究会 News Letter 44: 3-4.
 山本敦司・土井誠 (2021) 植物防疫 75(1): 16-24.
 山本敦司・土井誠・井口雅裕・宮崎仁実・野田隆志 (2021) 第1回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム (2021/12/17 開催) 講演要旨 (2022/11/11 改訂), 農林害虫防除研究会. 1-9.
 山本敦司・土井誠・井口雅裕・野田隆志・山我岳史 (2022) 第26回農林害虫防除研究会東京大会 講演要旨. 14.

(2022年11月11日 受領)

Preface: The 2nd Symposium on the Insecticide Resistance Management

The main theme of the Symposium and recent activity of the task force of IRM

Atsushi Yamamoto^{1,2}, Makoto Doi^{1,3}, Masahiro Iguchi^{1,4},
 Takashi Noda^{1,5}, Takeshi Yamaga^{1,6}, Haruki Katayama^{1,7}

¹ Executive Committee of the Symposium.

² Nippon Soda Co., Ltd., ³ Shizuoka Pref. Economy and Industry Department.

⁴ Laboratory of Persimmon and Peach, Wakayama Fruit Tree Exp. Sta.

⁵ Japan Plant Protection Association, ⁶ ZEN-NOH Agricultural R&D Center.

⁷ Shizuoka Pref. R.I. Agri. and Forest.

(Received: 11 Nov. 2022)

みどりの食料システム戦略と薬剤抵抗性対策

－農林水産省の取組み－

○岡田和秀¹・井田仁¹

¹農林水産省消費・安全局植物防疫課

1. みどりの食料システム戦略について

我が国の食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるための新たな戦略として、農林水産省では、2021年5月に「みどりの食料システム戦略」を策定・公表した。本戦略では、化学農薬の低減に向けた取組として、スマート防除技術体系の活用、リスクの高い農薬からより低い農薬への転換、化学農薬のみに依存しない総合防除体系の確立・普及、従来の殺虫剤に代わる新規農薬等の開発により、2050年までに化学農薬の使用量（リスク換算）の50%低減を目指すこととしている（図1）。

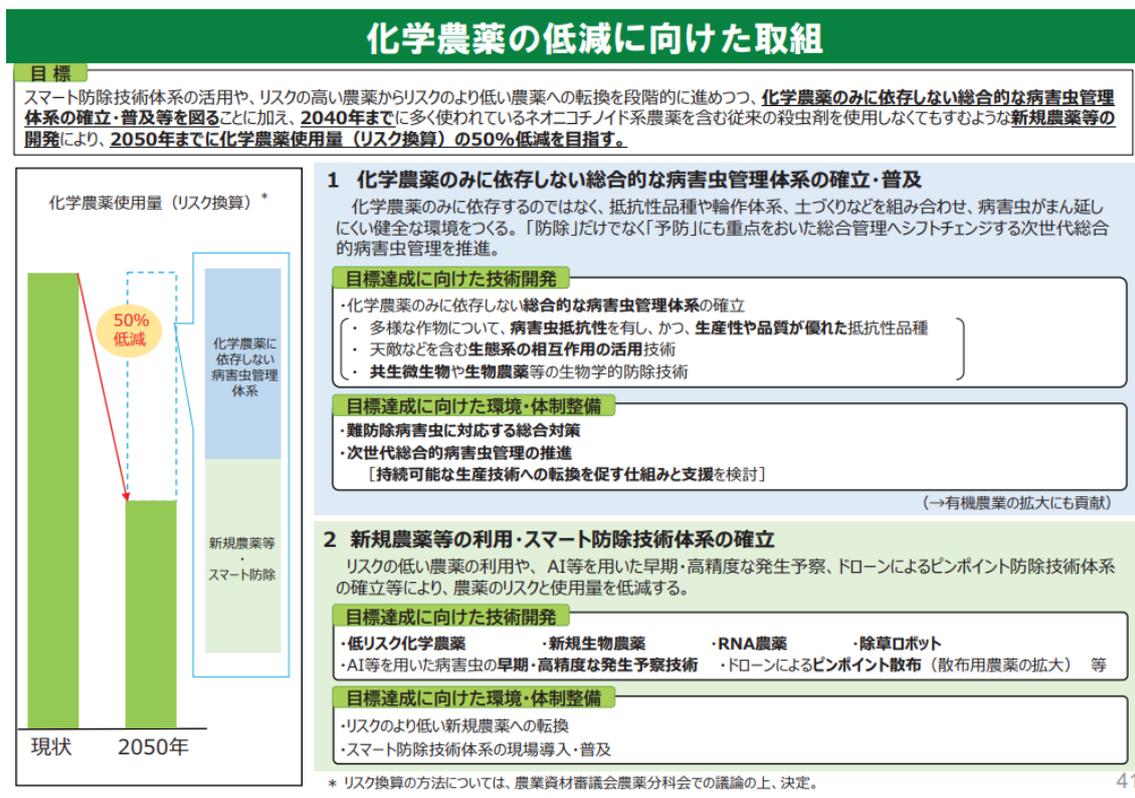


図1. 化学農薬の低減に向けた取組（2050年目標）

加えて、2022年6月には、2030年中間目標として、化学農薬使用量（リスク換算）の10%低減を設定した（図2）。この中間目標までは、病害虫が発生しにくい生産条件の整備や病害虫の発生予測も組み合わせた総合防除の推進、化学農薬を使用しない有機農業の面

的拡大の取組により、化学農薬のリスク換算での使用量の減少傾向を一層推し進めることで目標達成を目指すこととし、当面の対応としては、2022～2024 年度を重点推進期間とする栽培暦の見直しにより、化学農薬・化学肥料の低減等の取組を一体的に推進することとしている。具体的には、2022 年度末までに、全都道府県（600 地区）において栽培暦の点検を行うとともに、新たな技術導入を促すため、2022 年度には「グリーンな栽培体系への転換サポート」事業で 200 地区の支援を実施しつつ、2024 年度までに全都道府県の主要品目において栽培暦の見直しを実施したいと考えている。

化学農薬 2050年までに、化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指す。													
2030年目標の設定の考え方													
<ul style="list-style-type: none"> ○ 2030年中間目標は、改正植物防疫法の総合防除を推進する新たな仕組みの活用などにより、化学農薬のリスク換算での使用量の近年の減少傾向を一層推し進めることとして、化学農薬使用量（リスク換算）10%低減と設定。 ○ 2030年までは、病害虫が発生しにくい生産条件の整備や、病害虫の発生予測も組み合わせた総合防除の推進、化学農薬を使用しない有機農業の面的拡大の取組により、目標達成を目指す。 ○ 2030年以降は、前述の取組のより一層の推進に加え、リスクのより低い化学農薬等の開発等のイノベーションを通じて、2050年の意欲的な目標に向けて取組を加速化。 													
現状と課題	当面の対応												
<ul style="list-style-type: none"> ○ 基準年である2019農業年度の化学農薬使用量（リスク換算）は、23,330（リスク換算値）。 ○ 近年、温暖化等により、病害虫のまん延リスクが増加していることや、過度に農業に依存した防除により、薬剤耐性を持つ病害虫が発生している事例が見られることから、化学農薬だけに頼らない病害虫の発生予防を含めた総合防除の推進が急務。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 改正植物防疫法により、2022年度中に、農業だけに頼らない病害虫の総合防除を推進していくための指針を国が策定。2023年度中に、国が策定する指針に即して、防除の具体的な内容等を定めた防除計画を、全都道府県において策定することを目指す。 ○ 2022～2024年度を重点推進期間とし、化学農薬・化学肥料の低減等の取組を一体的に推進。具体的には、2022年度末までに、全都道府県（600地区）において栽培暦の点検を行うとともに、新たな技術導入を促すため、2022年度に「グリーンな栽培体系への転換サポート」事業で200地区の支援を実施しつつ、2024年度までに全都道府県の主要品目において栽培暦の見直しを実施。 ○ 2025年度までに、AIやICT技術を活用した病害虫発生予測技術を開発。 ○ 土壌くん蒸剤等化学農薬の使用量低減に生産者が取り組みやすくするために、AI等を活用した土壌病害の発病可能性の診断技術の改良等を推進。 												
<p>(リスク換算値)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>年</th> <th>リスク換算値</th> <th>変化率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2019年</td> <td>23,330</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2030年</td> <td>21,000</td> <td>-10%</td> </tr> <tr> <td>2050年</td> <td>11,665</td> <td>-50%</td> </tr> </tbody> </table>	年	リスク換算値	変化率	2019年	23,330	-	2030年	21,000	-10%	2050年	11,665	-50%	<p><化学農薬を代替する既存技術の例></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>緑肥作物の導入</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>UV-Bランプ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>天敵農薬 (知^んカスミ)</p> </div> </div>
年	リスク換算値	変化率											
2019年	23,330	-											
2030年	21,000	-10%											
2050年	11,665	-50%											

図2. 化学農薬の低減に向けた取組（2030 年目標）

2. 従来の防除体系では防除が困難な病害虫の増加

近年、省力化や軽労化の流れの中で、速効性のある化学農薬に依存した防除体系となり、薬剤抵抗性が発達し、防除が困難となっている事例が見られる（図3）。例えば、リンゴ黒星病に対して、基幹防除剤としてDMI 剤を連続して使用する傾向が高かったこともあり、2015 年頃から DMI 剤の耐性菌が多発した。また、気候変動などの影響により、病害虫の発生パターンが変化することによって、発生状況に応じた適時の防除や病害虫が発生しにくい生産条件の整備を組み合わせなければ防除が困難となっている事例が見られる。例えば、2019 年の暖冬の影響で、水稻を食害するスクミリンゴガイが多発し、農薬による防除を行ったにもかかわらず大きな被害が生じた事例が報告されている。

リンゴ黒星病

- ・リンゴ黒星病とは、糸状菌が葉、新梢及び果実に感染して発生するリンゴの病気。葉に黒褐色のすす状、あるいはビードロ状の病斑が現れ、幼果では果実肥大につれて奇形果や裂果となる
- ・リンゴ黒星病が発生した際、基幹防除剤であるDMI剤を連続して使用する傾向が高かったこともあり、2016年にA県においてDMI剤耐性菌が発生。発生面積が急激に増加し、2018年まで多発傾向
- ・代替農薬や耕種的防除を活用した防除体系への転換には一定の時間が必要。薬剤散布の回数も増え、防除費が増加



葉の初期病斑

幼果の病斑

※写真は山形県のHPより引用

スクミリンゴガイの事例

- ・令和元年の暖冬の影響で越冬数が多く全国で発生が増加
- ・これまで農薬散布による防除を行っていたにも関わらず発生が多いため被害が生じる事例の報告
- ・薬剤散布のみならず浅水管理や冬期の耕耘などを組み合わせて実施することが必要



食害を受けた水田



稲に産み付けられた卵塊



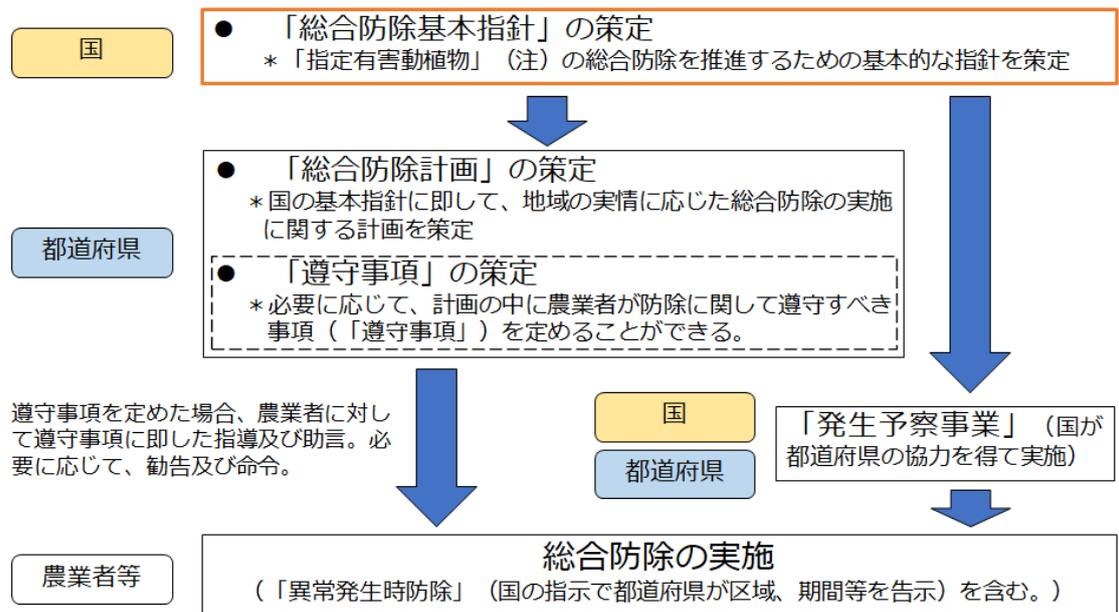
スクミリンゴガイ
オス(左)、メス(右)

図3. 防除が困難となっている事例

3. 総合防除を推進する仕組みの構築

温暖化等による病害虫の発生地域・発生量・発生時期の変化、病害虫の薬剤抵抗性・薬剤耐性の発達や「みどりの食料システム戦略」に対応し、病害虫の被害の軽減を図りつつ、持続的な生産を確保するため、病害虫が発生しにくい生産条件の整備（予防）にも重点を置いた防除の普及を図ることが急務となっている。このため、2022年5月の植物防疫法の一部改正により、化学農薬のみに依存しない、発生予防を中心とした総合防除¹の推進を目的として、国が総合防除を推進するための基本的な指針を策定し、これに基づいて都道府県が総合防除の実施に関する計画を策定する仕組み（図4）が構築された。

¹ 「総合防除」とは、有害動物又は有害植物の防除のうち、その発生及び増加の抑制並びにこれが発生した場合における駆除及びまん延の防止を適時で経済的なものにするために必要な措置を総合的に講じて行うものをいう（改正植物防疫法第22条第2項）



(注) 有害動物又は有害植物であって、国内における分布が局地的でなく、又は局地的でなくなるおそれがあり、かつ、急激にまん延して農作物に重大な損害を与える傾向があるため、その防除につき特別の対策を要するものとして、農林水産大臣が指定するもの。水稻のいもち病菌、いちごのアブラムシ類など計157種。

図4. 総合防除を推進する仕組み

なお、今回の法改正に基づく「総合防除」と、これまで推進を図ってきた「総合的病害虫・雑草管理(IPM)」は、病害虫防除に対する基本的な考え方自体が変わるものではなく、あくまでも植物防疫法に定義付けるにあたり「総合防除」の表現が適切とされたものである。総合防除に必要な措置は、①病害虫が発生しにくい生産条件の整備(予防)、②防除要否及びタイミングの判断(判断)、及び③多様な防除方法を活用した防除(防除)である(図5)。



図5. 総合防除に必要な措置

4. 薬剤抵抗性対策の取組について

今般行われた植物防疫法の改正では、健全な種苗の使用、病虫害の発生源の除去、抵抗性品種の利用、バランスのとれた土づくり、輪作などの病虫害が発生しにくい生産条件の整備を基本とした総合防除の普及・推進を図ることとしている。このことは、防除対策の強化とともに、化学農薬に過度に依存しない防除による薬剤抵抗性の発達抑制に資するものである。このため、薬剤抵抗性対策の観点からも予防に重点を置いた総合防除の普及・推進を図りたいと考えている。

また、化学農薬の使用に伴う薬剤抵抗性の発達リスクは、病虫害の種類や化学農薬の作用点の違い、地域ごとの病虫害の発生量や化学農薬の使用回数の多少によっても異なることが報告されている。このため、改正植物防疫法に基づく総合防除を推進するための基本的な指針では、総合防除における化学農薬の使用に当たって、薬剤抵抗性の発達回避に資するため、都道府県や農業者団体等は、化学農薬の作用機構分類（RACコード）を踏まえた防除指導、薬剤抵抗性や化学農薬の作用機構分類に係る農業者等の理解の醸成等を図るものとしている。また、薬剤抵抗性の発達の有無に基づく十分な防除効果が得られる化学農薬の選択や、農業者への最適な防除指導に資するため、都道府県は、地域の実情に応じて、各地域における有害動植物の薬剤抵抗性の発達の有無をモニタリングし、農業者団体等の関係者に情報共有するとともに、その結果を国に報告するものとし、国はその情報を取りまとめ、都道府県を含めた関係者と情報共有を図るものとしている。こうした取組の推進・強化を図ることにより、薬剤抵抗性の課題に対処していきたいと考えている。

予防に重点を置いた総合防除の普及・推進及び薬剤抵抗性対策の取組の推進・強化には、国、都道府県、研究機関、関係団体、農業資材メーカー、農業者などの病虫害防除に携わる関係者の連携・協力が欠かせない。今後とも関係者の皆様のご協力をお願いしたい。

(2022年11月11日 受領)

Strategy for Sustainable Food Systems, MeaDRI and Pesticide Resistance Management: Initiatives of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Kazuhide Okada¹, Masashi Ida¹

¹ Plant Protection Division, Food Safety and Consumer Affairs Bureau

(Received 11 Nov. 2022)

三重県における薬剤抵抗性害虫（チャノコカクモンハマキ

・ネギアザミウマ）に対する防除指導の取組について

西野 実・田中千晴・佐々木彩乃

三重県農業研究所

はじめに

三重県では、害虫の薬剤抵抗性の発達を未然に防ぐ指導を行うため、薬剤抵抗性発達リスクに応じた指導方針を策定している。しかし、実際の生産現場では、薬剤抵抗性対策が十分に実践できているとは言えない状況にある。本講演では、まず薬剤抵抗性害虫に対する三重県の防除指導の仕組みについて説明し、次に、茶におけるチャノコカクモンハマキと、ネギにおけるネギアザミウマに対する指導方針の策定の過程を事例として紹介したい。いずれの事例も薬剤抵抗性対策としては途上の段階であるが、課題解決の糸口として、新たに提唱された「殺虫剤抵抗性リスク評価表」（山本・土井，2021）の導入を試みたことも併せて報告したい。

1. 薬剤抵抗性害虫に対する三重県の防除指導の仕組みと課題

三重県植物防疫検討会議・薬剤抵抗性部会では、適切な防除対策によって既存の薬剤の防除効果を長期にわたって維持し、さらに新規薬剤が登録されることで使用可能な薬剤を増やすため、薬剤抵抗性病害虫・雑草対策の指導方針を策定している。本部会は平成 26 年に設置され、県庁の植物防疫担当が事務局を担っている。現在は病虫害防除所、農業研究所（病虫害および雑草防除担当）と、中央農業改良普及センターの作物、野菜、果樹、茶、花き、畜産の各リーダーである農業革新支援専門員（以下、専門員）で構成されており、必要に応じてその他関係者に参加を要請している。これは、薬剤抵抗性害虫の対策は虫害担当者のみで講じがちであるが、栽培技術や経営の指導を総合的に行う専門員の意見を踏まえて、現状に即した指導方針を策定することが目的である。現在、本部会は年に 2 回程度の開催であるが、緊急に対策が必要な場合は、その都度参集している。

薬剤抵抗性害虫に対する指導方針は、「薬剤抵抗性病害虫の発生状況」（図 1）を毎年更新し、新たな策定や見直しを行っている。「薬剤抵抗性病害虫の発生状況」は、各作物－害虫－農薬について、「フェーズ管理表」（表 1）に準じて現在の県内の「状況」と「対策」をフェーズ分けし、対策の概要や特記事項を整理したものである。また、フェーズ管理表は農水省が作成したものを独自に改変したものであるが、フェーズ 0（薬剤抵抗性害虫の発生が認められない）を 0A・0B の 2 段階に分けて設けている。これは、抵抗性害虫の発生が県内で認められていないものであっても、国内で発生があれば情報共有等の警戒が必要（0A）と考え、未然に防ぐために、より重みづけをしたものである。部会では「薬剤抵抗性病害虫の発生状況」のうち、病虫害防除所が他県での抵抗性害虫の発生状況を情報収集し、農業研究所が県内で実施した薬剤感受性検定の結果を作成する。そして、中央農業改良普及センターとともに、背景にある要因を考慮しながらフェーズ分けを行い、実際の対策について議論する。

No	作物名	病害虫雑草名	農薬名 (成分名で記載)	RAC コード	作用機構名	他県の状況	状況 の 程度	対策 の 程度	対策の概要 (要請内容など)	モニタリング
15	果菜類	タバコナジラミ バイオタイプQ	エトフェンプロックス	3A	ヒレスロイド系 ピレトリン系	全国	III	III	国内のバイオタイプQ個体群は同様の傾向 タバコナジラミ防除には利用しない	2006, 2007採取個体群 県内6個体群すべてで感受性低下 LC50値>1000ppm (常用濃度200ppm)
6	果菜類	タバコナジラミ バイオタイプQ	アセタミプリド	4A	ネオニコチノイド系	全国 ex. 山梨県 (2014成果情報) 鹿児島県 (2006成果情報) 佐賀県研究成果情報 2021	III	III	国内のバイオタイプQ個体群は同様の傾向 タバコナジラミ防除には利用しない	2006, 2007採取個体群 県内6個体群すべてで感受性低下 イミダクロプリドに対するLC50 値 14~138ppm (常用濃度 50ppm) 2014採取個体群 県内5個体群すべてで感受性低下
7	果菜類	タバコナジラミ バイオタイプQ	イミダクロプリド	4A	ネオニコチノイド系	全国 ex. 山梨県 (2014成果情報) 鹿児島県 (2006成果情報)	III	III	国内のバイオタイプQ個体群は同様の傾向 タバコナジラミ防除には利用しない	2006, 2007採取個体群 県内6個体群すべてで感受性低下 イミダクロプリドに対するLC50 値 14~138ppm (常用濃度 50ppm) 2014採取個体群 県内5個体群すべてで感受性低下

図1 三重県で作成した「薬剤抵抗性病害虫の発生状況」(2021年版の一部を抜粋)

表1 三重県植物防疫検討会議における、薬剤抵抗性病害虫雑草対策フェーズ管理表

フェーズ番号	状況	対応
III	県内で薬剤抵抗性が認められ、県内の広域に広がりがあがる状況、もしくは広域に広がる可能性が高い状況。	対象薬剤について、県域で対象病害虫雑草に対する使用中止もしくは使用制限を要請する。
II	県内で薬剤抵抗性が認められ、ある程度の面積で広がりがあがる状況。	対象薬剤について、地域限定で対象病害虫雑草に対する使用中止もしくは使用制限を要請する。
I	県内で薬剤抵抗性が認められたものの、一部の圃場、地域での現象にとどまっている状況。	対象薬剤について、県域で対象病害虫雑草に対する使用について注意喚起を行う。
0A	県内で薬剤抵抗性が認められていないものの、国内で発生があり警戒が必要な状況。	薬剤抵抗性発生情報の周知を行いつつ、基本的な対策(混合散布、ローテーション散布など)により抵抗性発生を抑制する。
0B	国内で薬剤抵抗性が認められていないものの、薬剤抵抗性の発生リスクが高いため注意が必要な状況。	技術研修会等で、薬剤および病害虫雑草のそれぞれの薬剤抵抗性の発生リスクを周知する。

「薬剤抵抗性害虫の発生状況」は構築当初の作業だけでなく、毎年の情報更新に多大な労力を要する。とはいえ、データベースとして過去の薬剤感受性検定の結果が一覧で把握できることや、広食性の害虫の場合は他の作目における薬剤抵抗性の発達程度を参照できることは大きな利点である。また、職員が減少し、担当者の世代交代が頻繁となる中、これまでの薬剤抵抗性害虫に対する指導の考え方を適切に引き継ぐという点でも重要なツールとなっている。

さて、実際の普及指導においては、中央農業改良普及センターの専門員が「薬剤抵抗性害虫の発生状況」の中から必要な情報を抜粋して、各地域の普及指導員へ周知する。さらに普及指導員は、管内の生産者やJAの営農指導員等の関係者に対して、より理解しやすく導入しやすい形にして指導資料を作成する。近年は、度重なる研修の結果、指導者や生産者のRACコードに対する理解が進んだようであり、暦などの資料にRACコードが記載される事例も見られるようになった。しかし生産現場では、薬剤抵抗性害虫の多発が問題となっており、その対策を適切に実践できているとは言い難い状況である。これらのことから、現状は「薬剤抵抗性害虫の情報共有と指導方針の策定を行う仕組み」はできたものの、それを「生産現場での実践へつなげる仕組み」をどのようにつくるかが課題となって

いる。

2. 防除指導の事例① チャノコカクモンハマキ

三重県は2,640haの面積で茶栽培を行っており(2021年)、県北部では主にかぶせ茶が、県中南部では深蒸し煎茶や煎茶が栽培されている。チャノコカクモンハマキ *Adoxophyes honmai* は、本県では年4~5回発生するチョウ目害虫であり、幼虫が新葉をつづつて食害する。生産現場では5月中下旬や8月に殺虫剤散布によって防除を行っているが、調査当時は発生量が年々増加傾向にあった。他県のチャノコカクモンハマキでは、ジアミド剤などの複数の殺虫剤に対して抵抗性が確認されていたが、本県では未調査であったため、当時のフェーズは状況、対応ともに「0A」であった。

そこで、2016~2018年に県内2~5地点で採取した個体群について薬剤感受性検定を行い、現状の把握を行った(表2)。その結果、県北部の個体群では、クロラントラニプロール剤(28)や、テブフェノジド剤(18)に対する感受性低下が認められた。それに対して、県中南部の個体群では感受性低下が認められず、薬剤抵抗性の発達程度に地域差があった。

表2 三重県内におけるチャノコカクモンハマキの殺虫剤に対する感受性(2016~2018年調査)

農薬成分(IRACコード)	希釈 倍数	処理10日後における補正死亡率(%)				
		県北部			県中南部	
		四日市市	鈴鹿市	亀山市	松阪市	度会町
クロラントラニプロール水和剤(28)	2000	59.5	64.9	63.9	89.7	94.9
フルベンジアミド水和剤(28)	2000	100.0	97.4	94.6	100.0	97.4
シアントラニプロール水和剤(28)	2000	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
テブフェノジド水和剤(18)	1000	17.9	55.0	41.7	100.0	94.3

次に、要因解析を行うため、生産者20件の過去1年間の農薬散布履歴や、過去20年間のJAの防除暦から、各薬剤の使用状況を調査した。その結果、ジアミド剤は使用頻度が高く、年2回以上の使用件数が多く認められた。また県北部では、テブフェノジド剤の使用実態はなかったが、同一系統のメトキシフェノジド剤(18)の使用頻度が高いことが判明した。

これらの結果から、クロラントラニプロール剤とテブフェノジド剤のフェーズはともに、状況「II」、対策「II」と位置付けた。また、これらの薬剤の使用について、県北部では本種に対する使用を控えるとともに、県全域を対象に、ジアミド剤の使用を最大年1回までとするよう提案した。現在、生産現場では海外輸出向けの茶栽培を行うため、本種の防除に対して使用可能な薬剤はさらに少なくなり、代替防除技術として性フェロモンによる交信攪乱剤を用いた防除が徐々に導入されるようになっている。そのため、今後は薬剤の選択および使用方法について、より慎重な判断が求められると考えられた。

3. 防除指導の事例② ネギアザミウマ

県内のネギ産地は、沿岸の平坦地域のほか、中山間地域などに点在しているが、各産地でネギアザミウマ *Thrips tabaci* による被害が問題となっている。本種はネギ類のほか、多くの作物を加害し、生育遅延や品質低下、ウイルス媒介の原因となる害虫である。他県では、合成ピレスロイド剤(3A)のほか、複数の薬剤に薬剤抵抗性を示す、産雄単為生殖型系統(以下、産雄系統)の発生が確認されていたことから、本県でもその発生が疑われ

た。

そこで、2017～2020年に県内10地点のネギ類圃場で採取した個体群について、生殖型の調査と薬剤感受性検定を実施した。その結果、7地点で産雄系統の混発が確認され、同個体群では高い割合で優占することが判明した（表3）。また、感受性検定の結果、ピリダリル剤（UN）については、生殖型にかかわらず多くの地点で感受性が低い状況にあった。さらに、産雄系統の混発が確認された個体群では、合成ピレスロイド剤のほか、ネオニコチノイド剤（4A）や有機リン剤（1B）などの殺虫剤にも感受性低下が認められた（表3）。これらの結果から、本県のネギアザミウマでは複数の薬剤に対する抵抗性が発達しており、その多くは産雄系統の優占に由来するものであることが示唆された。

表3 三重県内におけるネギアザミウマ産雄系統の発生状況および殺虫剤に対する感受性（2017～2020年調査）

供試薬剤	希釈倍率	雌成虫の補正死亡率(%) ¹⁾					
		産雄型混発個体群			産雌型個体群		
		鈴鹿 (80.0)	津 (92.9)	明和 (88.2)	松阪 (0)	伊勢 (0)	名張 (0)
有機リン(1B)							
ダイアジノン水和剤	600	34.5	83.0	94.5	100	100	100
合成ピレスロイド(3A)							
シペルメトリン乳剤	2,000	50.9	40.6	55.0	100	100	100
ネオニコチノイド(4A)							
アセタミプリド水溶剤	2,000	87.7	71.9	86.0	100	—	100
イミダクロプリド水和剤	5,000	72.1	97.1	97.0	100	100	100
ジノテフラン水溶剤	2,000	71.4	70.7	83.5	100	100	100
スピノシン(5)							
スピネトラム水和剤	2,500	100	97.0	100	100	100	100
スピノサド水和剤	2,500	100	100	100	100	100	100
その他							
ピリダリル水和剤(UN)	1,000	44.4	47.7	60.7	27.0	100	65.6

¹⁾補正死亡率はAbbottの補正式による。また、—は未実施を示す

これらの結果から、ネギアザミウマにおけるフェーズは、例えばピリダリル剤では状況・対応「Ⅲ」、シペルメトリン剤（3A）では状況・対応「Ⅱ」などと設定した。また、感受性の高い薬剤では、11剤で状況・対応「0A」、4剤で状況・対応「0B」としたが、これらは他県の事例を参考に「効果不足事例があれば感受性検定を実施する」と、引き続き注意が必要であることを対策欄に記載した。産雄系統の発生は一部の調査地点では確認されなかったが、広域で認められた。このことから、全ての地域で産雄系統が発生する可能性があると考えられたため、上記の指導は県全域を対象に行うこととした。

青ネギの産地では、定植から収穫前までの2か月近く、殺虫剤または殺菌剤を毎週のように散布することが多い。そのため、普及指導員が生産者向けに作成した資料では、適用のある薬剤にRACコードを記載し、防除の一例として、ローテーションを意識した防除体系が提案された。防除暦では、感受性の低下した薬剤は本種の発生量が少ない作付前半に使用するよう考慮されていた。しかし、実際の農薬散布履歴を確認すると、同一系統の薬剤を連用する事例が複数あり、薬剤抵抗性対策が途上の段階であると感じた。

4. まとめ

三重県では、薬剤抵抗性害虫対策を指導するにあたり、これまでフェーズ管理表をベースとした指導指針を作成してきた。チャノコカクモンハマキやネギアザミウマに対する対

策のように、指導指針の策定はできたものの、生産現場で実践していくにはまだ課題が多い。現在行っている「薬剤感受性検定および防除効果試験－要因解析－状況および対策フェーズの設定－生産現場での指導」の流れの中に、殺虫剤抵抗性リスク管理表を組み込むことで、実践につながる指導がしやすくなるのか、普及指導員や生産者と意見を交わしながら今後も検討をすすめたい。

(2022年11月11日 受領)

Formulation of guidance policy on the insecticide resistance management in Mie prefecture; Case studies in the management of smaller tea totrix (*Adoxophyes honmai*) and onion thrips (*Thrips tabaci*)

Minoru Nishino¹, Chiharu Tanaka¹, Ayano Sasaki¹

¹Mie Agricultural Research Center

(Received 11 Nov. 2022)

茨城県のネギアザミウマにおける薬剤抵抗性対策と

現場への防除指導

○窪田直也¹・高木素紀²・草野尚雄³・上樂明也⁴・小河原孝司¹

¹茨城県農業総合センター園芸研究所・²茨城県鹿行農林事務所 経営・普及部門

³茨城県農業総合センター・⁴農研機構生物機能利用研究部門

はじめに

茨城県で栽培しているネギは主に根深ネギで、県下全域で様々な作型で栽培されている。中でも7月上旬から9月上旬に収穫する夏ネギは、出荷量が14,100tと全国1位

(2021)であり、本県の主力品目の一つである。夏ネギ栽培で発生する害虫にネギアブラムシ、ネギハモグリバエ等があるが、作期をとおして発生が多く、大きな被害をあたえる重要害虫にネギアザミウマ(*Thrips tabaci* Lindeman)が挙げられる。本種は主にネギの葉を食害し、かすり状の白斑を生じ、被害が大きくなると生育遅延や品質低下が生じる。ネギアザミウマには産雌単為生殖型(以下、産雌型)と産雄単為生殖型(以下、産雄型)の2つの異なる生殖型が日本で確認されている。産雌型には雄が存在せず、雌成虫が雌だけを産む。一方、産雄型では雌雄成虫が交尾後に受精卵(2倍体)が雌、未受精卵

(単数体)が雄となる。これまで、日本国内では一部の地域を除いて、産雌型のみが存在すると考えられていたが(三浦ら, 2013), 武田(2014)の報告では、15道府県で産雄型の発生が確認されている。本県においては横山・鹿島(2013)が県内のネギ、ニラおよびカーネーションを栽培する9圃場から得られた個体を調査した結果、8圃場(ネギは3圃場)で産雄型が優占し、さらに全ての個体から合成ピレスロイド抵抗性遺伝子が確認された。一方、2010年ごろから日本各地で本種の薬剤に対する感受性の低下(大井田ら, 2012; 柴尾・田中, 2012; 春山・松本, 2013; 土井ら, 2014他)および生殖型による薬剤に対する感受性の違いについても報告された(柴尾・田中, 2012; 十川ら, 2013)。本県においても県南・県西地域のネギ主要産地で、防除しているにもかかわらず本種による被害が多発する圃場がみられ、防除対策が求められた。そこで、生殖型および合成ピレスロイド抵抗性個体の実態および各地域における薬剤感受性を解明し、有効な防除法の開発を試みた。

生殖型および合成ピレスロイド抵抗性個体の分布状況と圃場における発生の推移

分布状況については、2017年7~10月に県北地域(3圃場)、県南地域(3圃場)、県西地域(6圃場)の各ネギ圃場から雌成虫を採取し、生殖型および合成ピレスロイド抵抗性遺伝子の有無をそれぞれ竹内・土田(2011)および農研機構(2019)の方法に準じ、遺伝子解析により調査した。また、一部の個体については柴尾(2013)の方法に準じて薬剤検定により合成ピレスロイド系剤のシペルメトリン乳剤に対する感受性を調査した。その結果、11圃場で産雄型が優占し、産雄型と合成ピレスロイド抵抗性個体の割合がほぼ一致した。さらに、産雄型の98%の個体から合成ピレスロイド抵抗性遺伝子が確認された一方、産雌型では合成ピレスロイド抵抗性遺伝子を保持しない感受性個体の割合が

67%であった。また、両生殖型が同じ割合で混在する圃場ではシペルメトリン乳剤の補正死虫率が94%となった一方、合成ピレスロイド抵抗性個体が優占する圃場においては補正死虫率が52%以下と低かった。これらの結果から県内の露地ネギ圃場では合成ピレスロイド抵抗性の産雄型個体が多く、一部の圃場では合成ピレスロイド感受性の産雌型が存在していることが明らかになった。

圃場における産雄型および合成ピレスロイド抵抗性個体の割合の推移については、茨城県笠間市の研究所内のネギ圃場に①合成ピレスロイド使用区、②合成ピレスロイド不使用区、③無防除区を設置し2018年6月下旬～8月まで定期的に調査した。その結果、無防除区では6月下旬において産雄型の割合が約20%であったが、7月下旬以降に割合が上昇し、8月中旬には約60%となった。合成ピレスロイド使用区および合成ピレスロイド不使用区の両区では、6月下旬に産雄型の割合が約40%であった。7月中旬の薬剤散布後（合成ピレスロイド使用区：シペルメトリン乳剤、合成ピレスロイド不使用区：チアメトキサム水溶剤をそれぞれ散布）には90%以上と上昇し、8月中旬には100%となった。合成ピレスロイド抵抗性個体の割合は、全ての区で産雄型と同様に推移した。産雄型の割合が急上昇したのは薬剤散布により、合成ピレスロイド感受性の産雌型の割合が減少し、相対的に合成ピレスロイド抵抗性の産雄型の割合が増加したことが関係していると考えられる。また、採取時期や薬剤散布状況により産雄型の割合が異なる可能性があることが示唆された。

各地域における薬剤感受性の解明

2016年および2017年6～10月に県内各地域のネギ圃場（28圃場）からネギアザミウマを採取し、柴尾（2013）の方法に準じて17薬剤に対する薬剤感受性を調査した。

県北・県央地域では各年5圃場（合計10圃場）から採取した個体群について薬剤検定を行った結果、多くの圃場でスピノシン系、マクロライド系、ジアミド系の薬剤に対して補正死虫率が90%以上と高かった。一方、ネオニコチノイド系の一部の薬剤で補正死虫率が46～89%と圃場により異なった。

県南・県西地域では各年9圃場（合計18圃場）から採取した個体群については、マクロライド系、ネライストキシシン系、ジアミド系の薬剤の補正死虫率は70%以上の傾向であったが、ネオニコチノイド系およびスピノシン系の一部の薬剤においては補正死虫率が70%未満の個体群が多い傾向であった。県北・県央地域と県南・県西地域の感受性の違いについて、山本ら（2021）による殺虫剤抵抗性リスク評価に沿って整理した結果、生殖型、薬剤散布状況および周辺の栽培状況等が異なることが関係していると考えられた。

これらの結果から、ネギアザミウマの防除に有効な薬剤として、ネオニコチノイド系（アセタミプリド水溶剤、イミダクロプリド水和剤、チアメトキサム水溶剤）、スピノシン系（スピネトラム水和剤）、マクロライド系（アバメクチン乳剤）、ネライストキシシン系（チオシクラム水和剤）、ジアミド系（シアントラニリプロール水和剤）の5系統7薬剤を選抜した。

有効な防除法の開発

本作型において、8月中のネギの新葉は約1週間で展葉する。また、出荷時には中心の3葉を残し他の外葉は除去することから、収穫4週間前（重点防除時期）から1週間間隔

で有効薬剤をローテーション散布する防除体系を考案した。一例として、選抜した有効薬剤の中から系統、使用時期、使用回数等を考慮して4薬剤を選択し、収穫前日数が長い薬剤から順に散布する(イミダクロプリド水和剤、チオシクラム水和剤、アバメクチン乳剤、スピネトラム水和剤)防除体系を構築した。茨城県笠間市の研究所内に、構築した体系防除を実施する体系処理区と、合成ピレスロイド系の薬剤を中心に、補正死虫率が低かった薬剤を散布する対照区を設置し検討した。その結果、対照区では収穫3週間前から本虫の密度が増加し、ネギの中心3葉に多数の食害が確認されたが、体系処理区では収穫3週間前から密度を低く抑えることができ、中心3葉への食害も低く抑えることができた。

また、感受性低下個体が見られた県西地域の現地圃場で、本防除体系の防除効果について実証を行った結果、防除体系全体としてはネギアザミウマの密度および食害程度を低く抑えることができた。以上のことから収穫4週間前から有効薬剤を1週間間隔でローテーション散布する防除体系は有効な防除手段と考えられた。

成果の活用事例

本研究で得られた成果は茨城県農業総合センター園芸研究所の主要成果として公表し、さらに薬剤感受性検定で得られた結果は、農作物病虫害雑草防除指針に反映され、生産者に直接指導を行う農業改良普及員等が現場で活用している。また、雑誌や新聞等のメディアをとおして成果の情報発信を行った。

なお、本成果は農林水産省委託プロジェクト「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」の支援により得られたものである。

引用文献

土井 誠・土田祐大・片井祐介・多々良明夫 (2014) 静岡県西部地域の露地ネギに発生するネギアザミウマの薬剤殺虫効果. 関西病虫研報 56:111-113.

三浦一芸・十川和士・渡邊丈夫・伊藤政雄 (2013) ネギアザミウマのバイオタイプ. 植物防疫 67:662-665.

春山直人・松本華苗 (2013) 栃木県の園芸作物に発生したアザミウマ類 6 種に対する各種薬剤の殺虫効果. 関東東山病虫研報 60:121-124.

農研機構 (2019) 薬剤抵抗性農業管理のためのガイドライン案 (2019 年 3 月)

大井田 寛・大谷直樹・中井善太 (2012) アザミウマ類 4 種の千葉県内個体群に対する各種薬剤の殺虫効果. 関東東山病虫研報 59:131-133.

柴尾 学・田中 寛(2012) 大阪府におけるネギアザミウマ産雄単為生殖系統の薬剤殺虫効果. 関西病虫研報 54:185-186.

柴尾 学 (2013) 植物防疫基礎講座：殺虫剤感受性検定マニュアル (4) アザミウマ類. 植物防疫 67: 248-251.

十川和士・渡邊丈夫・伊藤政雄・武智和彦・三浦一芸 (2013) 四国におけるネギアザミウマ生殖系統の分布とその薬剤感受性. 植物防疫 67: 666-671.

武田光能 (2014) ネギアザミウマを巡る諸問題 (寄主植物と被害, 生殖型並びに薬剤抵抗性のアンケート調査について). 植物防疫 68:248-254.

竹内亮一・土田 聡 (2011) PCR-RFLP 法によるネギアザミウマの 2 生殖型の識別と鳥取県におけるネギアザミウマ産雄性単為生殖型の分布. 応動昆 55 (4) : 254-257.

山本敦司・土井誠(2021) 殺虫剤抵抗性リスク評価表 抵抗性リスクを見える化して対策へつなげる. 植物防疫 75(1):16-24.

横山朋也・鹿島哲郎 (2013) 茨城県で発生しているネギアザミウマにおける合成ピレスロイド系剤抵抗性遺伝子の頻度. 関東東山病虫研報 60:125-127.

Title: Insecticide resistance and management practice of onion thrips *Thrips tabaci* on Japanese bunching onion field in Ibaraki Prefecture.

Naoya Kubota¹, Motonori Takagi², Hisao Kusano³, Akiya Jouraku⁴, Takashi Ogawara¹

¹ Horticultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center

² Hokota Extension Center, Ibaraki Prefecture Rokko Agriculture and forestry Office

³ Ibaraki Agricultural Center

⁴ Institute of Agrobiological Sciences, National Agriculture and Food Research Organization

群馬県のアブラナ科野菜のコナガにおける薬剤抵抗性対策へのJAの取組み

— 薬剤感受性検定を活用した営農指導 —

○内堀知佳・原澤亮太

J A全農ぐんま

嬭恋村は群馬県の北西部、標高 700~1,400m に位置する高原地帯で、冷涼な気候を活かした高原野菜の栽培が盛んである。特に春夏キャベツは嬭恋村の全耕地面積約 4,000ha のうち約 3,000ha で栽培されていると言われており、7~10 月の出荷量は同時期の国内流通量のおよそ半分にあたる 1740 万ケースにのぼる。

コナガはアブラナ科野菜における最重要チョウ目害虫であり薬剤抵抗性発達リスクが高いことで知られているが、嬭恋村圃場でも 2013 年頃よりジアミド系殺虫剤抵抗性コナガの発生を確認している。嬭恋村は広範囲で長期間に渡りキャベツ栽培が行われており、コナガが殺虫剤にさらされる回数が多いことも抵抗性発達の要因の 1 つとして考えられる。

本旨では、嬭恋村におけるジアミド系殺虫剤感受性低下の報告から薬剤感受性簡易検定の実施に至るまでの経緯と、現在も行っている簡易検定について、また、その結果を活用した営農指導について紹介したい。

I. コナガ薬剤感受性簡易検定の実施に至るまでの経緯

(1) ジアミド系殺虫剤感受性低下の報告

キャベツ栽培におけるチョウ目防除は非常に重要であり、生産者は定植から収穫まで複数回の防除を実施する。防除する際の使用薬剤は、小型チョウ目、大型チョウ目、各病害などを対象に、かつては一度に 5 剤以上を混用散布する場合もあったという。2000 年頃に主に使用されていた殺虫剤は、アフーム乳剤[6]* (1998 年上市)、スピノエース顆粒水和剤[5]* (1999 年上市)、プレオフロアブル[UN]* (2004 年上市) などであった (*[]には各剤の RAC コードを示している)。この頃にも現場段階では、アフームが効かない、スピノエースが効かない、等と個別の話題が挙がることはあったが、前述のように混用する薬剤数が多いこともあり、単剤でのコナガに対する評価は行われてこなかった。その後 2007 年、フェニックス顆粒水和剤[28]が上市されると、チョウ目への効果が非常に高いことから嬭恋村でも爆発的に普及し、その後しばらくの間基幹剤として使用されることとなった。

しかし 2013 年、J A 嬭恋村職員より、キャベツ収穫後の残渣にコナガが多発しており、原因の一つとしてフェニックス顆粒水和剤の残効不足が挙げられているとの情報提供があった。フェニックス顆粒水和剤を含むジアミド系殺虫剤はチョウ目害虫防除の基幹剤であったことから、フルベンジアミド原体メーカーの日本農薬株式会社、J A 全農営農技術センターへ協力を依頼し、初めて薬剤感受性検定を実施することとした。

(2) 日本農薬、J A 全農営農技術センターでの感受性検定

上記の報告を受け、2013 年 9 月に嬭恋村の 4 地区 (大笹、田代、干俣、仙之入) の収穫後圃場よりコナガを採取し、J A 全農営農技術センターならびに日本農薬総合研究所へ供試虫として送付した。営農技術センターへ送付した個体については、雌雄が揃わず地区別

の個体群として増殖させることができなかつたため、孀恋村個体群として検定を実施した。その結果、フェニックス顆粒水和剤の補正死虫率は常用濃度で 100%であり、1/1000 濃度では 50%前後とやや感受性が低下していることが推測されたが、実用上は問題ないと判断された。しかし、日本農薬で行った地区別の感受性検定において、4 地区中 2 地区においてフェニックス顆粒水和剤の死虫率が常用濃度で 90%を割る結果が得られ、特に大笹地区で採取した個体群の死虫率は 70%であった。

これを受け、最も感受性低下が疑われる大笹地区の個体群を全農営農技術センターに再び送付し、再度感受性検定を行った。フェニックス顆粒水和剤以外に供試薬剤としてプレバソフロアブル 5 [28]、プリンスフロアブル[2A]、コテツフロアブル[13]を用いて感受性検定を実施したところ、フェニックス顆粒水和剤・プレバソフロアブル 5 とともに常用濃度で 80%を割る死虫率であったため、大笹地区で採取した個体群はジアミド系薬剤への感受性が低下していると認められることとなった。

(3) 「難防除害虫対策会議」の発足と、簡易な感受性検定

感受性検定の結果を群馬県農業技術センターならびに技術支援課普及指導室に報告し、来年度以降の対策に向けての協力を依頼した。その結果、群馬県・JA 孀恋村・JA 全農の関係機関で「難防除害虫対策会議」を開催し、JA 全農がコナガ薬剤感受性検定試験を担うこととなった。会議の中で出た要望とその整理は以下の通りである。

① 実施時期と回数について

1 回目：7 月下旬～8 月上旬、2 回目：9 月上旬の計 2 回行いたい。

9 月採取のみの場合、すでにキャベツ栽培は終盤に差しかかっており、検定結果を現場での営農指導に活かさないため。

→2 回実施する。

② 検定結果について

採取したコナガを専門機関で増殖させてから感受性検定を行うと結果が得られるまで約 1 か月かかる。JA としては得られた結果を現場の営農指導に迅速に反映したい。
→現地で実施可能な簡易モニタリングとする。

③ コナガの採取について

収穫前の圃場には入れないが、どう採取するのか？

→収穫後の圃場の残渣から採取する。ただし、収穫前に散布された薬剤の影響を受ける可能性があるため、散布履歴を確認し、殺虫剤が 3 日以内に散布された圃場は採取の対象外とする。特に IGR 剤は、1 週間以内に散布されている圃場は不可とする。

特に②については現場の課題解決にとって重要な点であり、これが成し得なければ感受性検定の意義が薄れてしまうため、絶対条件となる事項であった。そこで、愛媛県で 20 年以上継続して行われているかんきつのミカンハダニに対する薬剤感受性検定を参考に、現地で採取したコナガをその場で供試虫として用いる試験設計とすることとした。供試虫の大きさの決定に際し、事前に営農技術センターで生育ステージごとの摂食量を確認した。2 齢前半の幼虫は摂食量が多くないため短期での調査には不適であり、4 齢後半の幼虫は 2 日後にほとんどが前蛹状態となり摂食が停止するため、短期の評価に適するが、前蛹

状態のものを供試しないように注意する必要があることがわかった。これより、3日間という短期間での試験に最適と思われる2～4齢の個体（特に3齢前半～後半の個体）を供試虫として用いることに決定した。ただし、試験当日は、コナガの発生状況や、作業する人の感覚によって、供試虫の大きさのバラツキの発生が予想される。老齢虫を放虫したためあまり摂食せず蛹となってしまった場合と、適当な大きさのコナガを放虫したが供試薬剤の効果が低かったため大量に摂食しても死亡することはなく蛹となった場合、結果の判断基準が「生存虫（蛹含む）」もしくは「死亡虫（苦悶虫含む）」の項目のみであると、状況は大きく異なるが両ケースとも「生存虫」という評価しか行えない。そのため、本検定では「食害度」も1つの指標として用いることとした。

以下に全農営農技術センター協力のもと作成した初案を示す。

- - - - -

■試験規模：90×20mm プラスチックシャーレ 3連制

■供試虫：コナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) 2～4 齢幼虫
現地採集個体群

■供試薬剤：フェニックス顆粒水和剤（フルベンジアミド 20%） 2,000 倍
アフーム乳剤（エマメクチン安息香酸塩 1%） 1,000 倍

※試験が成立すること（効くものはきちんと死亡する試験系であること）を確認するために、感受性低下の可能性が低いと考えられる薬剤を対照薬剤として選定。常用濃度に絞って、効果が期待できるのかを把握する。

■処理方法

ア. 事前準備

市販のキャベツの内部葉を、茶筒を加工したコルクボーラーにてくりぬき、所定濃度の薬液（ネオエステリン 5,000 倍加用）に1分間浸漬する。その後、新聞紙等の上で風乾させ、濾紙をしいたプラスチックシャーレに入れる。

イ. 採集・保管

現地圃場のキャベツ葉上から、つつくと激しく歩行するコナガ幼虫を採集し、ピンセットもしくは小筆を用いて、10頭/シャーレ入れる。逃亡防止のために、リードクッキングペーパーをはさんで、ふたをして持ち帰り、直射日光や雨風に直接さらされない屋外もしくは、風通しが良い室内に保管する。

ウ. 採集圃場について

散布履歴がわかっている圃場とし、IGR が散布されている場合は、その薬剤散布から7日以上、その他薬剤では3日以上経過している必要がある。

■採取方法

県・JA・県本部・メーカーで地区別に数班に分かれ採取する。採取した個体群をそのまま検定することから、採取個体数は可能な限り多くする。また、採取圃場の散布履歴についても、結果検証に使用するため確保する。

■調査方法

処理3日後に関係機関を再度参集し合同で調査を実施。

ア. 食害

下記の基準で調査し、食害指数を算出する。供試葉の画像も保存する。

$$\text{食害指数} = \frac{\sum (\text{各区の食害度})}{\text{調査区数} \times 5} \times 100$$

食害度

- 0 ; 無 (食害なし、もしくはごくわずか)
- 1 ; 少 (0よりは、明らかに認められる)
- 2 ; 中 (無処理区よりは明らかに少ないが、1よりは多い)
- 3 ; 甚 (無処理区と同程度)

イ. 死虫率

生存虫数を調査し、死虫率および補正死虫率を求める。なお、無処理区の幼虫と比較して、正常に歩行できない個体群 (その速度や行動) や、生育が抑制されている個体は苦悶虫とし、死亡虫とする (苦悶虫と生存虫との判断に迷うものは、生存虫とする)。

- - - - -

2014年7月、本試験を7月下旬～8月上旬に1回目、9月上旬に2回目を実施することから、事前に関係機関を参集し、検定の様子を実演して試験概要の説明を行う事とした。実演後、試験資材や供試虫数、放虫後の管理方法などを見直し、より現場で実施しやすい体系となるよう協議を行った。具体的な変更点としては以下の通りであった。

- ・プラスチックシャーレを用いる予定だったが、使い捨て資材のほうが扱いが容易であり、入手も簡単であることからフタ付きのプリンカップ (60×30mm) に変更。フタをして調査日まで保管する。
- ・シャーレ (直径 90mm) からプリンカップ (直径 60mm) に変更したことから、リーフディスク用のキャベツをくり抜くためにクッキーの型抜き (直径 45mm) を使用。
- ・放虫数について、シャーレ1つあたり5頭に変更。

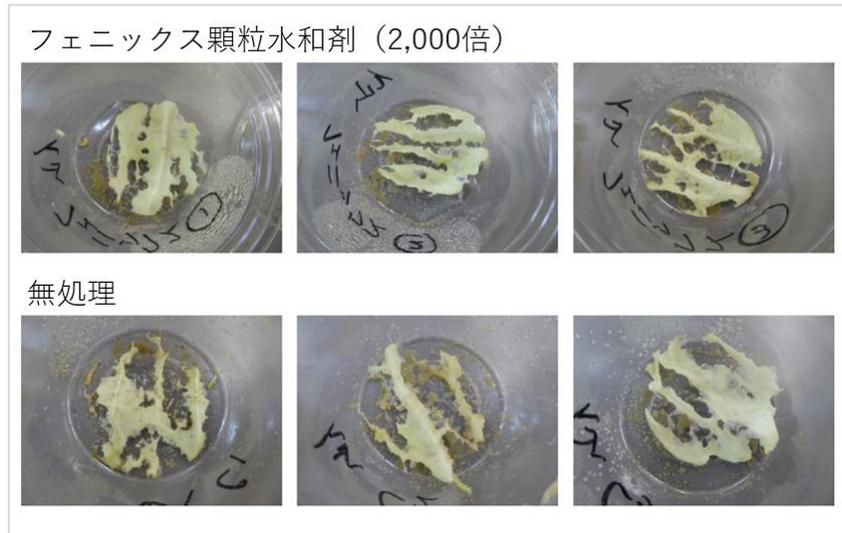
2014年8月5日、JA婦恋村会議室にて、第1回となるコナガ薬剤感受性簡易検定を実施した。その結果、フェニックス顆粒水和剤の補正死虫率の平均は32.3%となり、フェニックス顆粒水和剤の感受性低下の可能性が示唆された (表-1)。また、感受性低下の可能性が低いと考えられるアフーム乳剤を対照薬剤と設定したところ補正死虫率は91.8%となったため、この試験系が成立することが確認できた。食害度の平均はフェニックス顆粒水和剤が76、アフーム乳剤が26となり、フェニックス顆粒水和剤は無処理区とほぼ同等の食害を受けた結果となった (表-2、図-1)。

表-1 第1回コナガ感受性検定 補正死虫率

薬剤名	供試倍率	コナガ採取地区						平均
		田代	長井	大笹	干俣①	干俣②	仙之入	
フェニックス顆粒水和剤	2,000倍	57.1%	36.5%	21.4%	0.0%	35.7%	42.9%	32.3%
アフーム乳剤	1,000倍	92.9%	100.0%	80.0%	92.3%	100.0%	85.7%	91.8%

表一 2 第1回コナガ感受性検定 食害度

薬剤名	供試倍率	コナガ採取地区						平均
		田代	長井	大笹	千俣①	千俣②	仙の入	
フェニックス顆粒水和剤	2,000倍	78	56	67	89	78	89	76
アフーム乳剤	1,000倍	33	11	22	22	33	33	26
無処理		100	67	100	89	78	89	87



図一 1 放虫3日後の食害のようす(仙之入地区)。

上段がフェニックス顆粒水和剤区。下段が無処理区だが、同等程度に食害されており、防除効果がほぼ見込めなかったことが確認できる。

この結果を受け、JA 婦恋村と協議し、再度生産者にローテーション防除の必要性を周知するために、キャベツ栽培で主に使用される殺虫剤を系統別に一覧表としたものを下敷きとして作成し、配布することとした。当時は RAC コードがまだ浸透しているとは言えない状況であったが、この取り組みを5年ほど継続して行ったことで、ローテーション防除の意識付けに繋がった。

図一 2 実際に生産者に配布した資料。

具体的な薬剤名と試験結果も含めた内容とし、ジアミド系薬剤の感受性低下の回復を図るための防除体系の見直しを依頼した。

ローテーション防除を心掛けましょう

JA 婦恋村 営農畜産課

昨年のシーズン後半に、コナガに対する薬剤効果が落ちてきたのではないかと報告を受け、村内数カ所の圃場に寄生しているコナガを採取し、薬剤感受性(効果)検定試験を実施しました。
 その結果、一部の圃場から採取したコナガに対する、ジアミド系殺虫剤(商品名:フェニックス・プレバゾン)の効果の低下が認められました。ジアミド系殺虫剤はキャベツ生産に欠かすことができない殺虫剤であるので、継続的に高い効果で使用できるようローテーション防除を心掛けてください。

「ローテーション防除」とは?
 農薬の効果を低下させないよう同じ作用(病害虫に対する薬剤の働き方)の薬剤を連用しない防除の考え方です。

◎ローテーションではない防除の例
 例) 同じ薬剤を連続して散布 例) 前回散布した薬剤と同じ系統の薬剤を散布

フェニックス → フェニックス

フェニックス → プレバゾン

注意
 商品名が違っても同じ薬剤系統の場合があります。また、**防除の基本的な考え方**や**環境作り**を再度確認し、効率的な病害虫防除を図りましょう。

- 散布ムラはないか?
- 散布間隔が空きすぎているか?
- 希釈倍率は適切か?
- 収穫後の残渣を放置していないか?
- 散布水量は適切か?
- 同じ農薬ばかり使用していないか?

II. 現在実施しているコナガ薬剤感受性簡易検定

(1) 実施方法について

検定方法については概ね上述のものから変わらないが、プリンカップの保管場所のみ変更している。初年度はJ A 婦恋村の会議室で放虫作業後、プリンカップを発泡スチロール容器に入れて一度J A 全農ぐんま事務所まで持ち帰った。事務所の保温庫にて保管したほか、全地区で薬剤ごとに予備のカップ（3連+予備2つつ）を作成していたため、保管条件の検討も兼ね、それを発泡スチロール容器内で常温保管した。3日後J A 婦恋村本所にて調査を行った結果、保温庫保管、常温保管で死虫数や摂食量に差が見られなかったことから、翌年より放虫後のプリンカップは発泡スチロール容器に入れ、J A 婦恋村事務所内で保管していただくこととしている。

(2) 供試薬剤について

2022年現在も簡易検定は年2回実施しており、J A 婦恋村の営農担当職員と協議の上、供試薬剤の追加や入れ替え、2剤混用区の設定などを行っている。初年度は供試薬剤2種でスタートした本検定であったが、現在では第1回、第2回でそれぞれ無処理区を含め20種程度の薬剤について感受性を検定している。試験薬剤が増えるということは必要な供試虫も増えることであり、これが可能となっているのも、県関係者、J A 婦恋村、各農薬メーカーの協力があってこそである（現在、コナガ採取地区は5地区、各剤3連制で行っているため、20薬剤の検定を行うためにはコナガが1,500頭必要である）。

第1回と第2回の試験区設定については、下記のような整理としている。

第1回 … 可能な限り個体数を採取し、検定薬剤数を多く設定することにより、8月以降の防除指導に活用する。

第2回 … 第1回検定の結果から効果の高い薬剤を選択し、濃度を幾つか設定し検定することにより、効果の高い薬剤の感受性経年変化を得るためのデータとする。

近年検定している具体的な薬剤としては、第1回ではフェニックス顆粒水和剤に加え、コナガ防除の基幹剤であるアフームエクセラ顆粒水和剤やディアナSC、ゼンターリ顆粒水和剤やチェーンアップ顆粒水和剤などのBT剤、また、グレースシア乳剤やプロフレアSCなどの新規系統剤など、幅広く試験区を設定している。第2回では、そのうち効果の高いアフームエクセラ顆粒水和剤やディアナSC、グレースシア乳剤、プロフレアSCなどについて、常用倍率区、1/10倍率区、1/100倍率区を設定している。また、第1回検定の結果によっては、同様の薬剤を再度試験区として設定することもある（コナガの発生が少なく必要量採取できなかった、雨で弱っていたため摂食せずに死亡してしまった、大きい個体を放虫したため蛹になってしまった等）。

参考までに、フェニックス顆粒水和剤の常用濃度での死虫率は0~60%前後と地区によってばらつきはあるが、依然として感受性の回復には至っていない。

(3) 実施にあたっての注意点

本検定を実施するにあたって心がけていることや、注意すべきことについて述べる。

①日程調整

…実施日は、試験関係者になるべく多く集まれる日に設定する。

②器具は入手しやすいものを利用する

…薬液調製で使用するピペットマン、電子秤、メスシリンダーなどは専用のものが必要だが、それ以外の用具はホームセンター等で一通り揃えられる設計にすると準備もしやすく、翌年以降も継続しやすい。

③薬剤の優先順位を決める

…圃場の状況によって採取できるコナガ頭数は異なる。正確な結果を得るためにも、重要度の高い薬剤から順に放虫作業を進めることが必要。補正死虫率を算出することから、無処理区を優先順位の1位とする。

④供試虫の目合わせを必ず行う

…小さすぎても大きすぎても好ましくないことを周知する。本検定では営農技術センターに実寸大の写真を用いた資料を作成してもらい、各テーブルに配布し、各自確認しながら作業を行っている(図-3)。放虫は優先順位の高い薬剤区から行うが、個人での見極めが難しい場合は、①採取したコナガのうち適当な大きさの個体を選別する係、②実際にカップに放虫する係、に分かれて作業を行うことで、より正確に選定が行える。また、作業中も見回りをを行い、不適と思われる個体は入れ替えを行う。

⑤無処理区の供試虫選びは特に慎重に

…営農技術センターと協議し、無処理区の死虫率が30%を超えた場合は薬剤処理区も無効データとしている。どの区でも言えることではあるが、無処理区については特に弱った個体や濡れた個体を供試することは避ける。

⑥コンタミネーションに注意

…ウワバの若齢幼虫が混入していることが多い。また、放虫する際に小筆を使用しているが、筆でリーフディスクを触らない、触った場合は小筆を交換するようお願いしている。



図-3 コナガ目合わせ用の画像(左)と実際の作業のようす(右)
実寸大になるよう印刷し、各班に配布している。

複数人で作業を行うため、可視化・数値化できるものはなるべく紙ベースに落とし、作業中においても共有することが重要である。

Ⅲ. 検定結果を活用した営農指導について

本試験はジアミド系殺虫剤抵抗性を検証する簡易検定として始まったものであるが、現在では上述のように検定に用いる試薬数は各回20種類を超えていることから様々な活

用ができる。第1回の検定では RAC コードに基づく系統別に代表薬剤の検定を行っており、当用期防除に対して有効な薬剤選定を可能にしている。第1回の検定期は8月上旬を目途に行っており、当該地域では収穫、薬剤防除、秋収穫分の定植を行っている時期に該当する。薬剤の系統ごとの感受性の傾向を認識すること、使用時期や各剤の有する特性を理解することで効率的な防除を模索する。生産者の当用期防除の薬剤選定については各支所購買職員の営農指導に基づくことが多い。前日までの気候やコナガの発生量、個体差はあるものの、地域ごとに簡易検定を行うことは具体的で柔軟な営農指導の一助となっている。

第2回の検定では第1回の検定結果を踏まえた薬剤選定や次年度の防除へ繋げることが可能だ。具体的には第1回で試験結果が前年より低下した薬剤の再評価や混用による相乗効果が期待される薬剤選定を実施し評価をする。第2回の検定期は9月上旬を目途に行っており、当用期に世代交代を経た個体に対しての効果確認となる。結果次第では次年度のローテーション防除の薬剤の組み合わせの変更も必要になる。JA 嬭恋村では予約資材注文書を配布しており、必要に応じて説明会や栽培講習会にて情報発信をしている。

村内でも地区別に特色があり薬剤の使用傾向に伴って感受性が異なることが分かっている。ジアミド剤に限らず数年主力剤として散布されてきた剤についてはローテーション防除の中で系統薬剤の回数を減らすなどする。近年では IRAC コード 30 に該当する薬剤が発売され、コナガ防除の負担は軽減されているが、抵抗性リスクの観点からも新剤に頼りすぎない防除が望まれている。近年の栽培状況については長雨による散布ロスや早期の梅雨明けに伴う干ばつ、台風被害、温暖化による気温上昇と様々な病害虫リスクが散見され、より適期での防除が求められる。同系統の薬剤でも有効成分の活性濃度や製剤の違いで残効や効果発現に差があることが分かっており、降雨などの気象条件に合わせた剤の提案をしていくことも課題である。

生産者についても経営移譲による若返りや法人化等による大規模化が進み、RAC コードや剤の特性に基づく防除意識はより高まっている。現在の販売状況を鑑みても価格も踏まえた効率的な防除も必要である。各農薬メーカーからの情報を精査し早めに早く現地と共有し定着させるかが課題である。まさに本会の求められる役割である。感受性簡易検定については JA 嬭恋村、群馬県、全農ぐんまと課題も含め情報共有することで生産者への防除提案へ繋げており、コナガ防除における取り組みを継続すること、データを蓄積による精度を向上させていくことの意義は大きいと考える。

(2022年11月11日 受領)

Title

JA's measures for insecticide resistance of diamondback moth inhibiting cruciferous vegetables in Gunma

—Farming guidance utilizing insecticide susceptibility tests—

Chika Uchibori , Ryota Harasawa

National Federation of Agricultural Cooperative Associations

Gunma Prefecture Headquarters

(Recieved 11 Nov. 2022)

IRAC コードはどのように審査され決められるのか

○中野元文^{1,2}

¹ 日本農薬株式会社、² IRAC MoA チーム

はじめに

殺虫剤による害虫防除を試みた際、期待される防除効果が得られない場合の原因の一つに、抵抗性の発達がある。抵抗性は遺伝的なものであり、同じ薬剤あるいは同一作用機構の薬剤を連用すると抵抗性発達のリスクが高まると考えられている。抵抗性発達には、様々なメカニズムがあるが、中でも作用点変異による抵抗性の発現に関しては、発生するとその薬剤だけでなく同一作用機構を持つ薬剤も同様に効果が低下してしまう場合が多く、薬剤の選択肢が狭まることとなってしまうため、その回避・遅延策が非常に重要となる。

抵抗性発達を完全に抑えることは不可能であるが、そのリスクを管理するにはいくつかの方法が存在する。抵抗性品種の栽培や害虫の物理的な侵入阻止等、様々な手段を組み合わせることで害虫の加害リスクを抑える適正作物防除指針の採用により淘汰圧を低減することが有用であるが、作用機構の異なる剤によるローテーション防除も有効な方法として挙げられる。抵抗性回避に有用なローテーション防除体系を立案するためには、当然のことながら各剤の作用機構について理解・整理しておく必要があり、国際団体 CropLife International の専門技術委員会である Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) がそのための作用機構分類を行い、現場での防除に活用されている。

IRAC 分類の決定スキーム

では IRAC の MoA 分類はどうやって決定されるのだろうか。IRAC online の Mode of Action のページ (<https://irac-online.org/mode-of-action/>) には、“MODE OF ACTION CLASSIFICATION SCHEME VERSION 10.3” という pdf ファイルが掲載されており、分類のスキーム等が書かれている。APPENDIX 4 に具体的なプロセスや、分類に必要な情報に関する記載がある。また、農薬工業会のホームページにはその一部を翻訳したものが掲載されており、大変参考になる (<https://www.jcpa.or.jp/labo/mechanism.html> の「殺虫剤 (IRAC) 2022 年 6 月版(Ver10.3)」、2022 年 11 月現在)。

ここでは IRAC MoA 分類決定の具体的なプロセスと、MoA 分類提案に必要な情報について、簡単に紹介する。

IRAC MoA 分類の基本的な決定プロセス

IRAC online のサブミットフォームから、新規有効成分(AI)の分類もしくは既存 AI の分類変更申し入れを行った後、提案者はその分類提案の根拠となるデータを MoA チームに提出する。MoA チームは昆虫毒物学、薬理学、生化学の専門知識を持つ会員企業の技術者で構成されており、提出されたデータについて審査・評価を行う。より詳細なデータが必要な場合には提案者に通知し、提案者は追加データを提出する。必要に応じてこのサイクルを繰り返し、最終的に MoA チームは意志を決定する。結果は IRAC の執行部に通知され、必要な場合は執行部メンバーによる投票で最終的に決定された後、提案者に通知され

るとともに作用機構分類体系が更新される。

MoA 分類提案に必要な情報

1a: 既存グループ（既存サブグループ）への分類、1b: 既存グループの新規サブグループへの分類、2: 新規グループへの分類、3: UN（作用機構不明）への分類、の4つのケースがあり、それぞれの場合に必要な情報が上述した pdf ファイルの MoA Classification Guidance Matrix の項にまとめられている。以下は化学農薬の場合を想定して記す。

- 1a: ①虫体内においてその活性レベルから期待される濃度において、標的タンパク質/シグナル伝達経路に明確な作用（活性化、阻害、または調節）がある
②作用点における構造活性相関と殺虫活性の構造活性相関が類似している、および/または、提案する作用機構を支持する標的変異の情報（その作用点における変異が化合物に対する昆虫の感受性に影響を及ぼすことの証明）がある
③生理学的研究もしくは症状の観察により、その標的/経路への影響と、昆虫の死亡が関連付けられている
- 1b: 上記の①～③に加え、
④ケミカルクラスが同グループの既存剤と区別できる
⑤グループ内の既存化合物と交差抵抗性の関係にない
- 2: 1a の①～③に加え、
④新規のケミカルクラスである
⑤既存の標的/経路の新規部位に対する活性を示す場合、既知の標的/経路の既存部位と明確に区別できる
- 3: 定義された作用機序を裏付ける証拠が不十分である

このように、UN 以外のいずれのグループ/サブグループへの分類を主張する場合でも、提案する作用点において化合物が（ある程度）低濃度で活性を示すことの証明と、類縁化合物の *in vitro* / *in vivo* における構造活性相関の類似性（もしくはその作用点における変異が感受性に影響を及ぼすことの証明）を示す必要がある。IRAC の作用機構分類を円滑に進め、現場の防除体系の中で速やかに貢献するためには、開発・登録のためのデータ取得と並行して、上記のような評価を進めることが農薬メーカーにとって重要となっている。

終わりに

近年は生物農薬による防除や、バイオスティミュラントを用いた作物生産に注目が集まっており、今後はそれらの分野が伸長することが予想されるが、一方で化学農薬も虫害防除体系の中で、依然として重要な役割を果たしていくものと考えられる。殺虫剤の歴史は抵抗性との戦いの歴史と言っても過言ではなく、その戦いは今後も続いていくことだろう。IRAC による MoA 分類は、多くの栽培現場で浸透しつつあり、的確な分類に基づく抵抗性発達回避策の立案のためにも、作用機構研究の重要度はますます高まっている。

(2022 年 11 月 11 日 受領)

Title:How is the IRAC code reviewed and determined?

Motofumi Nakano^{1,2}

¹ Nihon Nohyaku Co., Ltd., ² IRAC MoA team

(Recieved 11 Nov. 2022)

兵庫県における殺菌剤耐性菌の発生要因解析と発生後の対応

内橋嘉一・松本純一・岩本豊

兵庫県立農林水産技術総合センター

はじめに

兵庫県は、北は日本海、南は瀬戸内海（太平洋）に面しており、多彩な農林水産業が営まれている。農業産出額のうち、水稻が約 30%を占めており、その栽培面積は 35,800ha である（R3 県農産園芸課調べ）。コシヒカリ 13,228ha、キヌヒカリ 5,072ha、ヒノヒカリ 6,871ha の 3 品種が、主食用米の約 8 割を占めており、他に山田錦を中心に酒米が 4,533ha 作付けされている。県北部はコシヒカリ、県西部はキヌヒカリ、ヒノヒカリ、県東部はコシヒカリ、キヌヒカリ及び山田錦、県南部はキヌヒカリが主要品種となっている。近年の消費者ニーズの多様化に対応して、地産地消を目指した新品種の開発や環境への負荷軽減に配慮した環境創造型農業の拡大に取り組んでいる。また、吟醸酒ブームや日本酒の輸出増等に伴い需要が増加している山田錦等の酒米の高品質・安定生産にも重点を置いている。これらの水稻栽培を支える採種産地は県内 3 つのエリアに約 300ha ある。担い手や生産基盤の面では、第 2 種兼業農家の割合が約 70%と全国（58%）よりも高く、1 戸あたりの経営耕地面積は全国（1.96ha）の半分程度であり、小規模な経営が大半を占めている。

水稻病害のうち、殺菌剤耐性が問題となるのはいもち病とばか苗病である。殺菌剤耐性いもち病菌は、1980 年代のカスガマイシン剤に始まり、近年では QoI 剤がある（表 1）。また、種子消毒剤ではペフラゾエート耐性ばか苗病菌が最近問題となった。

QoI 剤耐性いもち病菌のケースを例にとると、まずその発生要因を解明した上で、発生を未然に防ぐために普及センターや JA など現地指導機関と連携して採種圃を含む防除暦の策定や耐性菌のモニタリング調査及び新たな防除手段の開発を行ってきた。

そこで、本稿では兵庫県における MBI-D 剤耐性いもち病菌、QoI 剤耐性いもち病菌及びペフラゾエート剤低感受性ばか苗病菌の発生経過、発生要因解析及び発生後の対応について報告する。

表 1 兵庫県で発生した水稻病害の殺菌剤耐性菌

病害名	薬剤名	発生年
いもち病	カスガマイシン剤	1980 年代
	IBP 剤	1983 年
	MBI-D 剤	2003 年
	QoI 剤	2013 年
ばか苗病	ベノミル剤	1987 年
	トリフルミゾール剤	1993 年
	ペフラゾエート剤	2021 年

I 殺菌剤耐性イネいもち病菌の発生要因解析と発生後の対策

1 MBI-D 耐性イネいもち病菌 (*Pyricularia oryzae*)

カルプロパミドは、シタロン脱水酵素阻害型メラニン合成阻害作用をもつ剤 (MBI-D 剤) の代表的な殺菌剤の一つである。MBI-D 剤は、1998 年のカルプロパミド剤を筆頭に、2000 年、2001 年にそれぞれジクロシメット剤、フェノキサニル剤が上市された。兵庫県内でもカルプロパミド箱粒剤の普及が進み、上市から 3 年を経た 2002 年時点で約 12,000 ha に使用された。

しかし、これらの薬剤に耐性を有するいもち病菌の発生が 2001 年に初めて佐賀県で確認され、翌年には九州全県に広がり、その後、近畿中四国地域を中心に拡大し、さらに東北地域まで広がった。

兵庫県でも 2003 年にいもち病の発生が多く確認され、カルプロパミド剤を施用していたにもかかわらず発生が認められたことから、その分布を調査したところ、広域で耐性菌が発見された。2003 年の結果を受け、MBI-D 剤の使用を止めたことにより (岩本ら, 2007)、耐性菌は年を経るごとに減少し、2009 年には検出されなくなった (図 1)。

カルプロパミド剤の普及後 3~4 年で耐性菌が発生した佐賀県の事例と同様に兵庫県においても薬剤処理による選抜が起こったと考えられた。また、県内広域で発生した理由としては、耐性菌を保菌した種子の流通による拡散の可能性があると考えられた。

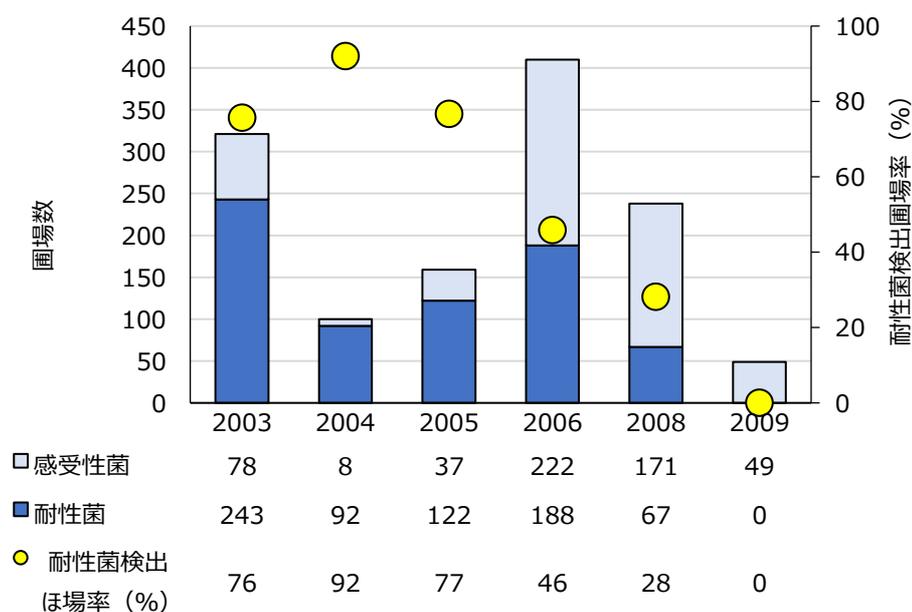


図 1 兵庫県における MBI-D 剤耐性菌の状況

2 QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生とその後の対策

(1) 発生状況

兵庫県の重要施策である環境創造型農業を進めるため、施用する殺菌剤の成分数を減らす必要があることから、いもち病と紋枯病を同時防除できるオリサストロビン剤等の QoI 剤の普及が 2009 年から本格化した。

QoI 剤は省力化を求める生産者のニーズに応え、JA 育苗施設等で播種時処理されたことなどから、2013 年には 22% まで使用面積率を伸ばした。しかし、2013 年の QoI 剤耐性菌

の発生に伴い、使用自粛が要請されたため、翌年以降、ほぼ使用がなくなり代わって抵抗性誘導剤のシェアが増えた。

2012年のQoI剤耐性いもち病菌の検定は(株)BASFがPCR-RFLP法を用いて行い、2013年以降は兵庫県立農林水産技術総合センターが主に培地法(宮川・富士, 2013)を用いて行った。その結果、QoI剤耐性いもち病菌は、2012年には87圃場で検出されなかったものの、2013年には圃場率71%と高い割合で検出された(図2;内橋ら, 2014)。その後、使用自粛となり、4年後の2017年には9%と大きく低下した。このことから、耐性菌は感受性菌よりも生存能力が低い可能性があると考えられた。

地域ごとにみると、県東部、西部及び南部の各地域では葉いもちで高率で耐性菌が見られたのに対して、北部では低率であった。また、西部ではいもち病が激しく発生した圃場が多く見受けられた。

(2) 各地域のオリサストロビン使用量といもち病発生量

このように、地域間の耐性菌発生状況に大きな差が見られたことから、その発生拡大要因を明らかにするため、発生年である2013年のオリサストロビンの使用量、いもち病発生量について検討した。2012年のオリサストロビンの販売量から2013年の地域ごとの使用面積と面積率を推定すると、県北部では33%、県東部では16%、県西部では31%及び県南部では12%となった。このように、いもち病だけでなく、紋枯病にも卓効を示すオリサストロビンは使用剤数を減らす目的で広く普及し、県内13JAのうち10JAで栽培歴に採用されていた。

鈴木ら(2017)は、2007~2014年(8年間)の耐性菌の発生確率を目的変数に、2007~2012年(6年間)のオリサストロビンの累積使用面積率を説明変数とするロジスティック回帰モデルにより、2014年のQoI剤耐性菌の発生確率50%と推定できるオリサストロビン累積使用面積率は2012年(6年目)までに68%であると報告している。これは、使用面積率10%以上で連用した場合に5~6年で耐性菌が発生するおそれがあることを意味する。

前年の販売量からオリサストロビンの推定使用面積率を算出したところ、2010年から2013年の累計で75%となり、高い面積率でのオリサストロビンの連用が耐性菌の発生につながったものと推察された。

しかし、県北部に注目すると、2013年のオリサストロビン使用面積率は高い割合であったにもかかわらず、耐性菌検出圃場は穂いもちの1圃場にとどまり、葉いもちでの発生が多くの圃場で見られた他地域と発生状況が大きく異なった。

また、7月の地域ごとの葉いもちの発生圃場数をみると耐性菌が多発した県西部では、発生圃場率60%となったのに対して県北部では発生圃場率13%と低かった。

(3) 耐性菌発生拡大要因の解析

県北部でオリサストロビンの使用面積率が高いにもかかわらず、いもち病発生圃場率が低いのは、この剤の防除効果が十分あった、つまり耐性菌の存在が少なかったことが大きな要因であると考えられる。では、なぜ県北部と他の地域で耐性菌の検出やいもち病の発生量にこのような差が生じたのだろうか。いもち病の伝染経路は主に種子伝染であり、県内広域に耐性菌が確認されたことから、一因として保菌種子の流通状況の違いが関与している可能性があると考えられた。

そこで、耐性菌が発生した 2013 年に葉いもちから分離した QoI 剤耐性菌の個体群解析（フィンガープリント解析、以下 FP とする）を pot2-rep PCR を用いて行った。その結果、耐性菌を検出した圃場で同じ FP の耐性菌が観察され、それらは県西部、東部及び南部に広く分布した（内橋ら、2016）。

高橋ら（2010）は、2005～2007 年にかけて岩手県内で採取した MBI-D 耐性菌の FP 解析を行った結果、特定の FP の耐性菌（Iwa3）が優占していることや採種圃産種子からも Iwa3 が分離されたことから耐性菌の発生拡大は保菌種子由来であると推察している。

これらのことから、特定の産地で生産された種子に何らかの要因で耐性菌が感染し、各地域での耐性菌の発生につながった可能性があるかと推察された。県内種子生産圃場では、これまで QoI 剤は使用されていない。しかし、種子生産圃場以外では QoI 剤が使用されている場合があり、さらにいもち病発生リスクがある地域に位置する場合があるため、気象条件によっては周辺圃場からの飛び込みが起きやすく、2012 年に行ったモニタリングでは検出できなかった耐性菌が存在した可能性がある。

また、県西部ではオリサストロビンの施用圃場で移植直後に筋状に激しく発病したケースが観察され、種子由来の耐性菌が育苗施設で拡大したと推察された。佐々木らは MBI-D 剤耐性いもち病菌を保菌した苗に MBI-D 剤を処理すると定植後の圃場で耐性菌が優占し、種子の保菌率が高いと初発日が早いことを報告した（佐々木・猫塚、2009）。

一方、山下ら（2014）は、抵抗性誘導型箱施薬剤はその効力発現までにはやや長時間を要し、必ずしも育苗期のいもち病防除に適さないことを報告している。さらに、耐性菌発生時に県内で使用されていた箱施薬剤はオリサストロビン剤に加えて、抵抗性誘導剤が多く、栽培面積に占めるそれらの割合が高かったと報告している。

これらのことから、播種・育苗時に QoI 剤耐性いもち病菌が蔓延したため、広域に拡大する要因になったと考えられた。

以上のことから、QoI 剤耐性いもち病菌の発生・拡大を防ぐため、次の対応が必要であったと考えられた。

- ①QoI 剤の使用面積が一定レベルを超えないようにアラートを出す。
- ②QoI 剤のように耐性菌リスクの高い箱施薬剤の播種時処理は避ける。
- ③いもち病に卓効があるベノミル剤による播種直後の防除を行う（内橋ら、2014）。

（4）発生後の対応

兵庫県病害虫防除所（2013）は、耐性菌が発生した直後に、県内全域での QoI 剤使用を自粛を要請した。耐性菌の発生がほとんどなかった県北部では、発生後もオリサストロビン剤の使用を続ける可能性が考えられた。しかし、県北部での同剤の使用面積率が高いことに加えて、県西部や県東部などの隣接地域に耐性菌が発生しており、使用を続けた場合、早期の耐性菌の拡大が推測された。

これらのことから、発生直後の県全域に対する QoI 剤使用自粛要請は県北部の被害を未然に回避した点で、適切な対応だったと考えられた。

また、兵庫県は県外にも種子を出荷しているため、県農作物改良協会は耐性菌の拡大を未然に防ぐため、2013 年度産種子の出荷前に、取引先に耐性菌発生県であることを周知した。



図 2 QoI 剤耐性いもち病菌による葉いもち

II 殺菌剤低感受性イネばか苗病菌の発生とその後の対策

イネばか苗病は、*Fusarium fujikuroi* を病原とする種子伝染性病害であり、開花期に感染した種子が保菌して翌年の伝染源となる。育苗期に発生した場合は種子生産者に対するクレームの対象となり、防除対策が必要とされる病害である（藤，2018）。

本病は 1980 年代末から 90 年代初め頃まで多発していたが、効果の高い種子消毒剤（DMI 剤）の使用で 2000 年代後半までほとんど発生が見られなくなっていた。しかし、その後の生物農薬や温湯消毒の普及や多様な品種の導入により、発生が顕在化した。

そこで、県内で長年使用されているペフラゾエート（Pf）剤を用いて、ばか苗病菌の Pf 剤に対する感受性を調査した。兵庫県内で発生したばか苗症状個体から常法に準じて分離し、それを形態観察と PCR - RFLP（Suga et al., 2014）あるいはリアルタイム PCR（Amatulli et al., 2012）で同定を行った。

その結果、2018 年は 149 菌株、2019 年は 188 菌株のばか苗病分離菌（*F. fujikuroi*）株を得た。Pf への薬剤感受性検定は Wada et al.（1990）に準じて最小生育阻止濃度（Minimum Inhibitory Concentration, MIC）法で行った。その結果、2018 年、2019 年の MIC 値はいずれも 12.5 μ g/ml を頂点とする一峰性の感受性分布であり、1.56 μ g/ml を頂点とする一峰性の感受性分布である Wada et al.（1990）の報告と比較すると、ピークの値は 4～8 倍高濃度側に移行した（図 3）。

次に、2019 年は 9 菌株、2020 年は 3 菌株を、イネ品種「短銀坊主」に減圧接種して、これらを健全種子に 30%混和し、各剤の防除効果を検討した。その結果、各菌株の Pf 剤に対する感受性の低下が認められた（表 2）。一方、これらの菌株に対するフルジオキシニル・ペフラゾエート C（C+F1+Pf）剤とイプコナゾール C（Ip+C）剤の防除効果はともに高かった。Pf 剤は 1992 年頃より 30 年近く兵庫県内で広く種子消毒剤として使用されてきた。このような広域での連用が、感受性低下菌出現の要因と考えられた。

この結果を受けて、兵庫県では、Pf 剤の使用を中止し、代替剤に切り替えるとともに、代替剤の感受性低下を避けるため、原種圃場や採種圃場で C+F1+Pf 剤と Ip+C 剤が交互に使用される仕組みを導入した。

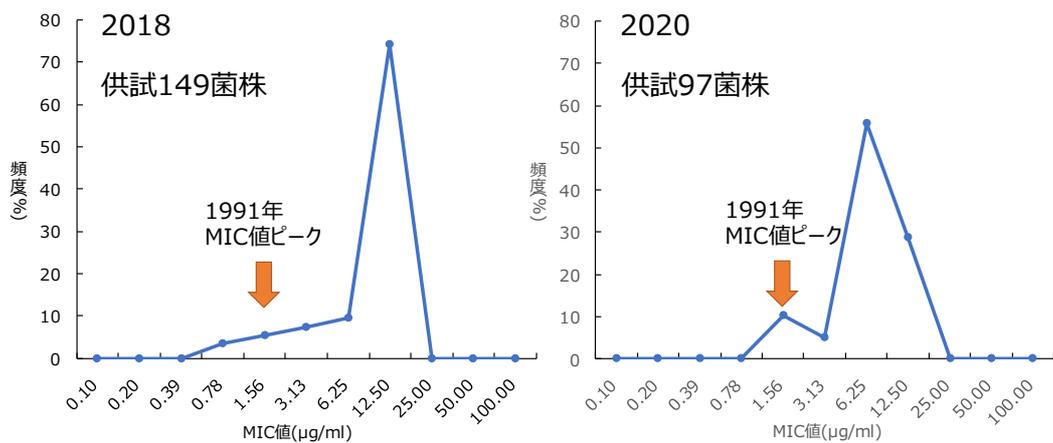


図3 イネばか苗病菌のペフラゾエートに対する感受性分布

表2 兵庫県内で採取したイネばか苗病菌株に対する各薬剤の防除効果

分離株	採取年度	採取地域	増地試験におけるMIC値(mg/L)		短銀坊主を用いたばか苗病防除試験(防除値 ¹⁾)		
			ペフラゾエート	イブコナゾール	Pf剤 ²⁾	C+Fr+Pf剤 ²⁾	Ip+C剤 ²⁾
1	2019	加西	12.5	1.57	38.6	100.0	99.6
2	2019	加西	12.5	1.57	29.6	100.0	98.5
3	2019	加西	12.5	1.57	61.2	100.0	100.0
4	2019	加西	12.5	1.57	74.4	99.4	99.0
5	2019	加東	0.78	0.39	97.6	100.0	100.0
6	2019	加東	12.5	1.57	62.8	100.0	100.0
7	2019	豊岡	1.57	0.78	98.2	100.0	100.0
8	2019	朝来	1.57	0.39	92.7	100.0	96.0
9	2019	朝来	1.57	1.57	95.2	100.0	100.0
10	2020	加東	12.5	0.78	98.3	100.0	100.0
11	2020	加東	12.5	1.57	10.7	100.0	97.2
12	2020	加東	12.5	1.57	68.9	99.5	100.0

1)無処理区を含む各処理区の徒長苗率(出芽した苗のうち徒長した苗の割合)を算出して、防除値は以下の式で計算した。
 (無処理区の徒長苗率-処理区の徒長苗率)÷無処理区の徒長苗率×100

2)Pf剤:ペフラゾエート乳剤、C+Fr+Pf剤:銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤、Ip+C剤:イブコナゾール・銅水和剤。
 種子消毒はいずれの薬剤も200倍希釈液に浸種前24時間種子浸漬処理した。
 供試品種は「短銀坊主」で、健全種籾:イネばか苗病菌分離株減圧接種籾=7:3に混合して供試した。

Ⅲ 水稲病害の耐性リスク対策

兵庫県では以下の3点に重点をおき、採種圃を中心に、水稲病害の耐性菌対策を推進している。

1 複合リスクにもとづく耐性リスクを意識

防除暦などの防除スケジュールを作成する際、複数の病害に対して適切な時期に適切な剤を施用する必要がある、労力やコストも勘案するとパズルのように難しい作業になる。

その際に強く意識するのは、複合リスクにもとづく耐性リスクである（Japan FRAC, 2019）。水稲防除に用いられる殺菌剤リスクは、QoI 剤や MBC 剤で高、SDHI 剤で中~高、DMI 剤では中である。一方、病原菌リスクは、イネいもち病で高、イネばか苗病で中、イネごま葉枯病や紋枯病で低となる。更に、これらに栽培リスクを考慮したものが複合リスクである。

例えば、いもち病に QoI 剤を使用し、栽培リスクが高い状態であると、複合リスクは最も高くなる。そのため、採種圃では防除スケジュールを作成する際、まず使用する剤のリスクを把握し、殺菌剤リスクの高い剤を使用しないことに加え、多肥や風通しの悪い圃場の選定を避けるなど、病原菌リスクの高いいもち病などの栽培リスクをつくらないように留意する。

2 ガイドラインの遵守と IPM の実践

水稲栽培はピラミッド状の種子生産組織によって支えられており、高度な耐性菌管理を行っている。種子生産者には、殺菌剤耐性菌研究会が作成した各剤グループのガイドラインの遵守を求めている（鈴木, 2019）。例えば、DMI 剤ガイドラインでは、DMI 剤耐性ばか苗菌の発生を避けるため、長期残効型剤の採種圃での使用は避けることとしている（殺菌剤耐性菌研究会, 2018）。

また、耐性菌の発生を避け、効果的な防除を実現させるためには、化学的防除だけに頼らず、耕種的、物理的、生物的な防除法を統合した対策が有効である（山本, 2019; 鈴木, 2021）。

そのため、水稲の各病害の生態を基に予防・観察・対策の3ステップを組み込んだ IPM の実践を推進している。

3 GAP（Good Agricultural Practice：農業生産工程管理）の活用の推進

農業者が耐性リスクを踏まえた防除計画の作成と実践を確実にを行うには、GAP に取り組むのが近道である（図 4）。農業者は適切な薬剤の選択、農薬使用計画、適切なタイミングの設定、適切な散布法の実施及び農薬の使用記録の作成を実施する。農薬使用計画を作成する際、事前に耐性リスクなどに関して外部アドバイザーとのリスクコミュニケーションを行う（鈴木, 2021；山本, 2019）。

さらに、水稲病害では一旦発生した耐性菌は周辺エリアに影響を及ぼすことから、農業者単独で取り組むのではなく、地域や産地全体での取り組みが求められる。兵庫県では種子予措から播種作業のチェックリストを作成し、実践している。これらの取り組みを起点に今後の GAP の導入につなげていきたい。

1	2	3	4	5	6
原材料/工程	この工程で混入、増大する危害要因管理すべき潜在的な危害要因を列挙（食品〔生物、化学、物理〕、労働、環境、品質）	その危害要因は重要か？ Yes / No	第（3）の欄の決定の根拠 Yes の場合：発生要因の特定 No の場合：重要でない根拠を記載	重要な危害要因の管理手段の特定	この工程は CCP（重要管理点）か？
作付けほ場の選定	近隣に病害虫の常発地がある	No	事前に農業を使わないほ場などの情報収集を行い、持ち主との話し合いや栽培ほ場の変更を行っている		
農業受け入れ	必要な殺菌剤を購入しておらず、手持ちの殺菌剤を使用	No	事前に防除プランを作成している		
防除プランの作成	防除プランが計画されていないことによる、IPM 技術および、RAC コードに基づき薬剤散布	No	作付け前に病害虫防除に詳しい外部アドバイザーの意見を聞いて防除プランを作成し、チェックを受けている	事前の計画	
播種	育苗時のいもち病の発病	No	卓効のある薬剤を準備		
防除判断・防除指示書	ほ場（周辺を含む）の観察を行わず発病が進行してから防除	Yes	防除適期（初発）の見逃し	BLASTAMの感染好適条件をチェックし、周辺を含むほ場の観察を毎日実施し、記録する	CCP
農業計量	農業の濃度不足による防除効果の低下	No	防除指示書に基づき計量することで管理できている		
農業希釈	農業の濃度不足による防除効果の低下 農業の濃度が濃いことによる薬害 農業の濃度が濃いことによる残留事故	No	防除指示書に基づき散布液を調整することで管理できている	効果的な実践	
防除実施量・ムラ	散布量が足りないことや、散布ムラによる防除効果の低下	No	防除指示書に基づき散布することで散布量を管理できている 農業散布手順書に基づき散布することでムラのない散布ができている		

図 4 水稲種子生産における GAP の活用イメージ

おわりに

水稲の採種圃場での病害対策や耐性菌対策は、水稲の一般栽培で病害防除を成功させるために、効率的で効果的なシステムである。これをうまく機能させるために、農業者や産地自身及び指導機関が定期的なチェックを怠らないことが肝要である。この点で年 1 回の点検が求められる GAP を導入することにより、これらの仕組み化が期待できる。

また、種子生産者を栽培指導する技術者の側では、担当者が替わっても知識や技術が伝承できるよう、現場で活用できる技術者向けマニュアルの充実・強化を図るとともに、前述の取組を継続するための行政への提案を続けていくことが必要と考えられる。

謝辞

本発表に用いたデータを提供頂いた BASF 株式会社、JA 全農兵庫、兵庫県農作物改良協会、ならびにサンプルを提供いただいた兵庫県内の農業改良普及センター等指導機関及び水稲生産者の皆様に厚くお礼申し上げます。

引用文献

Amatulli, M. T., D. Spadaro, M. L. Gullino and A. Garibaldi (2012) Conventional and real-time PCR for the identification of *Fusarium fujikuroi* and *Fusarium proliferatum* from diseased rice tissues and seeds. *European Journal of Plant Pathology* 134: 401-408

藤晋一 (2018) イネばか苗病の発生生態と防除. *植物防疫* 72:254-258.

兵庫県病害虫防除所 (2013) 病害虫発生予察技術情報 第 1 号 (QoI 剤耐性いもち病菌に関する速報)

岩本豊・長田靖之・木村教男 (2007) 兵庫県における MBI-D 剤耐性いもち病菌の発生状況. *関西病虫研報* (49) :17-18

Japan FRAC (2019) 殺菌剤の耐性リスク評価方法について

宮川典子・富士真 (2013) QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生と対応. 第 23 回殺菌剤耐性菌

研究会シンポジウム講要集 25-36.

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 (2018) 耐性菌対策のための DMI 剤使用ガイドライン

佐々木直子・猫塚修一 (2009) MBI-D 耐性イネいもち病菌の種子保菌割合が葉いもちの初発生時期に及ぼす影響.日植病報 75:215 (講要)

Suga, H., M. Kitajima, R. Nagumo, T. Tsukiboshi, R. Uegaki, T. Nakajima, M. Kushiro, H. Nakagawa, M. Shimizu, K. Kageyama and M. Hyakumachi (2014) A single nucleotide polymorphism in the translation elongation factor 1alpha gene correlates with the ability to produce fumonisin in Japanese *Fusarium fujikuroi*. Fungal Biology 118: 402-412

鈴木文彦ら (2017) 農薬出荷量データに基づく QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生要因の統計分析.関東東山病虫研報 (64) :6-9

鈴木啓史 (2019) 植物防疫 73 (10) :615-622

鈴木啓史 (2021) 第 1 回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム講演要旨

高橋直子・冨永朋之・藤澤由美子・岩館康哉 (2010) 岩手県における MBI-D イネいもち病菌の発生拡大要因の解析.北日本病虫研報 61:9-13

内橋嘉一ら (2014) 兵庫県内におけるイネいもち病 QoI 剤耐性菌の発生状況.日植病報 80 (4) :266 (講要)

内橋嘉一・神頭武嗣・前川和正 (2014) いもち病菌の孢子形成玄米率及び被害度が異なるイネ種子に対する消毒効果.関西病虫研報 57:93-96

内橋嘉一ら (2016) 兵庫県内で発生し QoI 剤耐性イネいもち病菌の pot2 rep-PCR 法を用いた発生拡大要因の推定.日植病報 82 (3) :249 (講要)

内橋嘉一ら (2017) 2013-2015 年の兵庫県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の主要遺伝子型の分布状況解析.日植病報 83 (1) :66 (講要)

Wada, T., S. Kuzuma and M. Takenaka (1990) Sensitivity of *Fusarium moniliforme* Isolates to Pefurazoate. Ann. Phytopath. Soc. Japan 56: 449-456.

山下亨・萬田等・中山利明 (2014) いもち病対象苗箱施薬剤のいもち病に対する効果の特徴.植物防疫 68 巻:108-113

山本敦司 (2019) 殺虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取組み.植物防疫 73 巻:766-773

Analysis of factors contributing to occurrence of fungicide-resistant fungus and post occurrence responses in Hyogo prefecture

Kaichi Uchihashi, Junichi Matsumoto, Yutaka Iwamoto

Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture Forestry and Fisheries

第2回シンポジウムの事後アンケート結果について

農林害虫防除研究会第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウムが2022年12月22日（木）に、対面（静岡会場：静岡県男女共同参画センター「あざれあ」）とオンライン（Zoomによるライブ配信）のハイブリッド形式で開催されました（<http://agroipm.org/irm-sympo/>）。参加者は180名（対面58名、オンライン122名）で、講演6題の後、第1回シンポジウムに引き続いて「殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について」をテーマとした総合討論が行われました。シンポジウム終了後、参加者を対象に事後アンケートを実施したところ、45名の方から貴重なご回答をいただきましたので、概要を紹介させていただきます。

まず、今回のシンポジウムに対する満足度を5段階で伺ったところ、満足度5が22%、4が47%で合計69%でした（図1）。第1回シンポジウムの94%と比べると低いですが、概ね満足度は高いとの回答をいただきました。

次に、各講演について、とても良かった・良かった・普通・あまり良くなかった・良くなかった、の5段階で感想を伺いました。いずれの講演も、「とても良かった」と「良かった」の合計が53～91%（平均74%）で、全般に好評であったと思われます。

総合討論についても同様に5段階で感想を伺ったところ、「とても良かった」と「良かった」の合計が40%で、第1回の54%より低い結果となりました（図2）。一方、「良くなかった」は9%で、第1回の2%より高くなりました。これは、ライブ配信の音声状況が悪く、オンライン参加者にご迷惑をおかけしたことが原因と考えられます。今後は、ライブ配信する場合はこのようなことがないよう気をつけます。

また、各講演や総合討論の内容に関するご意見やご感想を多く寄せていただきました。殺虫剤抵抗性管理を現場に普及させるためには何が必要かをお尋ねしたところ、多くの貴

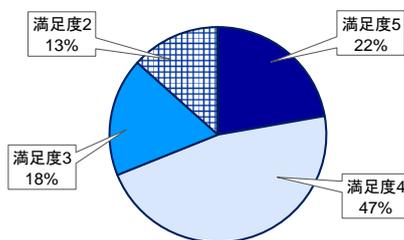


図1 アンケート「今回のシンポジウムにはどのくらい満足されましたか」に対する回答（回答数45）

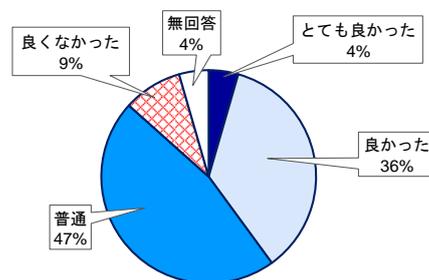


図2 アンケート「総合討論（殺虫剤抵抗性管理の現場への普及について）はいかがでしたか」に対する回答（回答数45）



重なお意見を頂戴しましたので、その一部を表1に紹介させていただきます。参加者の皆様の殺虫剤抵抗性対策に対する問題意識の高さを実感することができました。

最後に、シンポジウムに参加してのご感想やご意見の一部を表2で紹介させていただきます。皆様から多くのお叱りの言葉、労いのお言葉、お褒めのお言葉、励ましのお言葉を頂きました。皆様から頂いた貴重なご回答を今後のシンポジウムにフィードバックしていきたいと思っております。ご協力いただき、ありがとうございました。

第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム実行委員会

井口雅裕（和歌山県かき・もも研究所）

表1 アンケート「殺虫剤抵抗性管理を現場に普及させるためには、何が必要でしょうか？」に対する回答（抜粋）

GAP!
RACコードの概念や今ある薬剤を大事にすること(新規系統開発には時間もお金もかかる、ひいては農家のコスト増にもなりかねない)が農家のためにもなりますので、そういう意識を広めていく必要があると思います。
県、全農、JAを交えた認識の統一と、実行力のあるチームづくり。
研究、現場、メーカーとの連携により連続した系統的な取り組み。
生産農家への適正な指導とJA、全農、行政、防除機関、農薬メーカーの連携。統一した情報提供。
関係機関とのリスクコミュニケーション
適正な試験データと現場（指導機関）とのコミュニケーション
理論と情熱と説得力
若手の立場としては、誰に相談すればその技術を会得（あるいは普及）できるのか、それぞれができることを知る手段（研究者ネットワークが記載されたリストなど？）を、増やす必要があると思います。
複雑な事象を簡易化すること、収益をあげられるようなシステム構築
薬剤感受性検定等の結果を現場に分かりやすく伝えることが重要と思われます。
優良事例を紹介することではないかと思えます。他地域では抵抗性が発現しているが、わが地域ではこのような対策をしているのでいまだに抵抗性が確認されていない、というような。成功事例の説得力は計り知れないと思えます。海外での事例でも参考にはなると思えます。
群馬県の事例でご紹介いただきましたが、できるだけ早く現場の感受性の情報を共有することが大事だと感じています。効果のある剤を使用するのはもちろんですが、新たな薬剤が継続してでてくるわけではないので使用の方法を周知させる必要があると考えています。
当会のように組織の枠を超えた連携と現場農業生産者までの情報伝達の役割分担を明確にした取組かと考えます。
農家の抵抗性管理に関する知識向上
RACコードの理解
勉強会の実施等を通して理解を深めてもらうことが大事だと思います。また、実際の事例で抵抗性管理を怠っていたために受けた被害などを紹介してもらうと、他人事ではないと思えるのではないのでしょうか。
現場の担当者、指導者の意欲と理解。それを引き出すための研究機関や行政、メーカーによる工夫。

表2 アンケート「シンポジウムに参加しての感想や、その他のご意見」に対する回答
(抜粋)

<p>オンラインで参加したのですが、全体的に音声途切れ途切れになりせっかくの良い講演が聞き取れないところが多かったのが残念でした。【ほかにも同様のご意見が14件】</p>
<p>次回以降も会場とWEBで開催していただけるとありがたいです。【ほかにも同様のご意見が7件】</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 引き続き、生産現場における抵抗性対策事例を紹介いただきたい。</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 殺虫剤にかわる代替技術をテーマに実施いただけると大変有難いです。</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 難防除害虫の防除最前線など。各地域の実践状況。</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 作物や害虫の生態に合わせた薬剤抵抗性管理</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 簡易な薬剤感受性検定方法と現場での活かし方の事例(今回の群馬の事例の他の事例)</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 薬剤耐性の発達機構、耐性ができにくい薬剤について、海外での現状と対応策の事例紹介などの課題を希望します。</p>
<p>(次回のシンポジウム開催に当たって希望するテーマ) 虫媒のウイルス病対策は各県どうしているのか聞きたいと思いました。</p>
<p>希望する講演として、最近の実証研究があるなら聞いてみたいですが、一番は皆様の普及の話が聞いてみたいです。結局、実防除として対策が取れなければ、どうにもならないので。製剤メーカーが出来ることは少ないですが、皆様の講演をヒントに、現場のキーマンになりそうな方々に協力を求めることはできるはずですが。</p>
<p>総合討論の時間を増やして頂ければと思います。</p>
<p>各地の取組がわかりためになりました。ありがとうございました。総合討論などもう少し時間があれば良かったと思います。</p>
<p>お疲れさまでした。自分自身が何ができるのかを考えるよい機会です。</p>
<p>退職して2年過ぎましたが皆さんの力で着実に進んでいる現実を知りうれしく思いました。</p>
<p>現場の課題や現状を知る機会となり、大変勉強になりました。ありがとうございました。</p>
<p>とても参考になるお話ばかりでした。</p>
<p>昨年に続いて開始いただき、ありがとうございます。参加者数からも推し量ることができるようにこのような研究会の開催は、とても有意義と思います。今後も定期的に開催下さるようお願いいたします。</p>
<p>今回のシンポジウムでは、先進事例について非常に具体的で詳細な報告を聞くことができ、痒いところに手が届く思いだった。非常に参考になり有意義だった。</p>
<p>全国の関係機関の方たちと繋がりを持つことができる非常にいい機会だと思います。お互いに聞きたいことがあったかと思うので講演会後に親睦を深められるような機会があるとうれしいです。</p>

第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム実行委員

実行委員	井口 雅裕	(和歌山県 果樹試験場かき・もも研究所)
	土井 誠	(静岡県経済産業部)
	片山 晴喜	(静岡県農林研究所)
	野田 隆志	(日本植物防疫協会)
	山我 岳史	(JA全農)
	山本 敦司	(日本曹達株式会社)

第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム講演要旨
公開版発行日 令和5年(2023年)10月27日

事務局：第2回殺虫剤抵抗性対策シンポジウム
静岡県農林技術研究所
〒438-0803 静岡県磐田市富丘678-1
農林害虫防除研究会事務局
(一社)日本植物防疫協会 茨城研究所
〒300-1212 茨城県牛久市結束町535