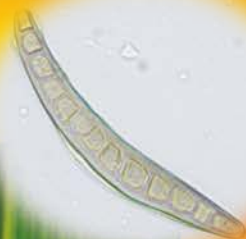


植物防疫

Plant Protection

10
2023
VOL.77



一般社団法人 日本植物防疫協会
Japan Plant Protection Association

■・BASF
We create chemistry

農林水産省登録 第24439号

サンケイ **コテツ**® ベイト

難防除害虫 ホウレンソウケナガコナダニに効く

® = BASF社の登録商標

コナダニ防除の常識は ベイトで変える。

特長

- 難防除害虫である
ホウレンソウケナガコナダニに卓効
- 害虫を誘引し食毒により防除
- 混和する必要なく、処理が簡便
- 優れた残効性



ベイト粒



圃場に撒くだけで害虫を誘引



ホウレンソウ
ケナガコナダニ



サンケイ化学株式会社

本社 〒891-0122 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地 ☎ 099-268-7588
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野 7-6-11 ☎ 03-3845-7951

FMC

とうもろこしや
大豆の害虫防除への
高い信頼と実績。

日本メイズ生産者協会様、
JA全農様からの緊急
ご要望にお応えしました！

フルバトン® フロアブル5で アワノメイガを 徹底予防！

アワノメイガ



浸透性と移行性*に優れ、ドローンで散布できます！

飼料用とうもろこし(子実)に
適用拡大！

飼料用とうもろこしのすみずみまで成分が行きわたり、
アワノメイガの食入を防いで、徹底予防！長い残効、優れた経済性。

飼料用とうもろこし以外にも、
50以上の幅広い
登録作物！

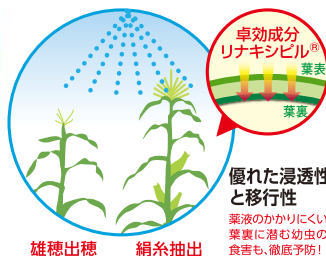
隣接する
作物への
考慮がしやすく
使いやすい

10以上の
作物に「無人航空機による散布」登録！



ノズルの目づまりトラブルゼロ。
ドローン散布に適したフロアブル製剤です。

- 特長1 アワノメイガ、オオタバコガへの高い防除効果。
- 特長2 葉裏に産卵され、孵化した幼虫も防除できる、
優れた浸透性と移行性。
- 特長3 すばやく摂食活動をストップ。
長い残効で、しっかり飼料用とうもろこしを守る。



卓効成分
リナキシビル®
葉表
葉裏

優れた浸透性と
移行性
薬液のかかりにくい
葉裏に潜む幼虫の
食害も、徹底予防！

散布適期

雄穂出穂から絹糸抽出期
での防除が、最重要です

*葉内移行性や上方移行性

●ご使用にあたっては製品ラベルをよく読み、適切にお使いください。 農林水産省登録：第22464号
販売：日産化学株式会社／北興化学工業株式会社／丸和バイオケミカル株式会社
製造：エフエムシー・ケミカルズ株式会社 www.fmc-japan.com

©2023 FMC Corporation. All Rights Reserved. FMC、FMCロゴ、®を付した商標は、FMC Corporationまたはその米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標です。

製品情報は
こちらから





ヨーバル®トツプ 箱粒剤

いもち病も、 主要害虫も、強力ブロック!

- 高密度播種に高い適用性
- 新規殺虫剤「ヨーバル」含有
- は種前から移植当日まで使用可能

®ヨーバル、®ルーチンはバイエルグループの登録商標

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。



バイエル クロップサイエンス株式会社

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 <https://cropsscience.bayer.jp/>

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00、13:00~17:00
土日祝日および会社休日を除く

新規有効成分 キノプロール含有

ミキワ®20 フロアブル

農林水産省登録
第24408号

キノプロール
KINOPROL®
ACTIVE INGREDIENT



ミキワ 病害を水際でブロック!

- 新規作用機構で既存剤の耐性菌まで防除。
- 浸透移行性に優れ、しっかり予防。

登録作物 りんご、なし、おうとう、もも、ネクタリン、
小粒核果類、かき、ぶどう、かんきつ、茶



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
お問合せ (03)3245-6178(平日9~12時、13~17時)



最新の登録内容

®は日本曹達(株)の登録商標

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器等は農場などに放置せず、適切に処理してください。

目次

巻頭言

常識に囚われず柔軟に。……………	勝部 和則	1
------------------	-------	---

研究報告

宮城県津波被災地域における水田農業の復旧・復興に向けた水稻病虫害研究の足跡……………	加進 丈二	2
飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの発生活長と有効な防除薬剤の探索……………	石島 力・平江雅宏	9
気象条件に基づくトウモロコシすす紋病の発生予察法……………	岡部 郁子	14
北海道におけるコナガのジアミド系薬剤感受性低下に対応した防除対策……………	下間悠士・丸山麻理弥	19
ブームスプレーヤの噴霧高さがタマネギにおける薬液付着とべと病の防除効果に及ぼす影響……………	井手 洋一	26
茨城県におけるキク矮化ウイルス検定の抵抗性育種と生産現場での活用……………	郷内 武	38

調査報告

わが国で薬剤抵抗性が発達した農業害虫一覧……………	森下 正彦	31
---------------------------	-------	----

時事解説

欧州における農薬関連法規制の動向……………	元場 一彦	43
-----------------------	-------	----

植物防疫講座

「植物防疫講座」物理的・耕種的防除編連載について……………	一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部	49
虫害編（物理的・耕種的防除編）-1 水稻害虫における物理的・耕種的防除……………	平江 雅宏	50

研究室紹介

地方独立行政法人 青森県産業技術センター りんご研究所県南果樹部……………	内藤 誠	56
鹿児島県農業開発総合センター 大島支場……………	尾川 宜広	57

農林水産省プレスリリース（2023.8.1～2023.8.31）……………	13
新しく登録された農薬（2023.8.1～2023.8.31）……………	8
登録が失効した農薬（2023.8.1～2023.8.31）……………	42
発生予察情報・特殊報（2023.8.1～2023.8.31）……………	37

【表紙写真】

上段：コナガ成虫

中段：トウモロコシすす紋病の病斑と胞子

下段：アワノメイガ幼虫

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

**ロビンフッド デリアナ プレオ® スミチオン® ダントツ®
パダン® アディオン® アグロスリン® ロディー® エスマルグ®**

殺菌剤

新規剤 **カサメ** ニマイバー スクレア ピクシオ ベネセット®
ベンレート® ブラシン® スミレックス® リンバー® ブリダシン® スターナ®

水稻用箱処理剤

新規剤 スタウト アレス 新規剤 スタウト アレス モンガレス
新規剤 アレス 新規剤 アレス モンガレス スタウト ダントツ® スタウト パディート®
ハコナイト® 箱将軍® 箱いり娘® 箱大臣® 箱王子®

水稻用除草剤

新規剤 **ゼータジャガー®** 新規剤 **バットウZ** 新規剤 **ゼータプラス®** **マズラオ®**
ゼータタイガー® **メガゼータ®** **忍®** **ズエモン®** **オサキニ®**

植物成長調整剤

新規剤 **アブザップ® 液剤** 住友ジベレリン **ロミカ®** **スミセブン®P** **フルメット®**

®は登録商標です。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋・空容器は圃場等に放置せず適切に処理してください。



〒103-6020 東京都中央区日本橋2丁目7番1号
お客様相談室 ☎ 0570-058-669
農業支援サイト **e農力** <https://www.i-nouryoku.com>
住友化学アグロ事業部



大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCC GROUP



住友化学

巻頭言

常識に囚われず柔軟に。

岩手県久慈農業改良普及センター **かつ べ かず のり**
勝 部 和 則



私たち植物防疫に携わる者であれば、誰しものが手にしたことのある『牧野日本植物図鑑』。その著者である牧野富太郎博士の生涯をモデルに描く NHK 連続テレビ小説「らんまん」を出勤前に視聴するのが、この4月から私の日課となっている。

ドラマの展開や「植物学雑誌」「石版印刷」「ムジナモ」「ヤマトグサ」などをキーワードに、高知県立牧野植物園が HP で紹介する博士の年譜・業績の記述や、私の手元にある「牧野富太郎とマキシモヴィッチ」(2000年、高知県立牧野植物園監修)を重ね、改めて博士の人物像に彩付けていくことを楽しみにしている。

岩手大学のミュージアム植物標本室には、牧野博士と縁の深い C. J. MAXIMOWICZ 博士の採集助手を日本で務めた須川長之助作製の“さく様標本”680点が保管されているという。この標本は、1997年に岩手大学附属図書館に一時移譲されるまでは、農学部の植物病理学教室において、盛岡高等農林学校時代からの歴代教授が収集した植物および病理標本とともに長く保管されてきたとのことである。学生時代、この植物標本が身近な場所に保管されていることは、恩師である高橋壯教授(当時)から伺ってはいたものの、恥ずかしながら、手に触れた記憶がほとんどない。

このドラマ「らんまん」の視聴を通じて、“飽くなき探求心”という言葉を想起し、自分を反省し、そして、この思いが薄れないうちに、岩手大学の植物標本室を訪れ、改めて貴重な標本をじっくりと眺めてみたいと思っている。

さて、私は、この4月から岩手県沿岸北部の久慈農業改良普及センターに勤務している。久慈地域はヤマセ常襲地帯で、夏の冷涼な気象を利用した“雨よけ”ハウレンソウ栽培が盛んである。1980年の水稲大冷害を契機として、岐阜県飛騨地方を参考に、パイプハウスでの夏季の栽培様式が導入された。販売額は2001年の10億円をピークに、2018年は5億円、最近では3億円前後で推移しており、産地としては、この3億円の維持が当面の目標となっている。

この生産額の大幅な減少には、生産者の高齢化・離農といった背景のほか、ヤマセの減少と夏(6~8月)の高温経過に起因する生育停滞や高温障害等、また、萎凋病などの土壌病害、ハウレンソウケナガコナダニ等の被害

害が影響している。

冷害年でも安定した収入源となっていた雨よけハウレンソウであるが、20℃前後とされる生育適温を大きく超えた気象下では、遮光や生育中灌水といったこれまでの手法とは異なる新たな管理技術が求められている(ミスト制御等)。

2021年に気象庁が公表した「平年値」(統計期間1991~2020年)によれば、全国的に最高気温35℃以上の猛暑日が増加し、最低気温が氷点下の冬日が減少しているほか、日降水量100mm以上(大雨)の日数が増加している。線状降水帯等の発生により、国内各地で河川氾濫や土砂災害などにより、大規模な農林水産被害も毎年のように起きている。温暖化等によってもたらされる様々な異常気象が実は“当たり前”になりつつある。

ところで、メジャーで活躍している大谷翔平や菊池雄星を育てた花巻東高校佐々木洋監督の野球部「経営方針」が面白い。これまで高校野球の常識としてきた練習方法が生徒一人ひとりの才能を潰す恐れがあるという。このため、経営者の感覚が高校野球の指導に必要で、いい選手を集めるためには、一人ひとりの特徴、特技にあわせた指導と適材適所の配置(守備、走塁、打撃など)が重要としている。また、生徒たちには、甲子園の先の目標、自分なりの将来の姿をイメージさせて、いま、そのために何をするか。マイルストーンを明確にした目標ノート(花巻東野球部フィロソフィー)を作らせ、練習に取り組ませる。自主性を重んじたカイゼン提案を受け入れ、指導者は実現に努める。まさに、組織運営の基本であり、課題の計画立案・管理等の基本と一致する。

農業生産の安定を支える植物防疫という分野は、温暖化に伴う新奇発生病害虫への対応、発生様相の変化・多様化等、ますます重要性が増している。そういった中、漫画家・竹良実氏の「植物病理学は明日の君を願う」を通じて一般市民から注目を受ける機会を得ている。“植物防疫の常識”に囚われないストーリー展開もあり、毎月の連載を楽しみにしている。これを機会として、市民が植物防疫に“興味を持ち、参加してみたい”と願っていただけるような、市民目線でのシンポジウム等の企画を考えてみてはどうだろうか。

(北日本病害虫研究会 会長)

 研究
報告

宮城県津波被災地域における水田農業の復旧・復興に向けた水稻病虫害研究の足跡

宮城県古川農業試験場 ^か加 ^{しん}進 ^{じょう}丈 ^じ二*

はじめに

東日本大震災（以下、「震災」という）から12年を経過した。宮城県沿岸部の農業は、この震災で起きた津波により農地や農業用施設が壊滅的な被害を受けたが、現在、それらの生産基盤は復旧し、営農が再開されている。農地整備においては、地域農業を担う経営体により生産性の高い水田農業を実現できるよう水田の大区画化が進められた。これによって、震災後は農業法人への農地の集積・集約化が進み、2020年現在、本県において100ha以上の経営規模を有する大規模土地利用型法人は35法人にまで達している。

震災後は、土地利用型農業の大規模化を後押しするかたちで、基幹作物である水稻の省力化、低コスト化を目指した直播栽培や疎植栽培等の新技術が積極的に導入された。水稻病虫害についても、それらの技術導入に伴う発生リスクの変化や防除体系の見直しの要否について検証が求められた。また、津波被災地域では、復旧の過程で生じる様々な環境要因によって病虫害の発生が影響を受けることが懸念され、実態の把握と対策が求められるようになった。本稿では、津波被災地域における水田農業の復旧・復興支援の一環として、約10年にわたって取組んできた水稻病虫害に関する一連の研究の足跡を振り返ってみたい。

なお、ここで紹介する内容は宮城県古川農業試験場（以下、「古川農試」という）が主体となって行ってきたものであるが、これらに携わった主要な研究者は筆者を含めて現在古川農試に在籍しておらず、一連の研究に関わった筆者が代表して取りまとめることになったことを申し述べておく。

本稿で紹介する研究成果の一部は、復興庁・農林水産省の「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」に

より実施したものである。

I 宮城県における農業被害

2011年3月11日14時46分、三陸沖を震源に発生したマグニチュード9.0の巨大地震「東北地方太平洋沖地震」では、東日本を中心に北海道から九州地方の広い範囲で揺れを観測し、宮城県北部の栗原市では最大震度7を記録した。さらに、この地震により東北地方から関東地方の太平洋沿岸で非常に高い津波を観測し、各地に甚大な被害をもたらした。

この震災による宮城県の農業被害額は5,454億円にのぼり、津波による農地や農業用施設の被害がその多くを占めた（表-1）。津波により浸水した農地面積は14,341haに達し、これは県全体の農地面積の約10%に相当する規模であった。農作物の被害としては、いちごや果菜類、花き類等の施設園芸において、鉄骨ハウスやパイプハウスが倒壊し作物が流失する甚大な被害がみられたが、普通作物では直接的な被害は麦類に限定された。農地では、地盤沈下による海水の停滞、土壌中の塩分濃度の上昇、瓦礫や土砂の流入、津波による作土の浸食などの被害がみられた。また、沿岸部の排水機場の多くは津波による被害により機能停止に陥り、営農再開に向けた生産基盤の復旧には多くの課題が山積した。

II 農業の早期復興に向けた試験研究機関連携プロジェクト

震災発生から約2か月後の2011年5月、宮城県の農業試験研究機関による「農業の早期復興に向けた試験研究機関連携プロジェクト」が発足し、被災地域の農業の早期復興に向けて、現場の課題解決に必要な技術対策を早急に提示するため、以下6課題で構成される実態調査と技術開発に向けた研究を開始した。

- 1 海水流入農地の実態把握と早期改善
- 2 被災水田の実態調査と作付対策
- 3 耐塩性作物による早期経営改善対策
- 4 現場に適した技術開発による産地の復興支援
- 5 農業経営の実態調査と地域農業再生対策

The Efforts of Studies on Rice Pest Management for Restoration and Reconstruction of Paddy Field Farming in Tsunami Affected Areas in Miyagi Prefecture. By Joji KASHIN

（キーワード：東日本大震災、津波被災地域、水稻病虫害）

*現所属：宮城県病虫害防除所

表-1 東日本大震災による宮城県農業関連被害

被害種別	箇所数等	被害内訳	被害額（億円）
農地・農業用施設被害	5,134 箇所	用排水路・農道等の損壊、農地浸水（14,341 ha）等	3,973
農業関係施設被害	18,053 箇所	農業倉庫・カントリーエレベーター・園芸施設等の損壊	272
農業用資機材被害	14,165 台	トラクター、コンバイン、田植機、乾燥機	435
農作物被害（ha）	897 ha	いちご、野菜類、麦類、花き等の流失等	31
農作物被害（t）	20,620 t	農協等倉庫保管の米、大豆の浸水、流失等	39
生活環境施設被害	107 箇所	集落排水施設等の損壊	269
農地海岸保全施設被害	103 箇所	海岸防潮堤の損壊（26.5 km）	435
合計 （うち津波被害）			5,454 (5,121)

注）宮城県農林水産部「東日本大震災～復旧・復興に係る宮城県農林水産部の対応記録～第2集 平成24～27年度」をもとに作成。

6 県内農耕地における放射性物質の動態把握と農作物への吸収抑制対策の確立

病虫害部門では、本プロジェクト「2 被災水田の実態調査と作付対策」の一課題として、震災当年に津波被災地域に入り、早期に復旧した水田と復旧前の休耕田を対象に水稻病虫害の発生実態調査に取り組んだ（佐藤ら、2013）。なお、本プロジェクトにおいて、病虫害部門の活動は震災当年の1年間だけであったが、プロジェクト全体としては2013年まで3年間継続して行われた。

1 復旧水田における病虫害発生実態調査

津波被災地域では、瓦礫や海水とともに流入した堆積土砂の除去、土壌中の塩分を取り除くための除塩作業が進められた。除塩とは、淡水の供給と排水を繰り返して土壌中の塩分濃度を低下させる技術で、塩害による作物の生育への影響を防ぐことを目的としている（星・遊佐、2012）。震災当年の2011年は、被害程度の軽い1,150 haの水田で緊急的除塩事業が行われて、水稻が作付けされた。しかし、除塩に要する用水確保が5月上旬以降となり、水稻の移植時期は5月中旬～6月上旬と通常の移植時期（5月上中旬）に比べて半月から1か月程度遅れた。農地の復旧を進めていく過程で除塩作業は不可欠であり、被災地域においてはこのような移植時期の遅れは今後も避け難いものと考えられた。

そこで、被災水田における水稻の移植時期の遅れが、病虫害の発生に及ぼす影響を明らかにするため、被災水田9箇所を対象に調査を行った。この調査は、古川農試と宮城県病虫害防除所（以下、「防除所」）が共同で実施した。被災水田における調査は、防除所が実施する発生予察調査に準じて実施し、被災していない一般水田として発生予察調査の巡回調査地点62箇所の調査データと比較して発生の違いを検討した。

病害では、いもち病や紋枯病等の主要な病害を含め、

被災水田において特異的な発生は認められなかった。一方、虫害ではイネヒメハモグリバエ、イネツトムシ（イチモンジセセリ）、ヒメトビウンカの発生程度が一般水田よりも高まる傾向が認められた。これらは移植時期の遅れに起因するものと考えられたが、いずれも収量や品質への影響は小さく、被災水田において一般水田と同様の病虫害防除を基本とすることで対応可能と判断した。

2 休耕田における斑点米カメムシ類の発生

津波被災水田のうち、震災の当年耕作できた面積は1割にも満たず、多くは作付けできないまま休耕した。休耕田では津波が運んできた大小様々な瓦礫が散乱し、管理作業のための機械類の侵入を阻んでいた。また、それによって休耕田では雑草が繁茂し、さらに復興作業に支障を来す問題が生じていた。雑草種としては耐塩性の強いイヌビエやコウキヤガラ等の発生が目立ち（大川、2012）、斑点米カメムシ類の発生を助長して周辺水田における斑点米被害の発生が懸念された。

そこで、2011年7月下旬から8月上旬にかけて、イヌビエやコウキヤガラが発生した休耕田4箇所 で補虫網によるすくい取り調査を行ったところ、全地点で斑点米カメムシ類の発生を確認した（図-1）。発生種は、アカスジカスミカメおよびアカヒゲホソミドリカスミカメ等のカスミカメムシ類が主体であった（図-2）。また、現地 で採取したノビエ、コウキヤガラ の穂からはカスミカメムシ類の幼虫がふ化し、その後飼育を続けたところ、それらはアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメであることがわかった。

このように、被災地域において雑草が繁茂した休耕田は斑点米カメムシ類の発生源となっており、周辺水田での斑点米被害を防止するためにも、休耕田の除草が重要であることが示された。



図-1 津波被災地域の休耕田における雑草繁茂の状況（2011年）

注）上段はノビエ，下段はコウキヤガラの群生の状況を表す。
いずれにもアカスジカスミカメの発生を確認できる。

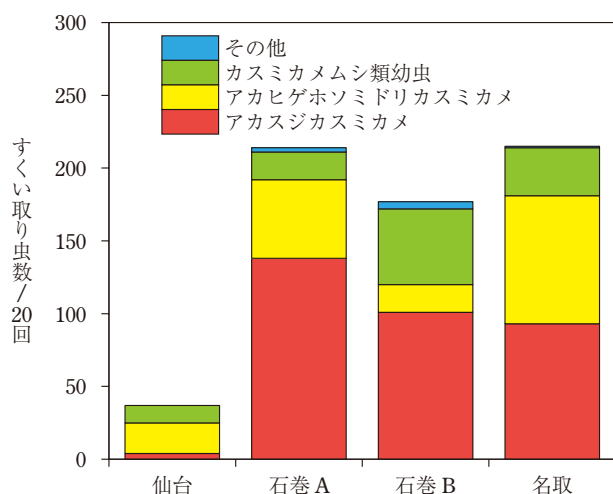


図-2 津波被災地域の休耕田におけるカメムシ類の発生状況
（佐藤ら，2013より作図）

主要雑草：仙台，石巻A，名取：イヌビエ，石巻B：コウキヤガラ。

III 食料生産地域再生のための先端技術展開事業

2012年，農林水産省の委託研究事業「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」が始動し，古川農試は

「土地利用型営農技術の実証研究」に参画することになった。この実証研究では，被災地域の水田農業を担う土地利用型経営体が作物生産における省力・低コスト化と経営の効率化によって経営規模の拡大を実現できるよう，宮城県の被災地域を対象に様々な先端技術の実証研究が展開された。このうち，病虫害分野では以下の2課題に取り組んだ。

1 津波被災水田における病虫害発生の実態とリスク評価

津波被災地域では，被災水田の復旧工事が被害の少ない内陸部から沿岸部に向けて進められた。復旧の進展に伴って水稲の作付面積が徐々に増加する一方，耕作田が復旧工事を控えた休耕田と隣接するケースが少なからず生じるようになった。前述のとおり，休耕田は雑草の繁茂によって斑点米被害を助長する懸念があったため，被災地域に適応した斑点米カメムシ類の対策を提示することを目的に，2012～14年に調査を行った（大江ら，2020）。津波被災地域を被災程度によって内陸部から沿岸部にかけて四つのブロックに区分し，水田雑草と斑点米カメムシ類の発生状況の違いを調査した。被災程度の比較的軽い内陸部の雑草の発生状況は震災前と比較して

大きな変化はなかったが、被災程度が高く復旧に時間を要した海岸部に近い地域では、ノビエとコウキヤガラが発生圃場割合が高かった。水田内の斑点米カメムシ類の発生状況は、内陸部においては水田雑草のイヌホタルイの発生が斑点米被害の助長要因となっていたが、海岸部に近い地域ではイヌホタルイの有無にかかわらず斑点米カメムシ類の発生量が多く、斑点米被害が高まった。水田周辺の休耕地から水田へカメムシ類が侵入したことが要因と考えられたため、水田から半径 300 m の範囲内の土地利用状況と水田内の斑点米カメムシ類密度および斑点米発生量の関係を解析した。その結果、水田周辺の休耕地面積の増加が斑点米被害リスクを高めていることが明らかになり、水田周辺の休耕地の面積割合から算出した被害リスク（斑点米率が 0.1% を超える確率）を対策上の判断基準の一つとして提示した。

水稻病害では、いもち病の発生リスクについて検討した。津波被災水田では、泥土の流入や復旧工事に伴う土壌のかく乱（除塩や表土の搾取・客土）が病虫害の発生に影響を及ぼす懸念があった。そこで、簡易な方法で水稻の生育量を把握し、穂いもちの発生リスク評価に有効（笹原・佐々木, 2005）とされた分光放射計を用いて、幼穂形成期の水稻の正規化植生指数（NDVI）を測定し、穂いもち発生リスクを評価した（佐藤ら, 2014；櫻田ら, 2015）。さらに、衛星画像（RapidEye）から得られたデータと分光放射計で測定した NDVI の関係を解析し、衛星画像から取得したデータをもとに県内の津波被災地域全体をカバーした潜在的な穂いもちの発生リスクマップを作成した。

2 省力低コスト水稻栽培における病虫害の発生リスク評価と環境保全型技術の開発・実証

本実証研究では、「乳苗疎植栽培」が水稻の省力低コスト技術の一つとして実証研究が進められた（星, 2013）。古川農試では、播種した育苗箱をパイプハウス内に平置きし、被覆資材を掛けたまま 10～14 日放置して 1.3～1.5 葉、草丈 8～12 cm を目標に育苗を行う「簡易乳苗育苗」を開発し、普及を図っていた。この育苗方法は、通常の稚苗と比べて育苗期間が短縮され、灌水等の育苗管理が省力化されるメリットがある。疎植栽培とは、田植時の株間を広げて栽植密度を減らす移植栽培で、単位面積当たりの使用育苗箱数を削減できるのがメリットである。これらの二つの技術を組合せた「乳苗疎植栽培」の導入が病虫害の発生にどう影響するのかを検証した（鈴木ら, 2016；加進ら, 2017）。

乳苗疎植栽培では、標準的な栽植密度（以下、「慣行」という）に比べて発生初期の段階では葉いもちの発生が

少ないものの、発生盛期には逆に多くなる傾向がみられた。虫害では、乳苗疎植栽培によってイネツトムシの発生が増加する傾向が認められた。疎植栽培では、慣行に比べて葉色が濃い状態が出穂前まで維持され、イネ体内の窒素含有量が高い状態で推移することがこれらの病虫害の発生リスクを高めていると考えられた。

乳苗移植栽培に育苗箱施用剤を用いた場合の防除効果について、クロラントラニプロロール・プロベナゾール粒剤の移植当日処理で確認したところ、葉いもち、イネツトムシ、イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ、フタオビコヤガに対して高い防除効果が確認された。また、数種の育苗箱処理剤を播種時処理して乳苗を育成した場合の苗の生育への影響を調べた結果、いずれも苗の生育に悪影響は認められず、乳苗への使用は問題ないと考えられた。これらのことから、乳苗疎植栽培を導入するにあたって、いもち病とイネツトムシの発生リスクが高まることを念頭に育苗箱処理剤の選択に留意する必要があるが、乳苗移植においても慣行と同様の防除体系で対応可能と判断した。

IV イネツトムシの防除対策

宮城県では、震災以降、土地利用型経営体による経営面積の拡大に伴って水稻栽培の省力化や生産コストの低減を目的とした水稻直播栽培の取組みが拡大した。2022 年現在の取組面積は 3,518 ha に達し、2010 年の約 4 倍以上となっている（図-3）。播種様式別に見ると、震災前から震災直後は湛水直播栽培の割合が高かったが、2015 年ごろから乾田直播栽培の伸びが大きくなり、2021 年には乾田直播栽培の面積が湛水直播栽培を上回った。震災後の農地復旧では、経営体の将来的な規模拡大を見据えた新たな標準区画（2 ha 区画）の圃場整備も実施され、大型機械を利用した乾田直播栽培の拡大を後押しした。

一方、直播栽培の拡大に伴ってイネツトムシ（イチモ

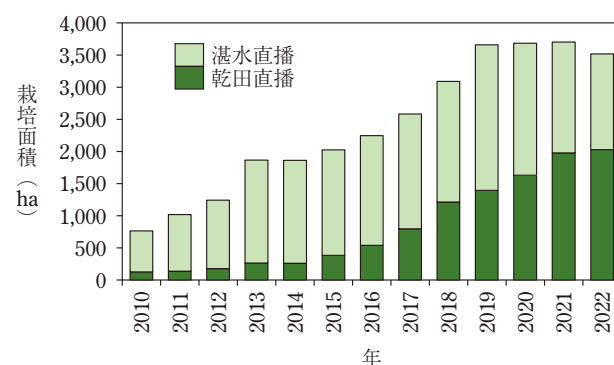


図-3 宮城県における水稻直播栽培面積の推移
注) 宮城県農政部みやぎ米推進課調べ。

ンジセセリ)の被害が目立つようになり、防除対策を求める声が高まっていた。宮城県の場合、移植栽培では本種の発生が問題となることは少なく、防除の対象となることはほとんどなかったが、直播栽培では収量に影響を及ぼすような多発生が時々起こり、安定生産のためにも、防除対策として有効な防除薬剤の検証と発生予察に関する検討が必要とされた。

1 水面施用剤と茎葉散布剤の防除効果

2011～13年に乾田直播栽培または湛水直播栽培の水田を用いて、イネツトムシに対する水面施用剤と茎葉散布剤の防除効果を検討した(大槻ら, 2015)。なお、茎葉散布剤の剤型としては、乾田直播栽培の機械作業体系からブームスプレーヤーによる散布を想定して水和剤、水溶剤、乳剤等の水に希釈するタイプを選択し、粉剤は除外した。

水面施用剤の試験ではカルタップ粒剤を使用し、幼虫の発育段階(若中齢, 中齢, 老齢)の異なる時期に処理して防除効果を比較した。いずれの処理時期でも幼虫密度を低減する効果は低く、十分な防除効果が認められなかったことから実用性は低いと判断した。

茎葉散布剤の試験では、スピネトラム水和剤、テブフェノジド水和剤、カルタップ水溶剤、DEP乳剤(なお、DEP乳剤は、農薬登録の変更により、2023年現在は水稻への使用はできない)およびBT水和剤(*Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* F810菌由来の生芽胞および産生結晶毒素10.0%)を供試し、中齢幼虫が主体となった8月上旬に処理して防除効果を確認した。その結果、

DEP乳剤ではほとんど防除効果は認められなかった。一方で、スピネトラム水和剤、テブフェノジド水和剤、カルタップ水溶剤およびBT水和剤の4剤では高い防除効果が認められた。イネツトムシの薬剤防除適期は若齢幼虫期と言われてきたが、実際にはその段階で被害に気が付くことは少なく、大きなツトを形成する中齢幼虫が現れた段階で被害に気が付くことが多い。上記4剤が中齢幼虫期の処理で高い防除効果が認められたことは、本種の防除適期の幅を広げられる可能性を示唆し、その有効性はその後現地実証試験(加進, 2019)によって確認された。

2 白色粘着トラップを用いた成虫のモニタリングと発生予察への利用

斑点米カメムシ類の主要種であるアカスジカスミカメやアカヒケホソミドリカスミカメのモニタリングに利用されるフェロモントラップは、白色粘着板2枚を背中合わせにして水田内に垂直に立てた形状をしている。筆者は、当時この白色粘着トラップを用いてこれらのカスミカメムシ類の調査を行っていたところ、粘着板にイチモンジセセリ成虫が多数付着しているのを確認した(図-4)。そこで、イチモンジセセリの発生予察を目的とした成虫のモニタリング法として、白色粘着トラップの実用性を2013～16年にかけて検討した(加進, 2019)。

成虫のモニタリングにこれまで用いられてきた青色粘着トラップと捕獲消長を比較したところ、白色粘着トラップは第1世代成虫の発生を的確に捉えられる特性が明らかになった。また、水田内における白色粘着トラップ



図-4 白色粘着トラップに付着したイチモンジセセリ成虫(2013年)

の設置場所を検討した結果、農道から約 10 m 離れた水田内または畦畔際が適していた。

白色粘着トラップで成虫の初発を捉えた後、捕獲虫数の増加が認められた時期を起算日（産卵日）に設定し、有効積算温度によって予測した第 2 世代幼虫の発育段階は、水田内における幼虫の発育状況とおおむね一致した。BT 水和剤またはスピネトラム水和剤を中齢幼虫期に茎葉散布した結果、いずれも高い防除効果が認められ、この時期を防除適期と判断できた。したがって、白色粘着トラップによる第 1 世代成虫のモニタリングと有効積算温度による中齢幼虫期の予測を組合せることによって、防除適期を的確に判断できると考えられた。

一方、白色粘着トラップによる成虫の捕獲虫数と水田内における幼虫密度との間に相関が認められず、発生量や被害量の予測に用いることはできないと判断した。また、白色粘着トラップにカスミカメムシ類のフェロモン剤を装着した場合、イチモンジセセリ成虫の捕獲虫数がカスミカメムシ類の捕獲虫数に与える影響は認められず、これらの害虫のモニタリングは同時にできると考えられた。

V 研究成果の活用とその後

ここまで述べてきた研究成果の多くは、震災後、被災地域で行われてきた他分野の研究と同様に、県の「普及に移す技術」として公開されたほか、実証研究の成果発表会や様々なイベントでの展示発表等を通じて周知や普及が図られ、普及指導員をはじめとする技術者の現地指導に活用されてきた。例えば、現場の関心が高かった休耕田の斑点米カメムシ類の問題のように、震災後の早い段階で雑草管理の重要性を指摘したことは、農地の復旧工事や圃場整備の過程で生じる休耕田の管理に役立てられた。また、津波被災農地で稲作を行うにあたって、従来と同じ移植栽培を行う場合、または乳苗疎植栽培のような新たな手法を取り入れた場合のいずれを選択したとしても、病害虫防除に関しては新たな技術の導入は必要なく、既存の防除体系を維持することで被害は問題のないレベルに抑えられることを示した。これらは、革新的な技術開発と言えるものでは決してなく、これまでの知見や経験からある程度想定ができた部分もあったが、それを敢えて被災地が抱える問題に即して調査や実証研究に取り組んだことは、生産者が抱える不安材料の一端を解消し、営農再開への意欲の醸成に貢献できたと考えている。

直播栽培のイネツトムシの対策として防除効果の高い薬剤を複数選定し、防除適期を中齢幼虫期まで広げられ

ることを明らかにしたことは、津波被災地域に限らず直播栽培の安定生産を支える基本技術の一つとして普及した。また、我々が対策剤として提案した BT 剤に関しては、水稻の有機栽培においても本種の防除に有効であることが後に示され（石崎ら、2018）、今後、活用範囲の拡大が期待される。また、白色粘着トラップを用いた本種成虫のモニタリング技術については、メッシュ農業気象データとの連携が検討されており（石島ら、2020）、今後多くの地域でその精度が検証されることで、標準的な予察法としての採用が期待される。

一方、衛星画像を使用したりリモートセンシングにより作成したいもち病のリスクマップのように、実証事業の成果としては公開されたものの、実用場面で活用する機会が少なかったものもある。衛星画像や農地 GIS データ等の膨大なデータの解析には多くの時間を要し、さらに解析の精度を実用レベルにまで向上させるには複数年のデータの蓄積が必要であった。このため、営農を再開したエリアの水稻栽培期間中にリアルタイムでリスクマップを活用するという当初の想定は実現できず、被災エリアの潜在的なリスクを示すにとどまった。現在では、無料の衛星画像やドローンの空撮画像が広域スケールのセンシングに数多く利用されている。また、当時使用した有料の農地 GIS データには使用上の制約があり、研究材料としては使いにくい面があったが、今では農林水産省がオープンデータとして農地の区画情報（筆ポリゴン）を公開し、自由に利用することができる。スマート農業の促進に伴って農業分野におけるリモートセンシングがより身近な技術として進歩しており、このような環境下であれば、広域スケールでのいもち病の発病リスク診断をリアルタイムで行う技術も実現可能かもしれない。今後の研究の進展に期待したい。

おわりに

本県における震災後の農業施策については、いくつかの報告書に概要が記されている（参考 URL 参照）。これらには試験研究に関する記載もあるが、水稻病害虫に関する研究に関してはあまり触れられてこなかった。したがって、本稿により一連の研究を記録として残すことができたのは意義のあることと考える。このような形で整理できたのは、携わった個々の研究者が論文や報告書などの形で研究成果を残してきたからであり、彼らに改めて敬意を表したい。

震災直後から今日に至るまで、全国から多くのご支援と励ましのお言葉を頂戴し、我々の取組みを支えてくださった。また、これらの研究を通してかかわった農業法

人や生産者の皆様には、現地試験の運営に多大なご協力をいただいた。これらの皆様に心より感謝申し上げたい。

引用文献

- 1) 星 信幸 (2013): 農業機械学会誌 **75**: 225~230.
- 2) ———・遊佐隆洋 (2012): 日本海学会誌 **66**: 74~78.
- 3) 石島 力ら (2020): 関東東山病虫研報 **67**: 35~38.
- 4) 石崎摩美ら (2018): 同上 **65**: 65~69.
- 5) 加進丈二 (2019): 宮城古川農試報 **14**: 1~16.
- 6) ———ら (2017): 同上 **12**: 81~96.
- 7) 大江高穂ら (2020): 同上 **15**: 27~39.
- 8) 大川茂範 (2012): 植調 **46**: 127~142.
- 9) 大槻恵太ら (2015): 北日本病虫研報 **66**: 116~120.
- 10) 櫻田史彦ら (2015): 日植病報 **81**: 209 (講要).
- 11) 笹原剛志・佐々木次郎 (2005): 北日本病虫研報 **56**: 11~15.
- 12) 佐藤直紀ら (2013): 宮城古川農試報 **11**: 47~68.
- 13) ———ら (2014): 北日本病虫研報 **65**: 208 (講要).

- 14) 鈴木智貴ら (2016): 同上 **67**: 48~52.

参考 URL

- 1) 宮城県農業・園芸総合研究所・宮城県古川農業試験場「農業の早期復興に向けた試験研究連携プロジェクト成果報告書」, https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/revial-report.html
- 2) 宮城県農林水産部「東日本大震災～復旧・復興に係る宮城県農林水産部の対応記録～第2集 平成24～27年度」, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/noseise/kirokushi2.html>
- 3) 宮城県農政部「復興の取組（農業版）令和4年3月」, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/nosin/nougryoubann.html>
- 4) 農研機構東北農業研究センター 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「土地利用型営農技術の実証研究」研究成果集, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/archive/laboratory/tarc/material/062262.html

新しく登録された農薬 (2023.8.1～2023.8.31)

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、**対象作物**：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、**適用作物**、適用雑草等を記載。

「殺虫剤」

●クロラントラニリプロール水和剤

24771：ルミビア FS（コルテバ・アグリ）2023/8/23

クロラントラニリプロール：50.0%

稲（箱育苗）：イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、ニカメイチュウ、コブノメイガ、フタオビコヤガ：は種前（浸種前）

直播水稻：イネミズゾウムシ：は種前

飼料用とうもろこし（青刈り）：ツマジロクサヨトウ：は種前

飼料用とうもろこし（子実）：ツマジロクサヨトウ：は種前

未成熟とうもろこし：ツマジロクサヨトウ：は種前

「除草剤」

●メトブロムロン水和剤

24770：プロマンフロアブル（石原産業）2023/8/8

メトブロムロン：41.0%

樹木等：小麦（秋播）、だいず、あずき、いんげんまめ、ばれいしょ

研究 報告

飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの 発生活長と有効な防除薬剤の探索

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中日本農業研究センター

いし
石

じま
島

ちから
力

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
植物防疫研究部門

ひら
平

え
江

まさ
雅

ひろ
宏

はじめに

濃厚飼料の主原料となる子実トウモロコシとは、飼料用トウモロコシにおける雌穂内の実（種子）のことである。我が国では、従来そのほとんどを輸入に依存してきたが、昨今の不安定な国際情勢等から安定的な供給のために国内での生産量の増加が求められている。これまで我が国の飼料用トウモロコシの多くは、作物全体を収穫・裁断し、調製するホールクロップサイレージと呼ばれる粗飼料が使われてきた。これらは黄熟期に収穫していたが、子実トウモロコシでは完熟期まで栽培を行うことになるため、ホールクロップサイレージなどの粗飼料に比べ栽培期間が長期化することにより、その主要害虫であるアワノメイガ *Ostrinia furnacalis*（チョウ目：ツトガ科）の被害が発生するリスクが高まり、本種による被害を回避するための防除対策が必要とされるようになってきた（吉田，2021）。

アワノメイガの防除対策としては、播種時期の移動によって被害のピークとなる時期を避けたり、抵抗性品種を選択するなどの耕種的防除、タマゴコバチ類などの天敵を活用する生物的防除、あるいは音波や光などによって成虫の飛翔行動や産卵行動を制御する物理的防除などがあるが、現状最も実用的なのは殺虫剤散布による化学的防除である。本種に対する化学的防除に関してスイートコーンではジアミド系殺虫剤などが高い効果を示すことが報告されている（木村，2017 など）。一方、飼料用トウモロコシではアワノメイガに対する殺虫剤の効果について調査されている報告はほとんど見られない。そこで、本研究では飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの発生活長を調査するとともに、本種に対して有効な殺虫剤を研究実施時（2020～22 年）に登録のあったカル

タップ水溶剤と BT 水和剤の 2 剤と、それに加えてスイートコーンで高い効果を示したジアミド系殺虫剤を含め検討を行った。

I 飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガの 発生活長

アワノメイガ成虫のフェロモントラップによる調査に関しては、吉沢（2004）により詳細に調査されている。吉沢（2004）は、ファネルトラップ、逆さファネルトラップ、SE トラップ、コーントラップを用いて検討を行ったところ、ファネルトラップが最も捕獲数が多いことが示された。本研究においても、ファネルトラップにおいて調査を行った（図-1）。

2020～22 年の 5～10 月において、茨城県つくばみらい市谷和原にある農研機構の飼料用トウモロコシの圃場内の畦畔に設置したファネルトラップでアワノメイガ雄成虫の発生活長を調査した。フェロモンルアーは 1 か月ごとに交換し、誘殺された個体は 1 週間ごとに回収し、計数した。

2020 年は、越冬世代と思われる本種雄成虫が 5 月中旬から増加し、6 月上旬にピークを形成した。その後、7 月



図-1 畦畔に設置したファネル式フェロモントラップ

Seasonal Occurrence of *Ostrinia furnacalis* and Search for Highly Effective Insecticides Against Its Larvae in Forage Corn. By Chikara ISHJIMA and Masahiro HIRAE

（キーワード：飼料用トウモロコシ，アワノメイガ，有効薬剤）

中旬から再び増加し、7月の下旬に第1世代成虫と思われるピークが見られた。その後はガラガラと発生し、第2世代とわかるピークは判然としなかった(図-2A)。

2021年は、越冬世代と思われる雄成虫が5月初旬から中旬にかけて増加したが、その後は6月中旬までガラガラと発生し、ピークは判然としなかった。その後、7月初旬から増加し、7月下旬に第1世代と思われるピークが見られた。8月に入ると一端減少したが、8月下旬から増加し、9月上旬に第2世代と思われるピークが形成された(図-2B)。

2022年は、越冬世代成虫と思われる個体が5月初旬から増加し、5月下旬に越冬世代と思われるピークが見られた。6月に入ると一端減少したが、7月上旬に再び増加し、第1世代と思われるピークを形成した。また、雄成虫の発生は7月下旬から徐々に増加し、8月下旬に第2世代と思われるピークが見られた(図-2C)。

3年間の調査結果から、世代のピークが判然としない場合も見られたが、総じて3回発生していると思われた。吉田(2021)によれば、関東以西では3回発生すると報告されているが、本研究でも同様の発生パターンと思われた。

II 飼料用トウモロコシにおけるアワノメイガに対する各殺虫剤の被害抑制効果

本研究を行った2020～22年において、飼料用トウモロコシのアワノメイガで登録されていた殺虫剤は2剤しかなかった。一方、同じトウモロコシであるスイートコーンでは、登録されている殺虫剤が多数あり(表-1)、薬剤防除試験も行われている(横田ら, 2010; 木村, 2017)。また、飼料用トウモロコシではスイートコーンと比べ、植物体が大きく、栽植密度も高く、収穫部位である雌穂より絹糸が抽出されてから収穫までの日数が多い(表-1)にもかかわらず散布量はほとんどの殺虫剤で同じであることから、スイートコーンに比べ防除は難しいと考えられる。そこで、本研究を行った2020～22年において登録されていた2剤、そしてスイートコーンによる試験でアワノメイガに卓効を示していたジアミド系殺虫剤を含めた各種殺虫剤の本種に対する被害抑制効果について検討した。

殺虫剤散布試験は、茨城県つくば市観音台にある農研機構の飼料用トウモロコシの圃場で2020～22年に行った。使用した品種、絹糸抽出日、処理区などの耕種概要および試験区の概要を表-2に示した。散布は、防除適期である絹糸抽出期を基点として表-2に示す時期に行った。散布は、電池式噴霧器で300 l/10 a相当量を散布

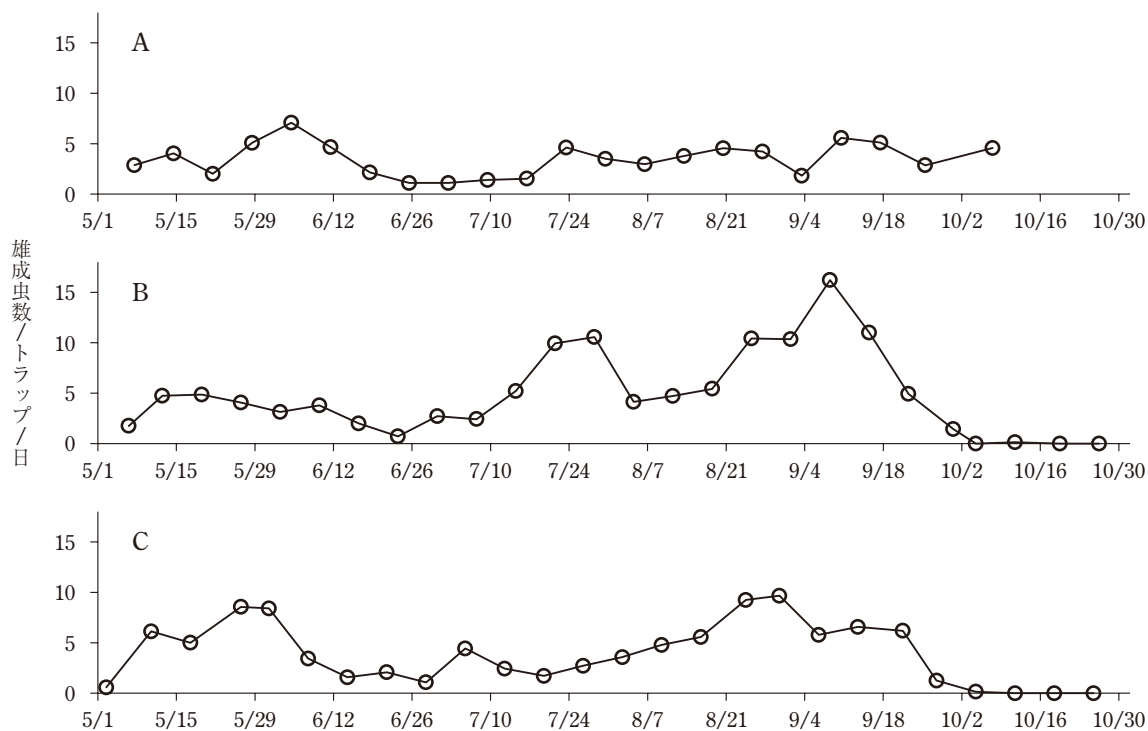


図-2 茨城県つくばみらい市におけるアワノメイガ雄成虫の発生活動
調査年: A 2020年, B 2021年, C 2022年。

表-1 スイートコーンと飼料用トウモロコシの各特性の比較およびアワノメイガに登録のある殺虫剤

	スイートコーン	飼料用トウモロコシ
草丈 (cm)	150~200	200~350
栽植密度 (株/10 a)	4,000~5,000	6,000~8,000
絹糸抽出期から収穫までの日数	20~30	60~70 (子実収穫)
登録薬剤 ^{a)}	ジアミド系, 合成ピレスロイド系 IGR 系など多数	カルタップ水溶剤, BT 水和剤
散布量 (l/10 a)	100~300 ^{b)}	100~300

^{a)} 飼料用トウモロコシの殺虫剤の登録状況については, 2022 年までの情報による。

^{b)} トアロー水和剤 CT を除く。

表-2 耕種概要と処理区の概要

	2020 年	2021 年	2022 年
品種	P2088	P2088	P9027
播種日	5 月 8 日	4 月 25 日	4 月 25 日
絹糸抽出日	7 月 16 日	7 月 12 日	7 月 2 日
区制・面積	2 連制 1 区 9 m ² (1.8 × 5.0 m)	2 連制 1 区 14 m ² (2.8 × 5.0 m)	2 連制 1 区 14 m ² (2.8 × 5.0 m)
処理区および 薬剤散布日	カルタップ散布区 (7/21, 7/29) フルベンジアミド散布区 (7/21, 7/29) カルタップ・フルベンジアミド散布区 (カルタップ: 7/21, 8/5 ; フルベンジアミド: 7/29, 8/13) 無散布区	BT 剤散布区 (7/13, 7/19) フルベンジアミド散布区 (7/13, 7/19) クロラントラニプロール散布区 (7/13, 7/19) 無散布区	カルタップ散布区 (7/4, 7/14) クロラントラニプロール 2 回散布区 (7/4, 7/14) クロラントラニプロール絹糸抽出期 1 回散布区 (7/4) クロラントラニプロール絹糸抽出 10 日後 1 回散布区 (7/14) 無散布区

表-3 薬剤散布によるアワノメイガの飼料用トウモロコシ被害抑制効果 (2020 年)

処理区	散布 回数	折損数/株			虫孔数/株		
		稈	雌穂柄	計	稈	雌穂	計
カルタップ散布区	2 回	0.48	0.08	0.56 ab	1.08 b	0.64 ab	1.72 b
フルベンジアミド散布区	2 回	0.25	0.00	0.25 ab	0.28 a	0.30 a	0.58 a
カルタップ・フルベンジアミド散布区	4 回	0.10	0.00	0.10 a	0.10 a	0.49 ab	0.59 a
無散布区	—	0.58	0.15	0.73 b	1.55 b	1.19 b	2.74 c

被害調査日: 2020 年 9 月 4 日, 各区 10 株調査, 2 反復の平均値。

同一英小文字を付した処理区間には Tukey-Kramer の多重比較検定により 5% 水準で有意差がないことを示す。

した。調査は, 収穫適期となる完熟期において, 被害の指標として稈の折損数および虫孔数, 雌穂柄の折損数, 雌穂の虫孔数をそれぞれ計数した。

2020 年の試験結果を表-3 に示した。カルタップ水溶剤を散布した区では, 折損数が無散布区の 77%, 虫孔数は 63% となり, 被害抑制効果は十分ではなかった。一方, ジアミド系殺虫剤であるフルベンジアミド水和剤を散布した区およびカルタップ水溶剤とフルベンジアミド水和剤の 2 剤を散布した区では, 折損数が無散布区の

35% 以下, 虫孔数は 25% 以下であった。また, フルベンジアミド水和剤を散布した区では, 虫孔数について無散布区との間に有意な差が見られ, 高い被害抑制効果が確認された。

2021 年の試験結果を表-4 に示した。BT 水和剤を散布した処理区では, 折損数および虫孔数ともに無処理区の 100% 以上となり, 被害抑制効果は認められなかった。一方, フルベンジアミド水和剤を散布した区では, 折損数が無散布区の 46%, 虫孔数は 20% 以下で, 雌穂柄の

表-4 薬剤散布によるアワノメイガの飼料用トウモロコシ被害抑制効果 (2021 年)

処理区	散布回数	折損数/株			虫孔数/株		
		稈	雌穂柄	計	稈	雌穂	計
BT 散布区	2 回	1.20 b	0.05 ab	1.25 b	2.65 c	2.60 b	5.25 b
フルベンジアミド散布区	2 回	0.55 ab	0.00 a	0.55 ab	0.50 ad	0.10 a	0.60 a
クロラントラニリプロール散布区	2 回	0.25 a	0.00 a	0.25 a	0.20 ab	0.05 a	0.25 a
無散布区	—	0.95 ab	0.25 b	1.20 b	1.95 cd	1.45 b	3.40 b

被害調査日：2021 年 8 月 30 日，各区 10 株調査，2 反復の平均値。

同一英小文字を付した処理区間には Tukey-Kramer の多重比較検定により 5%水準で有意差がないことを示す。

表-5 薬剤散布によるアワノメイガの飼料用トウモロコシ被害抑制効果 (2022 年)

処理区	散布回数	折損数/株			虫孔数/株		
		稈	雌穂柄	合計	稈	雌穂	合計
カルタップ散布区	2 回	0.80 ab	0.13	0.93 ab	1.53 b	1.05 c	2.58 c
クロラントラニリプロール 2 回散布区	2 回	0.38 a	0.03	0.41 a	0.38 a	0.13 ab	0.51 a
クロラントラニリプロール絹糸抽出期 1 回散布区	1 回	0.35 a	0.00	0.35 a	0.33 a	0.10 a	0.43 a
クロラントラニリプロール絹糸抽出期 10 日後 1 回散布区	1 回	0.60 ab	0.00	0.60 a	0.73 a	0.35 b	1.08 b
無散布区	—	1.05 b	0.33	1.38 b	2.10 b	1.18 c	3.28 c

被害調査日：2022 年 8 月 29 日，各区 20 株調査，2 反復の平均値。

同一英小文字を付した処理区間には Tukey-Kramer の多重比較検定により 5%水準で有意差がないことを示す。

折損は見られなかった。さらに同じジアミド系殺虫剤であるクロラントラニリプロール水和剤を散布した区では，折損数が無散布区の 20%程度，虫孔数は 10%以下で，雌穂柄の折損は見られなかった。また，これらジアミド系殺虫剤を散布した区では，雌穂柄の折損数や雌穂の虫孔数について無散布区との間に有意な差が見られた。これらのことから，ジアミド系殺虫剤はアワノメイガの被害抑制効果が総じて高く，特にクロラントラニリプロール水和剤の効果は高かった。

2022 年の試験結果を表-5 に示した。カルタップ水溶剤を散布した区では，2020 年とほぼ同レベルの被害抑制効果であった。クロラントラニリプロール水和剤を 2 回散布した区および絹糸抽出期に 1 回散布した区では，折損数が無処理区の 30%以下，虫孔数は 20%以下であった。また，これらの区では折損数や虫孔数について無散布区との間に有意な差が見られ，総じて高い被害抑制効果が確認された。クロラントラニリプロール水和剤を絹糸抽出期から 10 日後に 1 回散布した区では，折損数が無処理区の 43%，虫孔数は 33%で，かつ無散布区との間に有意な差が見られたことから，被害抑制効果は見られた。ただし，クロラントラニリプロール水和剤を散布した他の区と比べると虫孔数はそれらの区より有意に多いなど，効果はやや劣っていた。この結果は，散布が防除適期である絹糸抽出期から外れると防除効果が低下することを示しているかもしれない。

以上の結果から，ジアミド系殺虫剤によりアワノメイガの食害に対する被害抑制効果が見られること，中でもクロラントラニリプロール水和剤が有望であることが示唆された。これまでの登録薬剤であったカルタップ水溶剤については，総じて被害抑制効果は十分ではなかったが，2020 年の虫孔数では無散布区と有意な差が見られるなど，アワノメイガに対して一定の効果があることが示唆された。BT 水和剤については，使用時期が適用害虫の発生初期とされており，また，スイートコーンでの防除適期はふ化最盛期と示されていること（横田ら，2010）から，今回の試験では散布が防除適期より 1～2 週間程度早かったため，被害抑制効果は見られなかったと思われる。飼料用トウモロコシにおいても今後は散布時期に対する防除効果の試験等を行うことによりその効果を検討する必要もあろう。

おわりに

これまで飼料用トウモロコシのアワノメイガ防除のために登録されている殺虫剤は 2 剤しかなかったが，2023 年に入って飼料用トウモロコシの子実に限ってであるが，5 月にはクロラントラニリプロール水和剤，エトフェンプロックス乳剤および粉剤，7 月にはフルベンジアミド水和剤，メタフルミゾン水和剤が適用拡大され，使用できる殺虫剤が大幅に増えた。この状況は歓迎すべきことであるが，今回の登録は飼料用トウモロコシでも子

実のみに限ったものであることに注意が必要である。ホークロップなど子実以外の部位を使用する場面では、これまで同様にカルタップ水溶剤とBT水和剤の2剤しか利用できない。

また、新規に適用拡大された殺虫剤については、特徴にあわせた使用方法について考慮しなければならない。これら新規適用拡大された剤の一部では、ドローン等による空中散布に対応した使用方法として「無人航空機による散布」が登録された。特に作物が長大である飼料用トウモロコシでは、今後の普及に向けてこれら技術が大変重要となってくるであろう。さらに、耕種的防除など他の手法との組合せについても検討が必要であろう。例えば、令和4年度から始まった筆者も参画している農林水産省委託プロジェクト「子実用とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発」では、プロジェク

トの目標の一つとして、アワノメイガの食害による稈や雌穂柄の折損および雌穂への加害に対して被害が少ない品種を選定する作業を行っている。同じく令和4年度から始まったJRA畜産振興事業「国産トウモロコシ子実の有用性の検証事業」において、播種時期の移動等によって本種の被害を軽減させる可能性についての検証を行っている。これらプロジェクトにより選択された品種や被害軽減可能な耕種的防除法と、効果の高い殺虫剤を組合せることにより、アワノメイガに対し効果が高く、コストも抑えられる防除体系を構築することも可能となろう。

引用文献

- 1) 木村勇司 (2017): 北日本陸病虫研報 68: 173~178.
- 2) 横田 啓ら (2010): 同上 61: 129~132.
- 3) 吉田信代 (2021): 植物防疫 75: 344~349.
- 4) 吉沢栄治 (2004): 関東東山病虫研報 51: 111~113.

農林水産省プレスリリース (2023.8.1~2023.8.31)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。
<https://www.maff.go.jp> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆「令和5年度病害虫発生予報第6号」の発表について (23/8/9) [/j/press/syouan/syokubo/230809.html](https://j/press/syouan/syokubo/230809.html)
- ◆中国における火傷病発生に伴う宿主植物の輸入停止について (23/8/30) [/j/press/syouan/syokubo/230830.html](https://j/press/syouan/syokubo/230830.html)

- 30.html
- ◆「みどりの食料システム戦略本部」の開催について (23/8/30) [/j/press/kanbo/b_kankyo/230830.html](https://j/press/kanbo/b_kankyo/230830.html)

 研究
報告

気象条件に基づくトウモロコシすす紋病の発生予察法

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門

おか べ いく 子
岡 部 郁 子

はじめに

すす紋病（病原菌：*Setosphaeria turcica* (Luttrell) K.J. Leonard & Suggs）はトウモロコシの重要病害の一つである。トウモロコシの葉に病斑を形成し、それが急速に拡大して葉全体を枯死させる。近年で大きな被害を生じた事例には1993年の山梨県の露地スイートコーン（市川ら，1997）および2009年の北海道の飼料用トウモロコシ（牧野，2011）があり、これらの事例では冷夏すなわち多雨・日照不足であったことが本病の多発につながったと考えられている。

本病の発生と気象条件の関係については既に多くの研究が行われている。圃場において相対湿度（以下、湿度）の高い状態が一定時間持続した後に空气中に浮遊する本病菌の胞子数が増加すること（BERGER, 1972；LEACH et al., 1977）、胞子数の増加から一定期間後にトウモロコシの葉の病斑数が増加すること（BERGER, 1973）、また、トウモロコシの葉の上で胞子が発芽して植物体内に侵入するためには温室条件下で十数時間が必要であること（KNOX-DAVIES, 1974）が示されている。

しかし、胞子形成に必要な条件についての具体的な値は報告によって異なり、また、侵入に要する時間の長さは大まかな範囲でしか示されていないため、本病の発生に好適な気象条件が完全に明確にされているとは言えない。そこで、あらためて胞子飛散および植物体への侵入に必要な条件を検討し（岡部，2021）、それに基づいて本病の発生予察プログラムを試作した。

I 胞子飛散を引き起こす気象条件

BERGER（1972）はトウモロコシ圃場に胞子捕集器を設置し、気温が15～30℃で湿度が100%近い状態が7時間以上持続すると空中の胞子が増加することを報告した。他方、LEACH et al.（1977）は湿度90%以上の状態が10～12時間続いた後に圃場で捕集された胞子が増加するこ

と、ただし、湿度90%以上であっても気温が14℃あるいはそれ以下の場合には捕集された胞子は少ないことを報告している。

筆者も農研機構那須塩原研究拠点の飼料用トウモロコシ圃場内にダーラム型花粉捕集器を設置し、捕集器内のワセリン塗布スライドガラス上に付着した胞子を顕微鏡で観察した。実験の詳細については岡部（2021）を参照していただきたい。伝染源として、前年の罹病葉を風乾したものを圃場に置き、スライドガラスは毎日午前8時に交換した。すす紋病菌の胞子は主に昼間に飛散することが知られている（MEREDITH, 1966）ので、スライドガラス上に胞子が見られた場合は、そのスライドガラスを設置した日を胞子飛散の日付とした。なお、この圃場ではすす紋病以外にもごま葉枯病等の病気も発生し、それらの病原菌胞子もスライドガラス上に付着していたが、すす紋病菌の分生胞子は基部にhilumと呼ばれる突起があるため、区別が可能である（図-1）。

図-2に捕集された胞子（棒グラフ）とBERGER（1972）あるいはLEACH et al.（1977）の示した気象条件に該当する日を示す。多湿状態の時間の長さとその間の平均気温は、その状態が終了することで確定するため、図-2には多湿状態が終了した日付で示している。なお、気温と湿度のデータは農研機構那須塩原研究拠点内の気象観測ステーションで得た1時間ごとの観測値を用い、それを観測時刻30分前から観測時刻30分後までの1時間の代表値として用いた。

2018年7月4日に感染源を設置し、7月10日午前8時に設置したスライドガラスで初めて胞子が観察されたが、その直前の7月9日午後7時から10日午前7時まで（正確には7月9日午後6時30分から10日午前7時30分までの13時間）がLEACH et al.（1977）の条件を満たしていた。次に胞子が観察された7月29日も、直前の7月28日午後6時から29日午前10時までがLEACH et al.（1977）の条件を満たす等、LEACH et al.（1977）の条件が出現した直後に胞子が飛散する例が多い。他方、BERGER（1972）の条件を初めて満たした日は2018年8月30日で、後述するように、この時点では既にすす紋病が

Forecasting System for the Occurrence of Northern Leaf Blight of Maize Based on Weather Condition. By Ikuko OKABE
（キーワード：すす紋病，発生予察，防除適期）

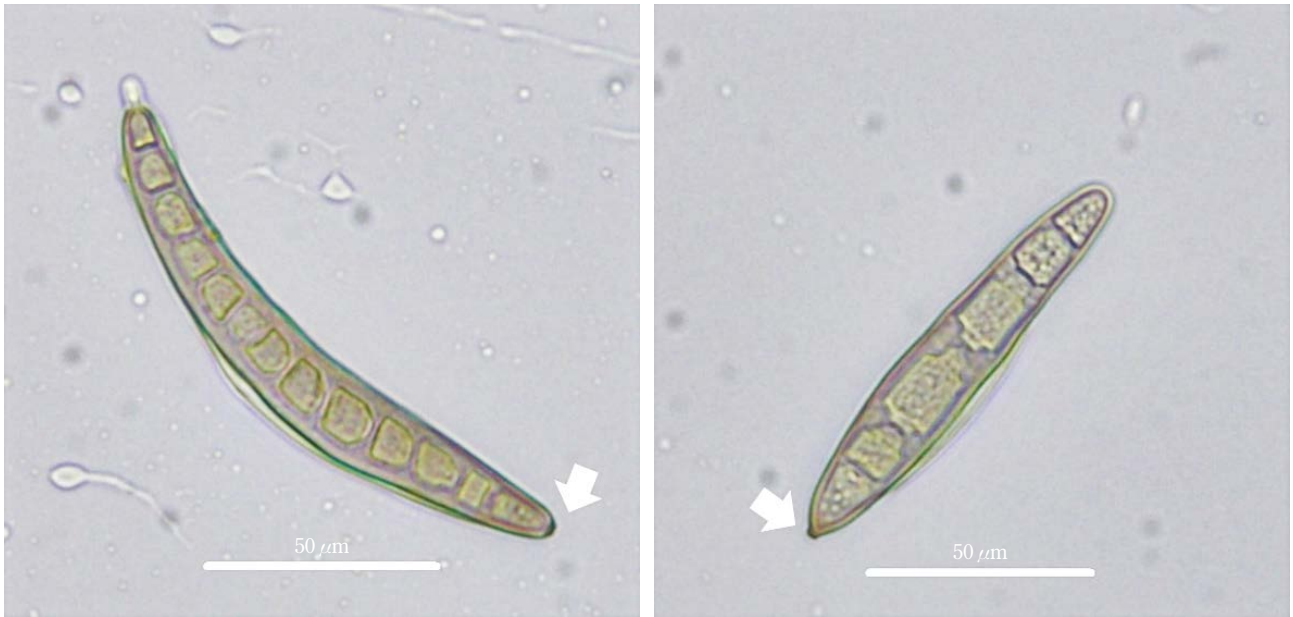


図-1 スライドガラスに捕捉された胞子

左は基部（矢印）が平らで胞子全体が細長く、ごま葉枯病菌（*Cochliobolus heterostrophus*）の分生胞子と考えられる。
右は基部に hilum と呼ばれる突起（矢印）があり、すす紋病菌の分生胞子と考えられる。

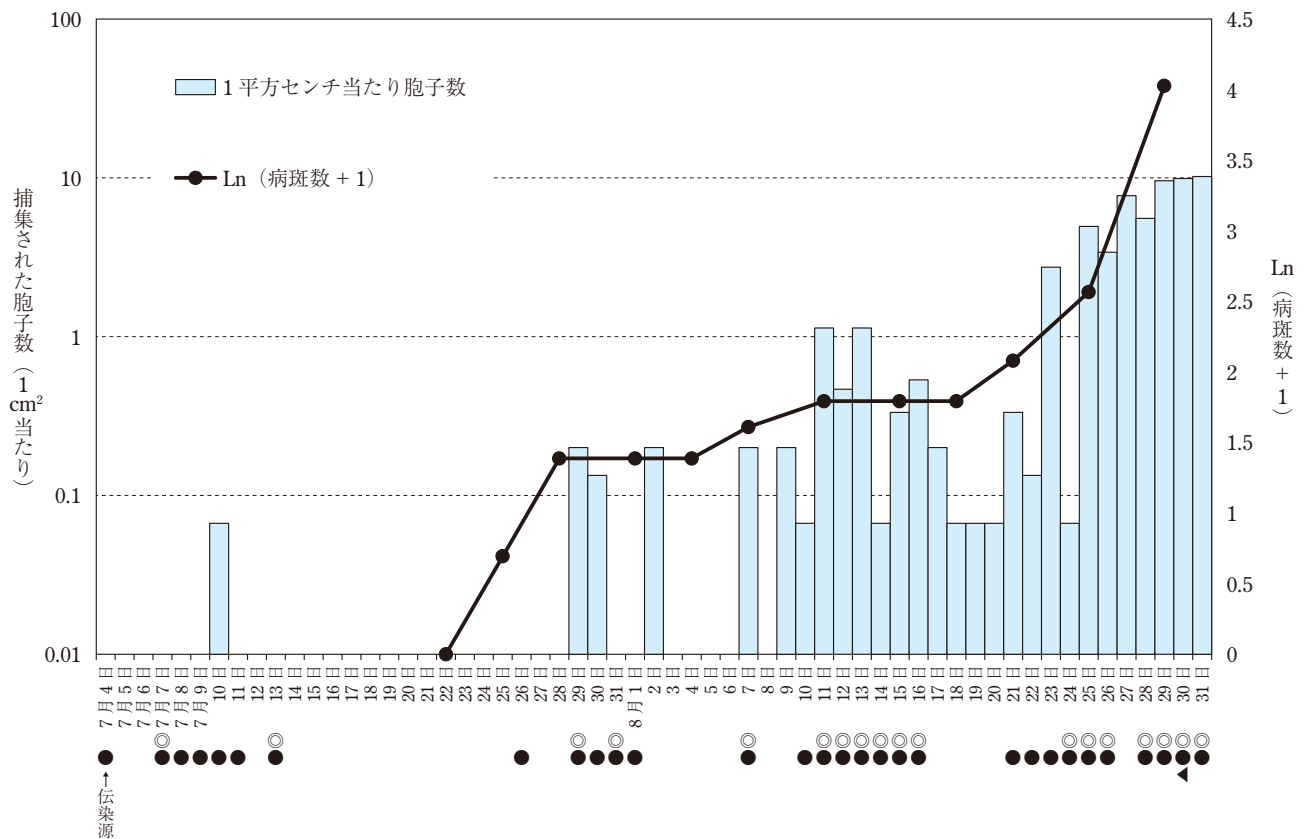


図-2 スライドガラス 1 平方センチ当たり捕集されたすす紋病菌胞子数（棒グラフ）および飼料用トウモロコシ（LG3490）18 個体の病斑数（折れ線）

BERGER（1972）の示した胞子形成に好適な気象条件に該当する日に▲、LEACH et al.（1977）の示した胞子形成に好適な気象条件に該当する日に●、感染成立に必要な気象条件を満たした日に○を付した。農研機構那須塩原研究拠点内気象観測ステーションの 2018 年のデータ。

発生していた。以上のことから、孢子形成に好適な気象条件は LEACH et al. (1977) の提唱した「湿度 90% 以上の状態が 10 時間以上継続し、その間の平均気温が 15℃ 以上の状態」が適当であると考えた。

II トウモロコシ葉組織への侵入に必要な条件

KNOX-DAVIES (1974) は植物体から切り取った葉を湿室内に置き、孢子懸濁液を滴下して、26℃で 16~48 時間培養した。それを顕微鏡観察したところ、発芽した孢子から伸びた菌糸が葉の表面で付着器を形成し、葉に侵入した直後に菌糸が分岐して掌状 (hand-shaped) になっていた。

筆者もトウモロコシ葉片上に孢子懸濁液を滴下して一定時間培養し、顕微鏡観察を行った (岡部, 2021)。葉上の孢子の一部で侵入菌糸を形成したもの (図-3) が観察されるようになるまでにかかる時間は培養温度によって異なり、24℃で 9 時間、21.5℃で 12 時間、19.7℃で 15 時間、17℃で 18 時間だった。この 4 点を結ぶ折れ線グラフ上の点およびそれより上の領域を感染が成立する条件とした。折れ線上の点の具体的な値を表-1 に示す。

III 病斑数の増加の過程

上記の農研機構那須塩原研究拠点圃場で、あらかじめ選定したトウモロコシ個体の各葉を経時的に観察して病斑を計数した (岡部, 2021)。この圃場ではごま葉枯病

等、すす紋病以外の病害も発生していたが、すす紋病の病斑は急速に拡大すること、また、病斑の色も他の病害のものと異なることから区別が可能であった (図-4)。なお、一度形成された病斑は消滅しないと考え、病斑のある葉が枯死した場合も、その葉で枯死直前に観察された病斑数を維持するとみなした。

図-2 の折れ線は 2018 年に栽培したトウモロコシ (品種 'LG3490') 18 個体の第 13 葉までの病斑数を示す。イネ葉いもち病斑数の表示方法 (小林, 1984) にない、病斑数に 1 を加えて自然対数を求めた。最初に孢子の飛散が観察された 7 月 10 日から 3 日後の 7 月 13 日 (正確には 12 日午後 7 時から 13 日午前 7 時) に感染が成立する気象条件になり、さらにその 12 日後の 7 月 25 日に最初の病斑 1 個が見つかった。7 月 29 日の孢子飛散の後、7 月 31 日 (正確には 30 日午後 9 時から 31 日午前 7 時) に感染が成立する気象条件になり、その 7 日後の 8 月 7 日に病斑が増加している。8 月 10 日の孢子飛散の直後の 8 月 11 日 (正確には 8 月 10 日午後 5 時から 11 日午前 8 時) にも感染成立条件が出現し、8 月 16 日まで孢子飛散と感染成立条件出現が連続する。8 月 11 日から 10 日後の 8 月 21 日からは病斑数も急激に増加した。

以上から、孢子飛散後 3 日以内に感染成立条件が出現するとその 1~2 週間後に病斑数が増加することがわかる。特に、孢子飛散があった日の夕方から感染成立に好適な気象条件になる場合、病斑数の増加率も大きくなる。

IV 発生予察プログラム

「ストップ!! すす紋病!!」

孢子形成に好適な条件および感染が成立する条件が明らかになったので、これらを用いてすす紋病の発生予察プログラムを作成した (農研機構職務作成プログラム「機構-G11」)。本プログラムは Microsoft Excel の



図-3 トウモロコシ葉片上で発芽した孢子
三つの孢子の一つは付着器から侵入菌糸が生じ、この孢子は侵入に成功したと考えられる。

表-1 すず紋病菌の侵入に必要な条件

湿度 90% 以上の 時間	侵入に必要な 最低気温 (℃)
8 時間以下	侵入なし
9 時間	24.0
10 時間	23.2
11 時間	22.3
12 時間	21.5
13 時間	20.9
14 時間	20.3
15 時間	19.7
16 時間	18.8
17 時間	17.9
18 時間以上	17.0

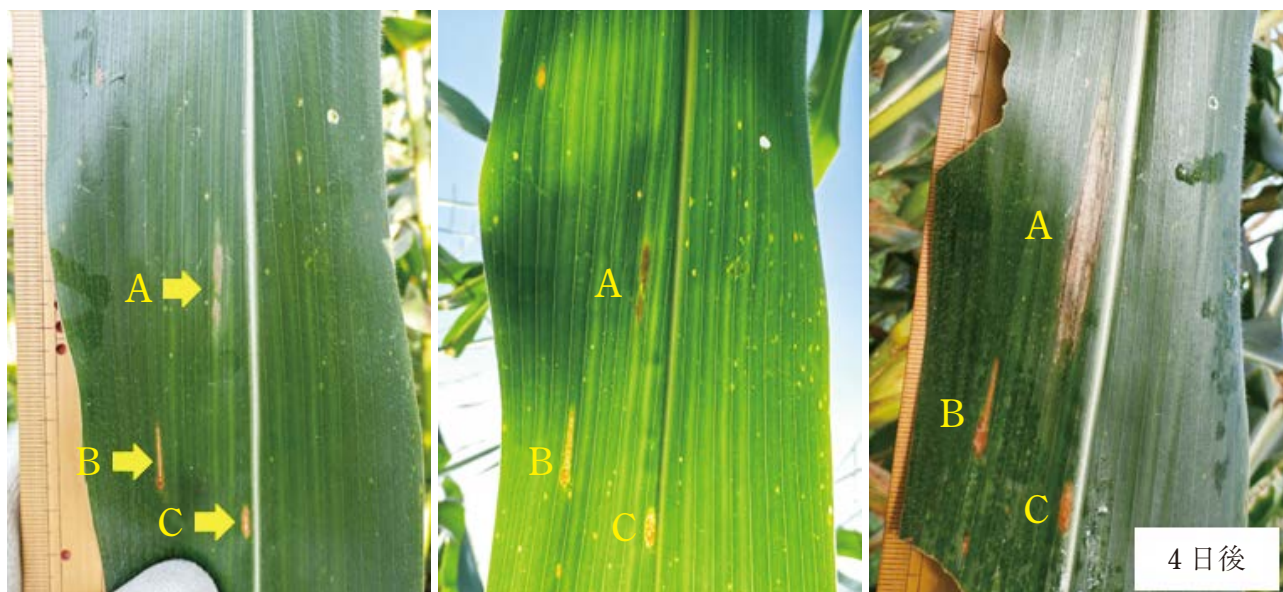


図-4 すす紋病の病斑 (A) と他の病害の病斑 (B, C)

左側の写真では三つの病斑に形態的な大きな違いはないが、病斑 A は B および C よりも灰色がかっている。透過光で見ると (中央の写真) 色の違いがより顕著である。4 日後 (右側の写真) には病斑 A は大型の紡錘形となり、すす紋病の病斑であることがわかる。病斑 B および C はごま葉枯病あるいは北方斑点病の病斑と思われる。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	今日																								
2	時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3	気温 (°C)	22.9	22.5	22.4	21.8	22.1	22.7	24.6	25.7	26.7	27.7	28.9	29.7	29.9	29.5	29.7	29	28.3	27.3	25.9	24.8	24.2	23.6	22.8	22.3
4	湿度 (%)	100	100	100	100	100	100	89	84	78	71	67	66	69	67	65	68	71	71	77	83	88	92	99	97
5	明日																								
6	時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7	気温 (°C)	21.5	21.3	21.4	21.6	21.7	22	22.1	21.9	22	22.5	22.5	22.9	23.5	24.7	25.1	22.4	22.1	21.4	21.1	20.9	20.6	20.4	20.3	20.3
8	湿度 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	91	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	明後日																								
10	時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
11	気温 (°C)	20.4	20.1	19.9	19.7	19.9	20.7	21.6	22.7	24.6	25.1	26	26.2	25.6	25.8	25.4	24.2	23.6	22.9	22.1	21.3	21.1	21.3	21.2	21
12	湿度 (%)	100	100	100	100	100	100	100	98	89	81	70	74	81	85	81	91	94	100	100	100	100	100	100	100
13																									
14	開始	【孢子が形成されやすい時間帯】												【感染が起こりやすい時間帯】											
15		今夜遅くから明日の昼過ぎ												今夜遅くから明日の昼過ぎ											
16		明日の夕方から明後日の朝												明日の夕方から明後日の朝											
17																									
18																									

最初にお読みください

Sheet1

Sheet2

図-5 すす紋病発生予察プログラム「ストップ!!すす紋病!」の画面

Visual Basic for Applications を使用し、Microsoft Excel Windows 版 Ver.16.0 上で作動するマクロである。気象予報会社の発表する当日・翌日・翌々日の 1 時間ごとの気温と湿度の値を入力し、「開始」をクリックすれば、孢子形成に好適な条件に該当する時間帯および感染が成立する条件に該当する時間帯を表示する (図-5)。

一般に、病原菌に対する薬剤防除を行う場合には、病原菌が植物体に侵入する前に行うのが望ましいとされている (現代農業編集部, 2019)。したがって、本プログ

ラムで当日から翌日にかけて孢子形成に好適な気象条件が出現し、さらに翌日から翌々日にかけて感染が成立する条件が出現すると判定された場合に、感染成立条件が出現する時間帯より前に薬剤防除を行えばよいと考えられる。

しかし、最初に「試作」と書いたように、本稿を書いている時点で、まだ、本プログラムを用いた防除試験の実績はない。残念ながら、筆者は現在、別の研究プロジェクトに従事しているため、自身で実証試験を行うこと

もできない。今後、他機関で本プログラムの有効性について検証していただければと願っている。本プログラムは研究を目的とする場合は都道府県機関に無償提供できるので（職務作成プログラム提供許可「3 機構 C 第 1211004 号」）、筆者まで連絡をいただきたい。

なお、本プログラムの名称を当初は「すす紋病注意報」とした（岡部，2023）が，発生予察事業による注意報・警報と紛らわしいため，「ストップ！！すす紋病！」に改めた。

おわりに

病気の発生には病原菌・宿主植物・環境条件の三つが必要であるが，本プログラムはこの中の環境条件の判定を行うものである。本プログラムで病害発生リスクがあると判定されても，圃場の病原菌密度が低い等の理由により，目につく程度の病気が発生しないこともあり得る。

ただし，その場合でも，胞子形成に好適な条件とそれに続く感染成立条件の組合せが現れるたびに，病原菌密

度は増大していくと考えられる。図-2 で示すように飛散胞子は増減を繰り返しながらも全体としては時間とともに増加していることがわかる。

逆に言えば，本プログラムは病気の発生が目立たない早期の段階での注意喚起を行うことができる。本プログラムは試作の段階ではあるが，これをたたき台にして早期防除の体制が構築されていくことを願う。

引用文献

- 1) BERGER, R. D. (1972): Proceedings of the Florida State Horticultural Society **85**: 141~144.
- 2) ————— (1973): Phytopathology **63**: 930~933.
- 3) 現代農業編集部 (2019): 現代農業 **98**(6): 82~85.
- 4) 市川和規ら (1997): 関東東山病虫研報 **44**: 87~89.
- 5) KNOX-DAVIES, P. S. (1974): Phytopathology **64**: 1468~1470.
- 6) 小林次郎 (1984): 秋田県農業試験場研究報告 **26**: 1~84.
- 7) LEACH, C. M. et al. (1977): Phytopathology **67**: 629~636.
- 8) 牧野 司 (2011): 北海道農業研究センター研究資料 **68**: 47~59.
- 9) MEREDITH, D. S. (1966): Phytopathology **56**: 949~952.
- 10) 岡部郁子 (2021): 日植病報 **87**(4): 214~221.
- 11) ————— (2023): 第 69 回関東東山病虫害研究会研究発表会.

 研究
報告

北海道におけるコナガのジアミド系薬剤感受性低下に対応した防除対策

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 ^{しもつ}下 ^ま間 ^{ゆう}悠 ^し士
農業研究本部 中央農業試験場

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 ^{まる}丸 ^{やま}山 ^ま麻 ^り理 ^や弥
農業研究本部 十勝農業試験場

はじめに

コナガ *Plutella xylostella* はアブラナ科作物の重要害虫であり、薬剤に対する感受性低下リスクが高いことが知られている。コナガは北海道のキャベツ栽培においては4～10月の作付け期間を通じて発生し、特に結球部への食害は商品価値を著しく損うため、対策として殺虫剤の使用回数が増える傾向にある。コナガを含めたチョウ目害虫に卓効を示す殺虫剤として2007年に初めて上市されたジアミド系薬剤は、北海道においてもアブラナ科作物の基幹剤として用いられてきた。しかし、2009年には東南アジアでコナガのジアミド系薬剤抵抗性が確認され (WANG and Wu, 2012)、以降は日本の各地域でも感受性低下の報告が相次いだ。北海道では2014年に抵抗性遺伝子を有する個体の飛来 (北海道農政部, 2015) が、2018年には主要産地において感受性低下個体群の発生が疑われる事例が報告された。生産現場においてコナガのジアミド系薬剤に対する感受性低下が顕著となれば同系統薬剤を基幹とした効率的な防除体系の維持は困難になる。さらに、ジアミド系薬剤はコナガ以外のモンシロチョウ、ヨトウガおよびウバ類等の主要なチョウ目害虫に対しては依然として長期の残効を示すことから、同系統薬剤の安易な使用制限は生産現場における効率的な防除の妨げとなる可能性もある。コナガは北海道内で露地越冬できず、春季に道外から飛来する個体群により加害が開始すると考えられてきた (北海道農政部, 1987)。このため毎年春先に飛来する個体群の感受性がその年の薬剤選択に大きく影響する一方で、感受性低下個体群が発生した場合でも翌年以降に持ち越されないという有利性がある。以上のことから、筆者らは北海道のキャベツ

栽培においてコナガのジアミド系薬剤感受性低下リスクを管理しつつ同系統の薬剤を効率的に使用する防除体系の開発に取り組んだ。

本稿では、はじめに気象データを用いてコナガの北海道内露地での越冬可能性について確認した。また、春季に飛来するコナガ個体群の飛来源について気流データを用いて推定し、ジアミド系薬剤に対する感受性が低下した個体群が飛来するリスクについての考察を示した。次に、抵抗性遺伝子頻度と被害許容水準の観点から圃場でのジアミド系薬剤の使用と制限によるリスクを評価し、その結果から導かれる感受性低下コナガ個体群に対応した同系統薬剤の使用方法和防除対策の考え方について紹介する。なお、本研究におけるコナガのジアミド系薬剤使用時のリスク判断は、農研機構「薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案」(農研機構, 2018) (表-1) に示されたリスクレベルの考え方に準じて行った。

I ジアミド系薬剤に対する感受性が低下した個体群が飛来するリスクの評価

1 北海道内における露地越冬可能性の検証

温暖化傾向である近年の気象条件において、北海道内でコナガが露地越冬しないという従来知見について再検討した。農研機構が提供するメッシュ農業気象データ (大野ら, 2016) の積雪深および日平均気温の1 km メッシュデータを用いて、2019～21年におけるコナガの越冬可能条件 (根雪期間が60日以内であり12～2月の平均気温が0℃を下回らない (本多・宮原, 1987)) を満たす地域を推定した。コナガが越冬できないと推定された地域を図-1に示した。北海道内においては、渡島地方南部の島嶼部および沿岸部のわずかな地域を除きコナガの越冬可能な気象条件は現れなかった。一方、本州においては、東北地方内陸部、北陸地方 (ともに3か年すべて) および東山地方の山間部 (2019年を除いた2か年) でコナガの越冬可能な気象条件が現れなかったが、その他の地域では、安定して越冬可能であると推測され

Strategy for Chemical Control of Diamondback Moth Resistant to Diamide Insecticide in Hokkaido. By Yushi SHIMOTSUMA and Mariya MARUYAMA

(キーワード: コナガ, キャベツ, 抵抗性管理, アブラナ科作物, 飛来源推定)

表-1 コナガのジアミド系薬剤使用判断基準（農研機構「薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案」）

遺伝子診断 抵抗性遺伝子頻度	リスクレベル	望ましい対策
10%未満	1	引き続きジアミド系薬剤を基幹剤として組み入れつつ、同一系統薬剤散布を回避する防除を行う
40%未満	2	ジアミド系薬剤を基幹剤から外し、コナガに対する剤としての使用を推奨しない
40%以上	3	コナガを対象としてのジアミド系薬剤の散布を制限あるいは中止する。生物検定で高い死虫率、摂食停止等が維持されている薬剤を中心としたローテーション防除に切り替える

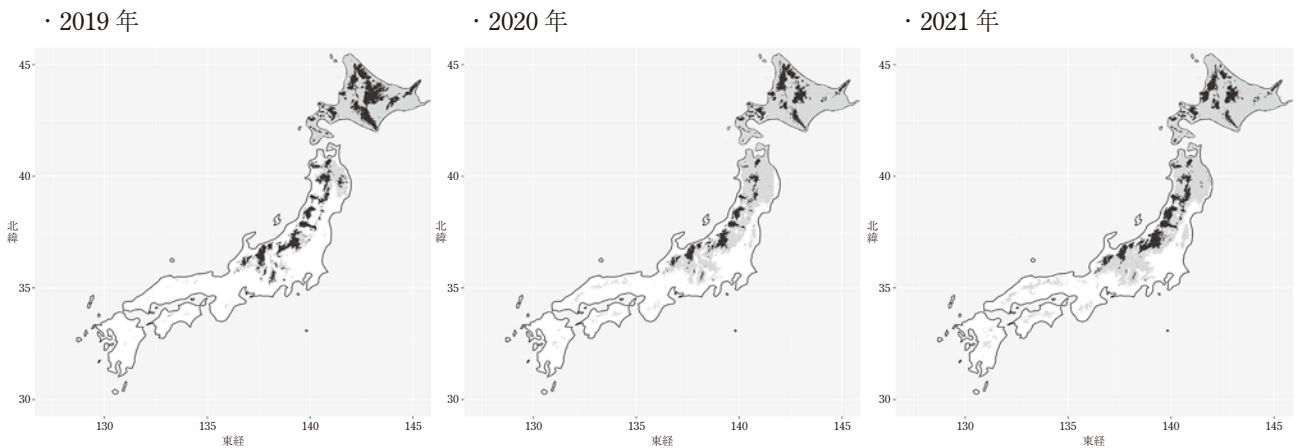


図-1 2019～21年におけるコナガの非越冬地域
 灰色の網掛けは12～2月の平均気温が0℃以下、黒の網掛けは根雪期間が60日以上。

た。近年においても北海道では道内越冬源からの飛来は限定的であるため、主として本州からの飛来個体群の感受性からジアミド系薬剤の使用可否を判断することが妥当であると考えられた。

2 春季飛来個体群のジアミド系薬剤抵抗性遺伝子頻度

道内で発生するコナガの主要な創始者となる春季飛来個体群のジアミド系薬剤に対する感受性程度を推定するために、北海道内の6地点（長沼町、比布町、北斗市、芽室町、訓子府町および滝川市（図-2））の農業試験場内に設置したフェロモントラップにおいて、4月1半旬から6月6半旬にかけて、捕獲されたコナガの雄成虫を対象にジアミド系薬剤抵抗性遺伝子頻度を調査した。調査は2019～22年の4年間行い、2019年は滝川市を除く5地点、2020年および2021年は6地点、2022年は1地点（長沼町）でのみ調査を行った。抵抗性遺伝子頻度の推定は、リアノジン受容体遺伝子上の変異G4946Eを標的とするマルチプレックスPCRにより個体ごとのジアミド系薬剤抵抗性遺伝子接合型を区別することで求めた（農研機構、2018）。その結果、抵抗性遺伝子頻度は最小で20.0%、最大で37.3%であった（表-2）。また、年次



図-2 コナガのフェロモントラップ設置箇所

や地域による差は小さかった。飛来個体群における抵抗性遺伝子頻度は表-1に示されたリスクレベル2（40%未満）、すなわちジアミド系薬剤の使用を中止する対応までは必要ない水準に該当したことから、飛来世代に対する防除開始時にジアミド系薬剤は使用できると考えられた。

3 飛来源推定

北海道における将来的な感受性低下リスクを考察する

うえで重要となるコナガの飛来源の範囲を推定した。飛来源の推定には、アメリカ海洋大気庁の提供する HYSPLIT Model を用いた。まず、2012～21 年の 3 月 4 半旬から 6 月 6 半旬にかけて、北海道内 6 地点（長沼町、比布町、北斗市、芽室町、訓子府町および滝川市）の農業試験場を終点とするすべての気流（後方流跡線）データを取得した。次に、コナガの初飛来に関与する気流として以下

表-2 道内 6 地点における春季飛来個体群のジアミド系薬剤抵抗性遺伝頻度

採取地点	ジアミド系薬剤抵抗性遺伝子頻度 (%)			
	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
中央農業試験場 （長沼町）	28.1 (n = 80)	30.4 (n = 96)	26.7 (n = 91)	30.6 (n = 65)
上川農業試験場 （比布町）	26.3 (n = 57)	24.0 (n = 96)	27.0 (n = 409)	—
道南農業試験場 （北斗市）	29.4 (n = 52)	30.5 (n = 59)	27.1 (n = 288)	—
十勝農業試験場 （芽室町）	21.1 (n = 38)	20.0 (n = 94)	30.2 (n = 86)	—
北見農業試験場 （訓子府町）	37.3 (n = 56)	34.7 (n = 96)	28.1 (n = 64)	—
花野技術センター （滝川市）	—	28.3 (n = 90)	26.6 (n = 96)	—

の条件に合致する流跡線データを絞り込み、該当流跡線の始点を飛来源と推測した。

①始点から終点までの温度は、コナガが飛翔を開始する最低温度である 7℃（GOODWIN and DANTHANARAYANA, 1984）を下回らない。

②始点から終点までの時間は、追い風でのコナガの連続飛翔時間の上限に近い 24 時間（上杉・深谷, 2018）を超えない。

③始点から終点までの高度は大気の混合層および下層ジェット気流の通過する高度である 1,500 m を超えない。

④始点はコナガの越冬可能条件を満たす陸地（前節参照）。

⑤始点の高度は地表から 10 m 以内。

⑥始点の時刻はコナガが活発に飛翔を行う 18 時から 24 時（植松・好川, 2002）

解析の結果、推定された飛来源を図-3 に示した。2012～21 年の 10 年間においては、東北からの飛来が最も多く、次いで北関東の沿岸部、年次により北陸や山陰からの飛来もあったと推測された。気流解析の結果、同一年次に北海道内各地へ飛来するコナガの飛来源はおおむね共通していた。この結果は同一年次における北海道内複数地点の抵抗性遺伝頻度が一定の範囲にとどまった結果と矛盾しない。また、飛来源は年次により異なる可

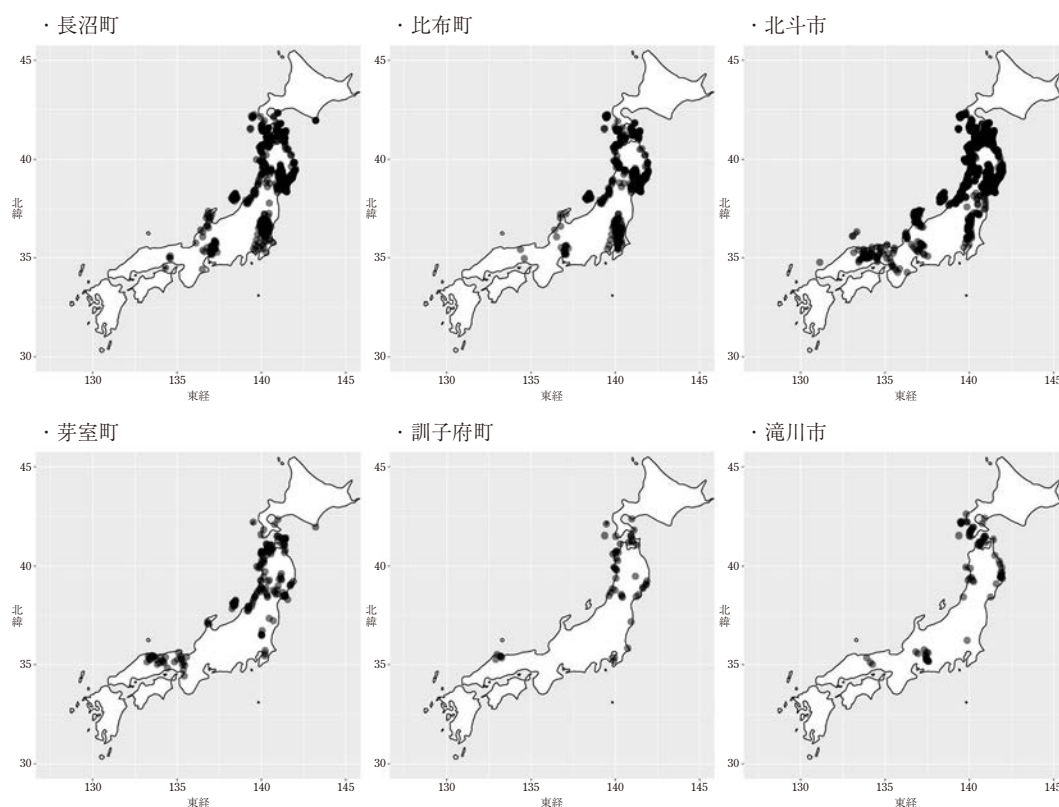


図-3 2012～21 年に道内 6 地点へ飛来したコナガの推定飛来源

能性があるが、本研究の調査期間においては抵抗性遺伝子頻度の年次間差は小さく、感受性低下リスクを考えるうえでは影響は小さいと考えられた。

II ジアミド系薬剤の使用および制限によるリスク評価

ジアミド系薬剤の使用と制限のリスク、すなわち使用と制限による感受性低下や防除効果への影響を明らかにするため、圃場試験によってジアミド系薬剤の使用回数と防除効果の関係性を調査した。試験では、作付け期間中における同系統薬剤の使用回数を2回、1回、0回としたキャベツ圃場において、コナガの発生密度、コナガを含むチョウ目害虫による被害程度、コナガのジアミド系薬剤に対する抵抗性遺伝子の頻度推移を調査した。耕種概要については表-3に示した。施肥その他栽培管理等は慣行に準じた。各処理区における防除体系は表-4に示した。薬剤散布は、ブームスプレーヤにより100 l/10 a相当量を散布した。各処理区間の距離は

コナガ成虫の往来を抑制するため50 m以上となるように配置し、各作型間の距離は成虫の移動を促進するため10 m未満とした。

表-3 耕種概要

試験年次	2021 年		
作型	春まき (7月どり)	初夏まき (8月どり)	夏まき (10月どり)
キャベツ品種	藍春ゴールド		
試験場所	中央農業試験場（長沼町）露地圃場		
育苗	128穴セルトレイ		
播種日	4月26日	6月4日	7月5日
定植日	5月26日	6月30日	8月17日
畝間×株間	60×40 cm		
面積	117.12 m ² (21畦×24株)		
追肥	6月14日	7月28日	9月1日
収穫日	7月29日	9月1日	10月13日

表-4 処理区および防除体系

春まき（7月どり）

処理区	5月26日	6月16日	6月22日	7月1日	7月8日	7月13日	7月20日
	定植	22日後	28日後	37日後	44日後	49日後	56日後
A：ジアミド2回（灌注＋散布）	クロ・チアF	Bt クル DF	フルベ DF	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
B：ジアミド1回（灌注）	クロ・チアF	Bt クル DF	エマ乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
C：ジアミド1回（散布）	イミ・スピ F	Bt クル DF	フルベ DF	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
D：ジアミド無使用	イミ・スピ F	Bt クル DF	エマ乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF

初夏まき（8月どり）

処理区	6月30日	7月20日	7月27日	8月3日	8月12日	8月20日	8月27日
	定植	20日後	27日後	34日後	43日後	51日後	58日後
A：ジアミド2回（灌注＋散布）	クロ・チアF	フロ F	フルベ DF*	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
B：ジアミド1回（灌注）	クロ・チアF	フロ F	トル乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
C：ジアミド1回（散布）	イミ・スピ F	フロ F	フルベ DF*	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
D：ジアミド無使用	イミ・スピ F	フロ F	トル乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF

夏まき（10月どり）

処理区	8月17日	9月7日	9月15日	9月22日	9月29日	10月6日	10月13日
	定植	21日後	29日後	36日後	43日後	50日後	57日後
A：ジアミド2回（灌注＋散布）	クロ・チアF	フロ F	フルベ DF*	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
B：ジアミド1回（灌注）	クロ・チアF	フロ F	トル乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
C：ジアミド1回（散布）	イミ・スピ F	フロ F	フルベ DF*	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF
D：ジアミド無使用	イミ・スピ F	フロ F	トル乳剤	フルキ乳剤	ピリダリ F	スピネ F	Bt 混 DF

クロ・チア F：クロラントラニリプロール・チアメトキサム水和剤 F 200 倍，イミ・スピ F：イミダウロプリド・スピノサド水和剤 F 100 倍，Bt クル DF：BT（エスマルク）水和剤 DF 1,000 倍，フルベ DF：フルベンジアミド水和剤 DF 2,000 倍，エマ乳剤：エマメクチン安息香酸塩乳剤 1,000 倍，トル乳剤：トルフェンピラド乳剤 1,000 倍，フロ F：フロメトキン水和剤 F 1,000 倍，フルキ乳剤：フルキサメタミド乳剤 2,000 倍，ピリダリ F：ピリダリル水和剤 F 1,000 倍，スピネ F：スピネトラム水和剤 F 2,500 倍，Bt 混 DF：BT（ジャックポット）水和剤 1,000 倍。

*ネギアザミウマ被害抑制のため，ピリフルキナゾン水和剤 DF 3,000 倍混用。
網掛けはジアミド系薬剤を有効成分として含む。

1 コナガに対する防除効果

薬剤散布の前日または当日の散布直前に各処理区 30 株（10 株 3 地点）の全葉について、見取りにより株ごとのコナガ寄生頭数（幼虫・蛹）およびチョウ目害虫による被害程度指数（ $= \Sigma (\text{指数} \times \text{該当株数}) / (\text{最大指数} \times \text{調査株数})$ ，指数 0：食害がほとんど認められない，1：わずかに小さな食害痕が認められ結球部には食害痕はない，2：半数内外の葉に食害痕があり大きい食害痕も点在，結球部にも食害痕がわずかに見られる，3：1/2 以上の葉に大きな食害痕が見られ，結球部の 1/4-1/2 に食害痕が見られる，4：ほとんどの葉に大きな食害痕が見られる，結球部の 1/2 以上に食害痕が見られる）を調査した。被害許容水準については，10% 減収の目安となる定植 30～35 日後における被害程度指数 35 を指標とし

た（梶野，1993）。各処理区におけるコナガ寄生数の推移を図-4，チョウ目害虫による被害程度指数の推移を図-5 に示した。なお，処理区ではモンシロチョウ，ウワバ類およびヨトウガの発生が認められたがその数は少なく，被害の主体はコナガであった。春まき作型のジアミド系薬剤無使用区において生育期前半にコナガの寄生数が増加し，定植 35 日前後のチョウ目による被害が許容水準を上回った。2021 年に飛来したコナガ個体群に対して，ジアミド系薬剤は一定の防除効果を示した一方で，ジアミド系薬剤無使用区においては生育期前半に使用した複数の薬剤の防除効果が劣った（下間，未発表）ことから，コナガによる被害が進展したと考えられた。その他の処理区ではいずれの作型においてもチョウ目害虫による被害は許容水準以下となった。

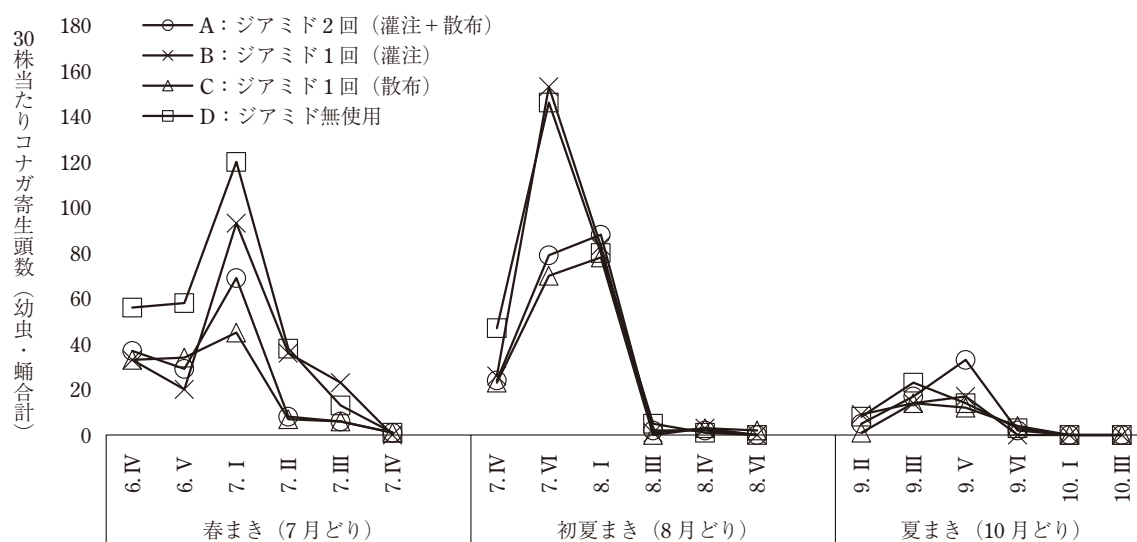


図-4 各処理区におけるコナガ幼虫および蛹の寄生密度

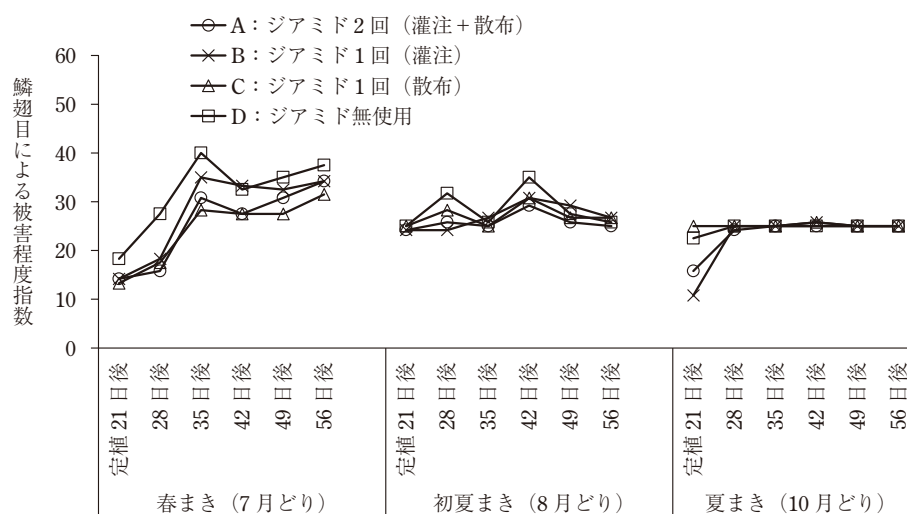


図-5 各処理区における鱗翅目害虫による被害程度指数の推移

2 コナガのジアミド系薬剤感受性低下リスク

(1) コナガ発生世代ごとのジアミド使用回数の推定
積算温度から推定したコナガの世代ごとのジアミド系薬剤使用回数を推定した。

春まき作型の定植日に各処理区にフェロモントラップ1基を処理区の端に設置し、以降は各作型の定植日に新たに定植した作型の端へ移動させた。コナガの発生世代は、発育零点を7℃、有効積算温度を310日度として推定した(北海道農政部, 1987)。

各処理区におけるフェロモントラップによるコナガの雄成虫誘殺数および有効積算温度により推定した発生世代を図-6に示した。誘殺数のピークは有効積算温度により推定した発生世代の切り代わりとおおむね一致した。有効積算温度から推定した世代を表-4に示した薬剤の使用履歴に当てはめると、ジアミド系薬剤を1作型に定植時灌注および茎葉散布の2回使用した区(図中凡例:A:ジアミド2回(灌注+散布))の春まき作型では、飛来世代の発生期間にジアミド系薬剤を2回使用してい

た。一方、ジアミド系薬剤を1作型に定植時灌注または茎葉散布の1回に制限した区(図中凡例:B:ジアミド1回(灌注)またはC:ジアミド1回(散布))およびジアミド系薬剤を使用しない区(図中凡例:D:ジアミド無使用)ではジアミド系薬剤の使用回数は、1世代に0回から1回であった。

(2) 抵抗性遺伝子頻度を増加させないジアミド系薬剤の使用法の検討

フェロモントラップによって採集した雄成虫について個体ごとのジアミド系薬剤抵抗性遺伝子接合型の区別を行い、コナガの発生世代ごとに抵抗性遺伝子頻度を求めた。抵抗性遺伝子頻度の推定は2.春季飛来個体群のジアミド系薬剤抵抗性遺伝子頻度と同様の方法によった。

図-7に各散布体系における抵抗性遺伝子頻度の推移を示した。ジアミド2回(灌注+散布)区(飛来世代における世代内ジアミド使用回数2回)では、第2世代で抵抗性遺伝子頻度が急激に増加、表-1に示されたりスクレレベル3(40%以上)に達し、第3世代以降もリスク

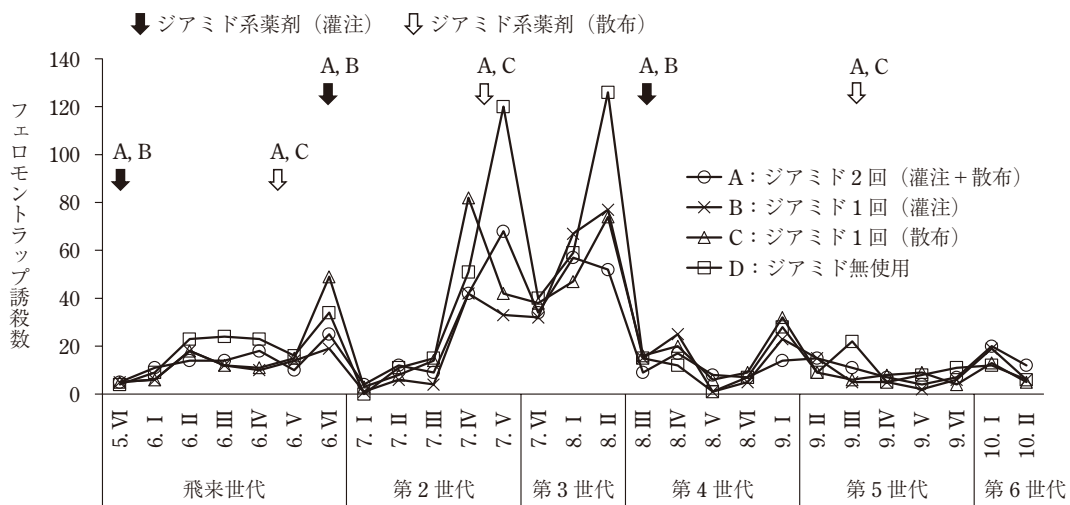


図-6 有効積算温度により推定した発生世代および各処理区のコナガ誘殺数、ジアミド系薬剤の使用時期

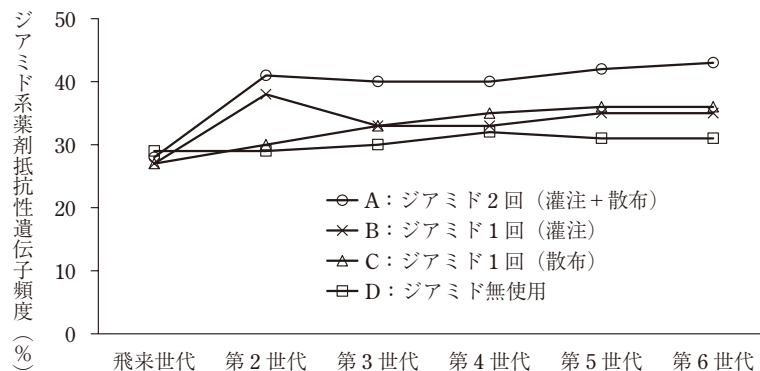


図-7 有効積算温度による推定した発生世代ごとの各処理区におけるジアミド系薬剤抵抗性遺伝子頻度の推移

レベル2以下(40%未満)に低下することはなかった。これに対し、ジアミド1回(灌漑または散布)区(全世代を通して世代内ジアミド使用回数0回から1回)およびジアミド無使用区では、リスクレベル2で推移した。ジアミド2回(灌漑+散布)区では、抵抗性遺伝子頻度が飛来世代ではリスクレベル2であったが、第2世代ではリスクレベル3に達した。以上から、1世代にジアミド系薬剤による淘汰が2回以上となる場合に抵抗性遺伝子頻度がリスクレベル3に達する可能性が高いと考えられた。抵抗性遺伝子頻度をリスクレベル2の水準に維持するためには、世代内の淘汰回数を0回から1回にとどめることが必要であると考えられた。

おわりに

北海道では冬季の気象条件から近年においてもコナガの露地越冬は困難であり、春季に飛来する個体群の抵抗性遺伝子頻度から同個体群の防除にジアミド系薬剤を使用可能であると考えられた。また、圃場試験の結果から、ジアミド系薬剤の使用回数をコナガの1世代に1回以内に制限することで感受性低下のリスクを管理可能であると考えられた。ジアミド系薬剤の使用により圃場内の抵抗性遺伝子頻度が高まるものの、他系統薬剤の使用によって抵抗性遺伝子を保有する個体が減少することに加え、圃場外から飛来する個体群の感受性遺伝子の流入により希釈されるためと考えられた。したがって、ジアミド系薬剤を適正な間隔で使用することに加え、多くの系統の薬剤によるローテーション防除の体系を組むことが重要と考えられた。また、周辺圃場においてジアミド系薬剤の使用頻度が高く、その結果抵抗性遺伝子頻度が高まった個体群が飛来する可能性がある場合は本稿で紹介した技術によって感受性低下のリスクを管理することは困難であり、本技術について地域全体で取り組む必要が

あると考えられた。なお、本稿ではジアミド系薬剤の使用および制限によるリスク評価について2021年の試験結果を代表として紹介したが、筆者らは2020年および2022年にも圃場試験で同様の結果を得ており、ジアミド系薬剤を適切な間隔で使用することで実用的な防除効果を維持可能であるとして、北海道におけるジアミド系薬剤感受性低下コナガに対応した防除対策を提案したところである(北海道農政部, 2023)。本研究ではアブラナ科作物の一例としてキャベツを用いたが、コナガを防除対象とする他のアブラナ科作物にも応用可能な技術であると考えられる。また、コナガの世代時間については有効積算気温から推定可能であり、地域や季節に応じてジアミド系薬剤の適正な使用間隔の目安を容易に設定することができる。本稿がコナガの非越冬地域となる寒冷地域におけるコナガの抵抗性管理と防除対策を考える一助となれば幸いである。

引用文献

- 1) GOODWIN, S. and W. DANTHANARAYANA (1984): *Australian Journal of Entomology* **23** (3): 235~240.
- 2) 北海道農政部 (1987): 昭和62年普及奨励ならびに指導参考事項: 83~88.
- 3) ——— (2015): 平成27年農作物有害動植物発生予察事業年報: 133.
- 4) ——— (2023): 令和5年普及奨励ならびに指導参考事項: 103~104.
- 5) 本多健一郎・宮原義雄 (1987): 北日本病害虫研究会報 **38**: 133~134.
- 6) 梶野洋一 (1993): 北日本病害虫研究会報 **44**: 132~134.
- 7) 農研機構 (2018): 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案: 45~53.
- 8) 大野宏之ら (2016): 生物と気象 **16**: 71~79.
- 9) 植松秀男・好川勝也 (2002): 日本応用動物昆虫学会誌 **46**(2): 81~87.
- 10) 上杉龍士・深谷 緑 (2018): 昆虫と自然 **53**: 32~35.
- 11) WANG, X. L. and Y. D. WU (2012): *Journal of Economic Entomology* **105**: 1019~1023.

研究 報告

ブームスプレーヤの噴霧高さがタマネギにおける薬液付着とべと病の防除効果に及ぼす影響

佐賀県農業試験研究センター 井 手 洋 一

はじめに

佐賀県では、タマネギの大規模栽培が進む中、防除機械としてブームスプレーヤが広く導入され、タマネギ栽培の省力化に大きく貢献している。大型機械を用いた薬剤散布技術に関して、落葉果樹ではスピードスプレーヤの走行法と防除効果の関係性が報告されている(江口ら, 2007; 井手・田代, 2007)。一方、ブームスプレーヤを用いた薬剤防除に関して、国内では、ドリフト特性に関するもの(和田ら, 1997)や、噴霧高さを一定に保つための技術に関する報告(水上ら, 2016 a; 2016 b; 佐藤ら, 1992; 1994)は多いが、散布方法と防除効果の関係性に関する知見は見当たらない。

実際に、筆者らが普及指導員やJA指導員が出席する栽培および防除指導関連の会議に参加した場合でも、散布量をどれくらいにすればよいかという議論はなされるが、薬液の散布技術に関する議論はほとんど行われていない状況であった。

そこで筆者らは、ブームスプレーヤを用いて、タマネギで薬剤散布を行う際の噴霧高さと薬液付着や、べと病に対する防除効果との関係について調査を行った(井手・古田, 2023)ので、その概要を紹介する。

I ノズルから噴出される薬液の拡散状態

ブームスプレーヤから散布された薬液は、家庭用のシャワーや雨が降るときのように、ほぼ真下に直線的に落下すると思われがちであるが、実際には各ノズルから散布された薬液は円錐状に噴出している。

このことから、薬剤散布する際に噴射した薬液が、どの位置でも付着しているかを確かめるために、園芸用グリーンポールを15 cm 間隔(ノズル真下、ノズルとノズルの間)に立て、感水紙を高さ別(5 cm, 25 cm, 45 cm)に貼り付け、水を2秒間噴射させ、付着状況を調査した(図-1)。

その結果、ノズルの真下については、ノズル先端からの距離(高さ)にかかわらず、薬液付着が良好であった。しかし、ノズルとノズルの中間部については、ノズルを取り付けたバーに近い部分(5 cm)において、薬液がかからない死角の部分が生じた(図-1の点線部、付着データは図-2)。この死角にあたる部分では、無風状態において薬液の舞い上がりやドリフトはほとんど生じず、手をかざしてもほとんど濡れない状況であった(図-2)。

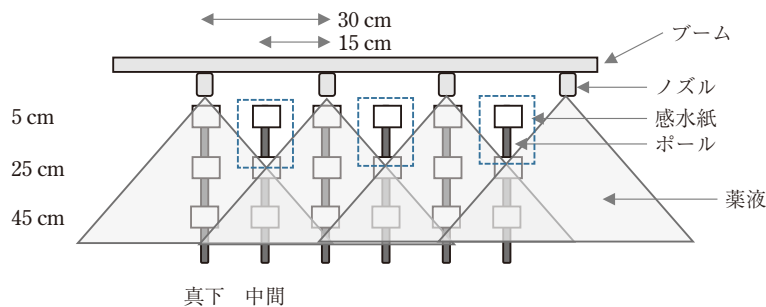


図-1 ノズルから噴出される薬液の拡散状態
ノズルから噴出される薬液の拡散に関する調査(模式図)

Effect of the Spray Height of the Boom Sprayer to the Chemical Adhesion and Control Efficacy of the Downy Mildew on Onion.

By Yoichi Ide

(キーワード: タマネギ, べと病, 薬剤散布技術, 防除)

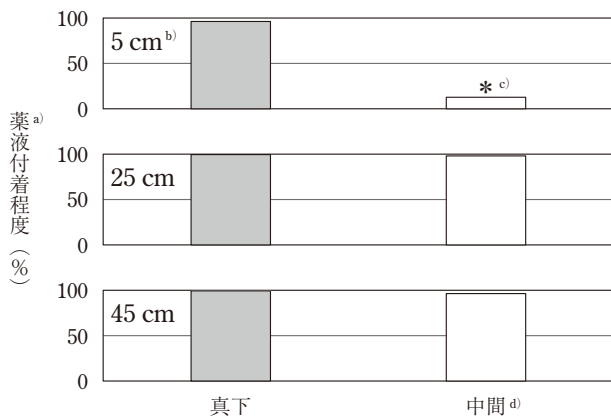


図-2 ブームスプレーヤのノズルの横位置とノズルからの垂直方向の距離が薬液付着に及ぼす影響

a) 薬液付着程度は約1.3 cm四方に細断した感水紙（スプレーイングシステム社）を用いて行った（各回の各高さにおいて3枚ずつを使用）。ブームスプレーヤを用いて水を散布した直後にすべての感水紙を回収し、台紙に貼り付けた直後にデジタルカメラで撮影。水滴の付着程度については画像解析ソフトの image-J（ABRAMOFF et al., 2004）を用いて白黒二値化（感水紙が散布した水で濡れ、青色に変色した部分を黒、濡れなかった黄色の部分を変換）した後、黒の部分の面積の割合を貼り付けた感水紙1枚ごとに計測して評価した。

b) 各グラフの左上の数値は、ノズルからの垂直距離を示す（図-1 参照）。

c) t 検定（ $n = 3$, 95%水準）によりノズル真下における付着と有意差があったことを示す。

d) 真下：ブームスプレーヤのノズルの真下に設置した感水紙、中間：ノズルとノズルの中間部に設置した感水紙を示す（図-1 参照）。

II タマネギ圃場における薬液付着とべと病に対する防除効果

このノズルとノズルの間に生じる死角の部分は、実際のタマネギ圃場においても薬液付着や防除効果に影響を及ぼした。

生育中期のタマネギ圃場において、ノズルの先端を葉先から 30 cm 上方に位置させて走行する試験区と、葉先付近に位置させて走行する試験区を設け、感水紙を用いて薬液付着調査を行った（水を散布）。散布量は試験に用いた機種（イセキ製 JKA21, 通称：愛さいか 21）の最大噴霧量である 200 l/10 a の設定で行った。その結果、地表面に近い葉身抽出部（基部）における薬液付着については噴霧高さの影響を受けず、良好であった（図-3B）。一方、葉身中央部の薬液付着は、ノズル先端部を葉先から 30 cm 程度上方に位置させて散布した場合は良好であったが、葉先付近に位置させて走行させた場合は、多くの付着むらが生じた（図-3A）。

また、べと病に対する防除効果試験においても、ノズル先端を葉先付近に位置させて走行する散布方法は、ノ

ズル先端を葉先の 30 cm 上方に位置させて走行する散布方法に比べて劣る結果となった（表-1）。

III 噴霧高さが影響する理由

I の項で述べたように、ブームスプレーヤから噴出された薬液は円錐状に噴射される。噴霧された薬液はノズル先端 20~30 cm 下方で、隣のノズルから散布された薬液と交わり、この交点より下の位置に感水紙や植物体が位置すると、左右両方向から薬液が付着するため、良好な薬液付着と高い防除効果が得られる。しかし、この交点よりも上方の図-1 の死角の部分に位置した場合、薬液付着は不十分となり、良好な防除効果も得られない。

佐藤ら（1991）は、今井（1964）や田中（1971）の報告を引用し、作物に対する農薬の付着率は、噴霧高さが作物の上端部から 30 cm 付近で最もよいこと、農薬を均一に散布するためには、噴霧された薬液の適切なオーバーラップ（隣接したノズルから散布した薬液の重なり）が必要で、適切な噴霧高さで防除することが重要であると述べている。また、RANSOM et al.（1996）は、タマネギ病害防除の総説書において、ノズルを植物体に近づけすぎると、散布むらを生じ、薬液がかからない部分だけ病気が多くなる stripe zone（薬液がかからないまま、等間隔で直進するため縞状になる）が生じることを報告している。ほかにも海外では、各ノズルから噴霧された薬液のオーバーラップが、殺菌殺虫剤や除草剤の均一散布を図るうえで重要であることが示されている（SUMNER, 2012 ; PRAVEEN and SHRIVASTAVA, 2020）。

筆者らが実施した薬液付着試験、防除効果試験の結果は、これらの見解と一致しており、タマネギべと病防除においても、佐藤ら（1991）が記述した噴霧高さを葉先から 30 cm 程度に位置付けることの重要性を再確認できた。

IV その他の知見

筆者らが日植病報において報告した（井手・古田, 2023）上記の内容のほかに実施した試験結果について、いくつか紹介したい。

1 散布量を少なくした場合の薬液付着

前述の薬液付着試験や防除効果試験の結果は、散布量 200 l/10 a の設定で散布した場合の一連の成績である。ところが、産地では一部農家の間で少量散布も行われている。そこで、ブームスプレーヤによる散布量を 100 l/10 a で設定した場合の試験区を設け、薬液付着に関する追試を行った。前述の 200 l/10 a 散布で実施した場合に薬液付着が劣ったのは、葉身の中央部付近であったが、

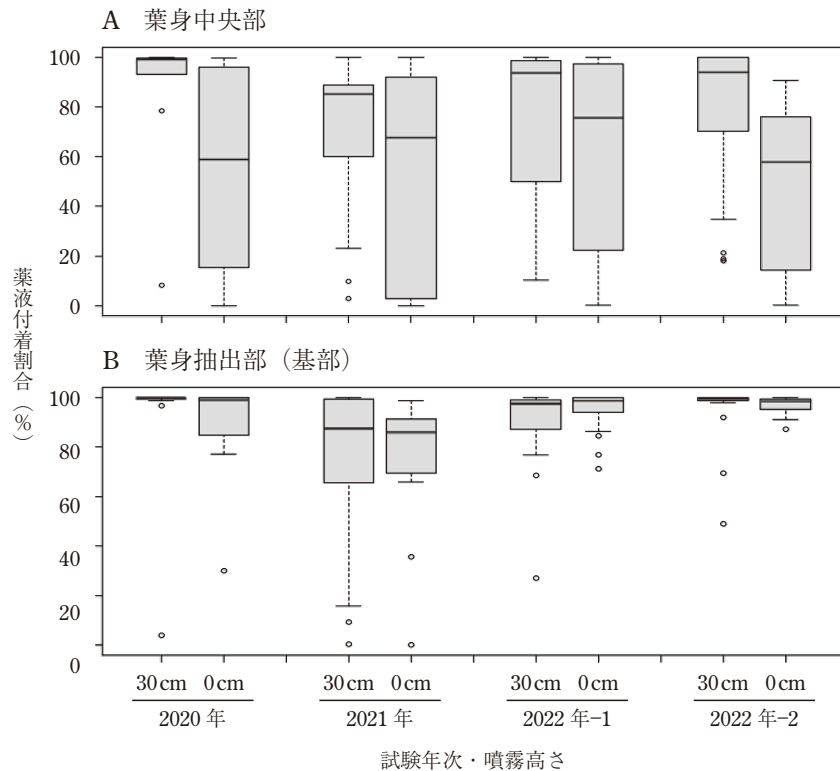


図-3 タマネギ生育中期におけるブームスプレーヤ散布時の噴霧高さが薬液付着に及ぼす影響 (箱ひげ図)

注1) 上記の箱ひげ図は、中央値、4分位および外れ値に基づく要約図であることを示す。箱は4分位数間の範囲であり、箱にはデータの値の50%が含まれる。箱から出る線(ひげ)は、箱の上端または下端から1.5倍までの距離にあるデータ、白丸(○)は外れ値(箱の上端または下端から1.5倍よりも大きい値)を示す。

注2) 供試品種は2022年試験が11月下旬移植の‘七宝早生’、2021～22年試験は12月上旬移植の‘ターザン’を用いた。

表-1 ブームスプレーヤの噴霧高さがタマネギべと病に対する防除効果におよぼす影響^{a)}

ノズルバー の高さ	発病割合 (%) ^{b)}					
	2020 年			2022 年		
	4月28日	5月6日	防除価 ^{c)}	4月28日	5月6日	防除価
葉先の30 cm 上方	7.5 a	13.1 c	67	0.5 b	3.3 c	89
葉先付近 (0 cm)	6.4 a	21.8 b	46	3.0 a	6.7 b	77
無散布	8.7 a	40.2 a		3.0 a	29.3 a	

^{a)} いずれの試験においてもマンゼブ水和剤 400 倍 (商品名: ジマンダイセン水和剤) を用いて防除試験を実施した。2020 年試験では4月3日および21日の計2回、2022 年試験では4月8日、18日、27日の計3回散布した。2020 年試験では展着剤としてまくびか 3,000 倍、2022 年試験ではミックスパワー 3,000 倍を加用した。供試品種はいずれも11月下旬移植の‘ターザン’である。

^{b)} 異なる英字間には Fisher の正確検定 (Holm 法により補正) により有意差が認められることを示す (95%水準)。

^{c)} 防除価 = (無散布区の発病割合 - 各試験区の発病割合) / 無散布区の発病割合 × 100。

100 l/10 a 散布を行うと、べと病の感染が最も起こりやすいとされる葉身抽出部付近 (田代ら, 2019) の薬液も著しく劣った。試験を実施した機種は、散布圧力を低下させることで散布量を減少させる。葉身の基部にあたる葉身抽出部付近まで薬液が十分に到達しなかったのは、散布圧力が低下したことで、薬液の到着距離が短くなっ

たためと思われる (表-2)。

2 茎葉が途中から折れ曲がった場合の薬液付着

タマネギは収穫が近くなると茎葉が折れ曲がることから、生育後期の薬液付着を検討した。葉が直立している生育中期は葉先の30 cm 上方から散布したほうが薬液付着は良好であったが、多くの葉が途中から折れ曲がっ

表-2 ブームスプレーヤで散布した場合のタマネギにおける薬液付着の評価^{a, b, c)}
(噴霧高さと散布量の影響)

散布時の ノズルの高さ	散布量 (l/10 a)	付着程度 7 以上 ^{d)} の割合 (%)		付着度 ^{e)}	
		葉身中央	葉身抽出部	葉身中央	葉身抽出部
(高) 葉先の 約 30 cm 上方	200	78	97	7.6	9.1
(低) 葉先付近	200	<u>45</u>	89	<u>5.1</u>	8.5
(高) 葉先の 約 30 cm 上方	100	<u>67</u>	<u>45</u>	6.6	<u>6.2</u>
(低) 葉先付近	100	<u>40</u>	<u>69</u>	<u>5.1</u>	7.5

^{a)} 散布には水を用いており、感水紙（スプレーイングシステム社）を用いて評価した付着程度を 10 段階に分けて評価し（井手・田代，2007），付着程度 7 以上の割合（%）と，付着度を下記の式で算出した。

付着程度 7 以上の割合（%）＝付着程度 7 以上の感水紙の枚数／調査した感水紙の枚数 × 100。

付着度＝Σ（付着程度）／（10 × 調査した感水紙の枚数） × 100。

^{b)} 試験結果は，2023 年 5 月 2 日（葉は直立）に行った 3 回の試験結果の平均値を示す。

^{c)} 供試品種は 11 月下旬移植の‘ターザン’である。

^{d)} 付着程度 7 以上の割合については，70%未満の値に下線を記した。

^{e)} 付着度については，6.5 未満の値に下線を記した。

表-3 ブームスプレーヤで散布した場合のタマネギにおける薬液付着の評価^{a)}（生育ステージの影響）

散布時の ノズルの高さ	散布時期ごとの薬液付着 付着程度 7 以上の割合 (%)					
	七宝早生 生育中期 (茎葉がほぼ直立) 2020 年・3 月下旬		ターザン 生育中期 (茎葉がほぼ直立) 2021 年・4 月上旬		ターザン 生育後期 (多くの茎葉が中折れ) 2020 年・5 月上旬	
	葉身 中央	葉身 分岐部	葉身 中央	葉身 分岐部	葉身 中央	葉身 分岐部
(高) 葉先の 約 30 cm 上方	92	83	75	96	<u>55</u>	<u>55</u>
(低) 葉先付近	<u>50</u>	75	<u>50</u>	88	75	67

^{a)} 薬液付着の評価方法については表-2 に同じ。本表では付着程度 7 以上の割合のみを示した。

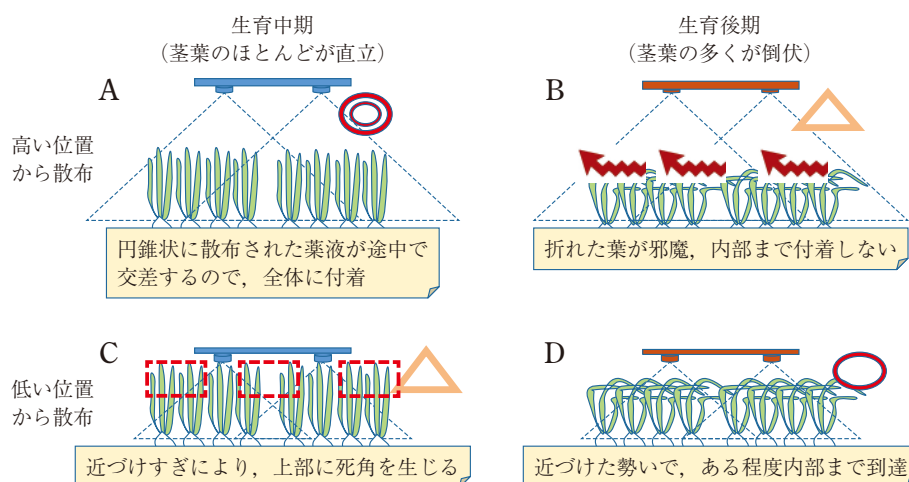


図-4 模式図

た生育後期になると、葉先付近から散布したほうが良好な結果が得られた（表-3）。

これは折れ曲がった茎葉が群落内部への到達を妨げているためで、群落までの距離が遠い葉先 30 cm からの散布は勢いが遮断されたためと思われる。一方、葉先付近からの散布については、折れ曲がった葉の影響により薬液が様々な方向に飛び散ることから、生育中期の散布で見られたノズルとノズルの間に生じる死角の問題は和らぐとともに、ノズルを群落に近づけることで強制的に群落内に薬液を到達できているものと思われる。

生育後期の茎葉の多くが折れ曲がった時期になると、べと病の感染リスクは低下するが、ネギアザミウマや貯蔵腐敗関係の病害の防除が行われるので、留意する必要がある。この試験結果をもとに、図-4 の模式図を用い、生育ステージに応じてノズルの高さを変えることを推奨している。

以上のように、ブームスプレーヤについては、散布された薬液が円錐状に散布されるため、植物体が個々のノズルから散布された薬液の交点よりも下に位置するようにして散布することが原則である。このことは農業機械の分野では常識的な見解として取り扱われているが、病害虫防除指導においてはほとんど取り上げられてこなかったことから、今後、防除指導等の際に留意いただければ幸いである。

今回の試験では 30 cm 程度の高さと良好な結果が得られたが、取り付けのノズルの噴射角度や、散布圧力によって適切な噴霧高さ（個々のノズルから散布された薬液が交わる高さ）は異なる。このため、実際の使用前に

は、どの程度の高さとで噴霧された薬液が交わっているのか、植物体に十分に薬液が付着しているかをあらかじめ確かめたくて防除作業を実施していただきたい。

なお、今回の防除試験では、近年の研究においてタマネギべと病に対して高い効果を示すことが明らかとなったマンゼブ剤（菖蒲・渡邊，2018）を用いている。本剤は保護殺菌剤であるため、浸透移行性は期待できない。一方、現場では本病の二次感染期防除期（3～4 月）にはメトラキシルや CAA 系統など浸透移行性のある殺菌剤も使用される場合があることから、これら浸透移行性のある殺菌剤を使用した場合においても噴霧高さが防除効果に影響を及ぼすかどうかの検証が必要である。

引用文献

- 1) ABRAMOFF, M. D. et al. (2004): Biophotonics Int. 11: 36～42.
- 2) 江口直樹ら (2007): 関東東山病虫研報 54: 65～69.
- 3) 井手洋一・田代暢哉 (2007): 日植病報 73: 289～294.
- 4) ———・古田明子 (2023): 同上 89: 1～8.
- 5) 今井正信 (1964): 最新防除機, 新農林社.
- 6) 水上智道ら (2016 a): 農業食料工学会誌 78: 54～63.
- 7) ———ら (2016 b): 農作業研究 51: 143～153.
- 8) PRAVEEN, K. and A. K. SHRIVASTAVA (2020): J. Appl. Sci. Eng. 39: 14～20.
- 9) RANSOM, L. et al. (1996): HRDC, <https://ausveg.com.au/app/data/technical-insights/docs/VG203.pdf> (2022 年 10 月 1 日アクセス確認)
- 10) 佐藤禎稔ら (1991): 帯大研報 1 17: 289～297.
- 11) ———ら (1992): 農業機械学会誌 54: 31～39.
- 12) ———ら (1994): 同上 56: 59～67.
- 13) SUMNER, P. E. (2012): UGA Cooperative Extension 1158: 1～5.
- 14) 菖蒲信一郎・渡邊幸子 (2018): 日植病報 84: 67～68 (講要).
- 15) 田中彰一 (1971): 農薬要論, 養賢堂.
- 16) 田代暢哉ら (2019): 日植病報 85: 233 (講要).
- 17) 和田 豊ら (1997): 関東東山病虫研報 44: 315～317.



わが国で薬剤抵抗性が発達した農業害虫一覧

元和歌山県農業試験場 ^{もり}森 ^{した}下 ^{まさ}正 ^{ひこ}彦

はじめに

害虫に対する薬剤防除は効率的であるが、薬剤抵抗性の発達には避けられない課題である。薬剤抵抗性を発達させた害虫数は、第二次世界大戦後に化学農薬の普及とともに急激に増加し、2018年には世界で603種に達した（SPARKS et al., 2020）。わが国では、ナミハダニやミナミキイロアザミウマ、コナガなどが高度に薬剤抵抗性を発達させた害虫として知られ、抵抗性発達の実態がよく調べられているが、薬剤抵抗性研究を進めるうえで、そのような害虫にとどまらず、これまで多少とも薬剤抵抗性を発達させてきた種も含めて、抵抗性発達の状況を概観することが重要である。

わが国では、これまで、岩田（1970）、浅川（1975）と浜（1992；1996）が薬剤抵抗性害虫の一覧表を作成しており、それ以降に抵抗性を発達させた種も含めて、一覧表（表-1）としてまとめた。また、種ごとにどのような系統の薬剤に対して抵抗性が発達したかも併せて示した。

I 過去にまとめられた一覧表

1 岩田（1970）

戦後の薬剤抵抗性発達事例をまとめて、ツマグロヨコバイなど16種が記録された（表-1）。土壌害虫であるタネバエ、タマネギバエ、キスジノミムシは、現在、抵抗性害虫という認識は薄いですが、当時はアルドリノ、ヘプタクロールなど有機塩素系土壌処理剤に対して抵抗性発達を示した。

2 浅川（1975）

これは、昭和40～49年の間に生じた「殺虫剤抵抗性と思われる事例」について、昭和49年に各県にアンケート調査を行った結果をまとめたものである。抵抗性を報告した県数、感受性検定の有無、抵抗性が生じた薬剤名などの記載とともに31種が記録された。

3 浜（1992）と浜（1996）

当時使用を中止されたDDTやBHCなどの薬剤に対する抵抗性害虫は除外された。一方、1980年代以降、国際貿易や人的移動の増大によって海外からの侵入害虫が増加し、侵入後に国内で薬剤抵抗性が発達したミナミキイロアザミウマなど5種が追加され、浜（1996）では42種が記載された。

II 1996年以降に抵抗性発達が確認された害虫

1 ネギアザミウマ

従来からわが国で発生していた産雌単為生殖系統では、2000年以降にピレスロイド系薬剤に対する抵抗性発達事例が見られた（MORISHITA, 2008；松田, 2010）。一方、産雄単為生殖系統は海外からの侵入と考えられ、2005年ごろから全国に分布が拡大した（TODA and MURAI, 2007）。産雄単為生殖系統はすべてピレスロイド系薬剤に抵抗性を示すことから（相澤, 2018）、侵入当時からピレスロイド抵抗性であった可能性が高い。また産雌単為生殖系統よりも殺虫剤感受性が低い傾向を示し（十川ら, 2013）、三重県では産雄単為生殖系統が80%以上を占める地域個体群間で、ダイアジノン水和剤とトルフェンピラド乳剤の死亡率が高い個体群と非常に低い個体群が混在することから（笹山ら, 2020）、それらの剤に対しても感受性低下の可能性が高い。

2 ヒラズハナアザミウマ

茨城県のイチゴハウスで発生した個体群は、シロツメクサから採集された個体群に比べて、アセタミプリド水溶剤とスピネトラム水和剤の感受性が低かった（横山ら, 2015）。本種は、野外では多くの野生植物で増殖するが、栽培ハウス内の個体群はハウス外個体群との交雑頻度が減少することによって抵抗性が発達したと考えられる。ハウス栽培でのみ薬剤抵抗性が発達した事例は、ミカンキイロアザミウマでも認められている（BRODSGAARD, 1994）。

3 コバネイナゴ

1982年に新潟県の牧場で発生した個体群に対して、MEP剤は十分な防除効果が認められていたが（小池ら,

List of Agricultural Arthropod Pests Developing Pesticide-resistance in Japan. By Masahiko MORISHITA

（キーワード：薬剤抵抗性、作用機構分類、周年栽培、野生寄生、感受性個体）

表-1 薬剤抵抗性農業害虫一覧 (○は記載を示す)

目名	種名	岩田 (1970)	浅川 (1975)	浜 (1992)	浜 (1996)	1996 年以降
ダニ目	ナミハダニ	○ ¹⁾	○ ¹⁾	○ ¹⁾	○ ¹⁾	
	カンザワハダニ	○	○	○	○	
	ミカンハダニ	○	○	○	○	
	クワオオハダニ				○	
	リングハダニ	○	○	○	○	
	オウトウハダニ	○		○	○	
	ミカンサビダニ		○	○	○	
	ロビンネダニ			○	○	
アザミウマ目	ミナミキイロアザミウマ			○	○	
	ネギアザミウマ					○
	ミカンキイロアザミウマ				○	
	ヒラズハナアザミウマ					○
	チャノキイロアザミウマ		○	○	○	
バッタ目	コバネイナゴ					○
カメムシ目	ツマグロヨコバイ	○	○	○	○	
	イナズマヨコバイ			○	○	
	チャノミドリヒメヨコバイ		○	○	○	
	トビイロウンカ		○	○	○	
	セジロウンカ			○	○	
	ヒメトビウンカ	○	○	○	○	
	ワタアブラムシ		○	○	○	
	ユキヤナギアブラムシ		○			
	モモアカアブラムシ	○	○	○	○	
	ウメコブアブラムシ		○			
	ニセダイコンアブラムシ		○	○		
	コミカンアブラムシ		○		○	
	リングミドリアブラムシ			○	○	
	ミカントゲコナジラミ					○
	チュウゴクナシキジラミ					○
	タバココナジラミ			○ ²⁾	○ ²⁾	
	オンシツコナジラミ			○	○	
	クワコナカイガラムシ			○	○	
	クワシロカイガラムシ			○	○	
	ウメシロカイガラムシ					○
	ヤノネカイガラムシ					○
	アカヒゲホソミドリカスミカメ					○
コウチュウ目	イネドロオイムシ	○	○	○	○	
	キスジノミハムシ	○	○			
	ウリハムシ		○			
	オキナワカンシャクシコメツキ		○ ³⁾			
ハエ目	マメハモグリバエ			○	○	
	イネハモグリバエ	○	○			
	タマネギバエ	○				
	タネバエ	○	○			
チョウ目	チャノコカクモンハマキ			○	○	
	リングコカクモンハマキ		○ ⁴⁾	○	○	
	チャハマキ			○	○	
	ミダレカクモンハマキ			○	○	
	リングモンハマキ			○	○	
	マメシンクイガ					○
	チャノホソガ		○	○	○	
	キンモンホソガ		○	○	○	
	モモハモグリガ		○			
	ギンモンハモグリガ			○	○	
	ミカンハモグリガ			○	○	
	コナガ	○	○	○	○	
	ニカメイガ	○	○	○	○	
	モンシロチョウ	○	○		○	
	ハスモンヨトウ		○	○	○	
	シロイチモジヨトウ			○	○	
	ヨトウガ		○			
	オオタバコガ				○	

¹⁾ ニセナミハダニは、現在はナミハダニ赤色型とされているため、ナミハダニに含めた。

²⁾ シルバーリーフコナジラミは、現在はタバココナジラミ B 系統とされている。

³⁾ カンシャクシコメツキは、現在はオキナワカンシャクシコメツキとして分類されている。

⁴⁾ コカクモンハマキはリングで発生したとされるため、リングコカクモンハマキとして記載した。

1983), 1994年に愛知県で, 1998年に秋田県でそれぞれ実施された虫体浸漬法では殺虫効果が低かった(伊藤・市川, 1995; 昆野, 1999)。

4 ミカントゲコナジラミ

本種の防除には, 有機リン系薬剤が長らく有効であったが, 1987年に愛媛県と高知県でアセフェート水和剤, ジメトエート乳剤の防除効果が低下したことが報告された(窪田, 1998)。

5 チュウゴクナシキジラミ

本種は, 原産地は中国で, 2011年に佐賀県で初確認されたナシの侵入害虫である。侵入当初にはネオニコチノイド系薬剤の殺虫効果は高かったが(井手・口木, 2012), 2018年に感受性低下が確認された(岩本, 2019)。

6 ウメシロカイガラムシ

山梨県では, 1997年からブプロフェジン水和剤を防除剤に採用したが, 2015年に感受性低下が判明した(内田ら, 2021)。

7 ヤノネカイガラムシ

和歌山県では, 1993年以降にブプロフェジン水和剤が本種に対する主要薬剤として使用されたが, 2000年にその感受性低下が確認された(大橋・中, 2001)。

8 アカヒゲホソミドリカスミカメ

新潟県でMEP剤とネオニコチノイド系薬剤に対する抵抗性が確認され(石本, 2004; 石本・岩田, 2021), 斑点米カメムシ類の中で, 唯一本種のみが薬剤抵抗性を発達させている。他種に比べて移動性が低いことが報告されており(樋口, 2010), そのことが要因の一つと推察されるが, 詳細は明らかでない。

9 マメシンクイガ

鳥取県では, 2015年ごろから本種の防除にジアミド系薬剤が使用され始めたが, 2020年には同系統剤に対する感受性が低下した(吉村ら, 2021)。また, ピレスロイド系薬剤に対しても感受性低下の傾向が認められ, カメムシ類対象に散布された影響の可能性が指摘された(吉村ら, 2021)。

III 抵抗性が発達した殺虫剤の特徴

各害虫について, 抵抗性が発達した系統(IRAC作用機構分類)と根拠とした文献を表-2に示した。「感受性低下」「抵抗性発達」といった記述がある論文や殺虫効果が経年や地域で大きく異なる結果が得られた論文が存在する場合に「抵抗性発達」と判断した。

有機リン系薬剤が多くの害虫に対して抵抗性発達していることが目立つ。わが国では, 有機リン系薬剤が1960年代から使われ始めて, 使用期間が長くかつ使用量も多

かった(疋田, 1984; 上山, 2013)。当時は他系統の薬剤が少なかったこともあり, 連用された結果, 例えばリンゴでは, 1970年代にモモシンクイガを対象とした防除で有機リン系薬剤が連用されることで, リンゴモンハマキ, ミダレカクモンハマキ, キンモンホソガなどが有機リン系薬剤に対する抵抗性を発達させたとされる(奥, 1998)。したがって, 同系統の薬剤連用が抵抗性発達の要因であり, 有機リン系薬剤そのものが薬剤抵抗性を発達させやすい性質があると理解すべきでない。

このほか, カーバメート系薬剤やピレスロイド系薬剤も長く使用されてきたため, 有機リン系薬剤に次いで抵抗性発達事例が多く, また1990年代以降に使用され始めたネオニコチノイド系薬剤, ジアミド系薬剤でも抵抗性発達事例が増えている。

抵抗性発達抑制のために, IRACコードに基づいたローテーション使用が推奨されている(SPARKS and NAUEN, 2015)。使用できる系統数が少なかった1960~80年代に比べ, 最近は系統数が増えたことで, 結果的にローテーション散布の環境が整ってきたといえる。

IV 薬剤抵抗性発達の要因

薬剤抵抗性発達には, 害虫の年間世代数や抵抗性遺伝子の頻度など多くの要因が関与するとされるが(FAO, 2012), 薬剤淘汰を受ける個体群に対して, 感受性個体が高い比率で移入することが抵抗性発達を抑制する決定的な要因と考えられてきた(GEORGHIOU and TAYLOR, 1986; TABASHNIK, 1990)。逆に言えば, 感受性個体の移入が相対的に少ない状況では, 抵抗性個体と感受性個体との交雑によって抵抗性レベルを下げるができないために, 抵抗性が発達するといえる。

感受性個体の移入が少ない状況と抵抗性発達の関係を, 主な薬剤抵抗性害虫について下記のように解析した(MORISHITA, 2021)。

①チャノコカクモンハマキやチャノキイロアザミウマでは, カキなどの落葉果樹に発生する個体群では抵抗性発達は認められていないのに対して, 茶園の個体群は抵抗性が発達している。落葉果樹では, 秋期の落葉によって生息場所からの移動を余儀なくされた結果, 果樹園外の個体群との交雑頻度が高まるが, 常緑で大規模園地が連なる茶園では, 茶園以外の個体群との交雑頻度が低いと考えられる。

②ミカンキイロアザミウマは野外寄主でも増殖するので, ほとんどの地域では, わが国侵入後に上市された薬剤に対して抵抗性の発達は認められていないが, 周年栽培されるガーベラ等の施設栽培では, 施設内の個体群が野外個体群との交雑頻度が減少して抵抗性が発達する場合がある。

③ミナミキ

表-2 各害虫が抵抗性を示した薬剤の系統

目名	種名	IRAC 殺虫剤作用												
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	5	6	9	10A	10B	11
		カーバメート系	有機リン系	環状ジェン有機塩素系	フェニールピラゾール系	ピレスロイド系	DDT	ネオニコチノイド系	スピノシン系	アベルメクチン・ミルベマイシン系	ピリジン、アゾメチン誘導体	クロフェンテジン、ヘキシチアゾクス	エトキサゾール	生産殺虫タンパク質(BT)
ダニ目	ナミハダニ		48							46		46	46	
	カンザワハダニ		48									32	77	
	ミカンハダニ		75									75		
	クワオオハダニ											9		
	リンゴハダニ		18									41		
	オウトウハダニ		65											
	ミカンサビダニ													
アザミウマ目	ロビンネダニ		47											
	ミナミキイロアザミウマ	61	61			61		61	86					
	ネギアザミウマ	99	99			99		99	103	99	99			
	ミカンキイロアザミウマ								72	70				
	ヒラズハナアザミウマ							109						
バッタ目	チャノキイロアザミウマ	24	24			24		53						
	コバネイナゴ		44											
カメムシ目	ツマグロヨコバイ	35	35											
	イナズマヨコバイ		59											
	チャノミドリヒメヨコバイ	32	50					78						
	トビイロウンカ	19	19					56						
	セジロウンカ		20		56									
	ヒメトビウンカ	91	91		57			83						
	ワタアブラムシ	80	80			80		58						
	ユキヤナギアブラムシ		5											
	モモアカアブラムシ	60	16			60								
	ウメコブアブラムシ		5											
	ニセダイコンアブラムシ		5											
	コミカンアブラムシ		5											
	リングミドリアブラムシ		39											
	ミカントゲコナジラミ		45											
	チュウゴクナシキジラミ							34						
	タバココナジラミ							107	107					
	オンシツコナジラミ		21					71						
	クワコナカイガラムシ	36												
	クワシロカイガラムシ		76											
	ウメシロカイガラムシ													
	ヤノネカイガラムシ													
	アカヒゲホソミドリカスミカメ		28					30						
コウチュウ目	イネドロオイムシ	40	40		29									
	キスジノミハムシ			67										
	ウリハムシ		5											
	オキナワカンジャクシコメツキ		5	5										
ハエ目	マメハモグリバエ		81											
	イネハモグリバエ						5							
	タマネギバエ			82										
	タネバエ			82										
チョウ目	チャノコカクモンハマキ	88	52			52								
	リングコカクモンハマキ	5	10											
	チャハマキ	51	51											
	ミダレカクモンハマキ		89											
	リングモンハマキ	3, 4	4											
	マメシンクイガ					110								
	チャノホソガ	32	32											
	キンモンホソガ		5											
	モモハモグリガ		5											
	ギンモンハモグリガ		73											
	ミカンハモグリガ		108			74								
	コナガ	35	35			54								100
	ニカメイガ		101											
	モンシロチョウ	5	62				35							
	ハスモンヨトウ	96	96			17			33	33				
	シロイチモジヨトウ		97			26								
	ヨトウガ		5											
	オオタバコガ													7

(表中の数字は引用文献の番号を示す)

機構分類												その他	種名
12	13	14	15	16	18	19	20	21	23	25	28		
ミトコンドリア ATP 合成酵素阻害剤	ピロール	ネライストキシン類縁体	ベンゾイル尿素系	プロプロフェジン	ジアシルーヒドラジン系	アミトラズ	ミトコンドリア電子伝達系複合体 III 阻害剤	METI 剤	テトロン酸・テトラミン酸誘導体	ミトコンドリア電子伝達系複合体 II 阻害剤	ジアミド系		
48	46						46	46	95	43		ジコホル(48)	ナミハダニ
48	23							77				ジコホル(48)	カンザワハダニ
75						75		75				ジコホル(75)	ミカンハダニ
													クワオオハダニ
66							42	98		66			リンゴハダニ
													オウトウハダニ
												ジチオカーバメート系(79)	ミカンサビダニ
													ロビンネダニ
	86											ピリダリル(27)	ミナミキイロアザミウマ
	99	99										ピリダリル(103)	ネギアザミウマ
	70												ミカンキイロアザミウマ
	109												ヒラズハナアザミウマ
		24											チャノキイロアザミウマ
													コバネイナゴ
													ツマグロヨコバイ
													イナズマヨコバイ
		50		50									チャノミドリヒメヨコバイ
				87								BHC(35)	トビイロウンカ
													セジロウンカ
				83								BHC(35)	ヒメトビウンカ
													ワタアブラムシ
													ユキヤナギアブラムシ
													モモアカアブラムシ
													ウメコブアブラムシ
													ニセダイコンアブラムシ
													コミカンアブラムシ
													リンゴミドリアブラムシ
													ミカントゲコナジラミ
													チュウゴクナシキジラミ
													タバココナジラミ
													オンシツコナジラミ
													クワコナカイガラムシ
				76									クワシロカイガラムシ
				104									ウメシロカイガラムシ
				68									ヤノネカイガラムシ
													アカヒゲホソミドリカスミカメ
												BHC(35)	イネドロオイムシ
													キスジノミハムシ
													ウリハムシ
													オキナワカンシヤクシコメツキ
													マメハモグリバエ
												BHC(35)	イネハモグリバエ
													タマネギバエ
													タネバエ
			52		52						105		チャノコカクモンハマキ
													リンゴコカクモンハマキ
			51		51						38		チャハマキ
													ミダレカクモンハマキ
													リンゴモンハマキ
											110		マメシンクイガ
			37										チャノホソガ
													キンモンホソガ
													モモハモグリガ
													ギンモンハモグリガ
													ミカンハモグリガ
	22		1								22		コナガ
												BHC(35)	ニカメイガ
													モンシロチョウ
											33	ピリダリル(33)	ハスモンヨトウ
			26								69		シロイチモジヨトウ
													ヨトウガ
													オオタバコガ

イロアザミウマは露地越冬できず、冬期に栽培ハウスで薬剤淘汰を受けながら越冬した個体群のみが翌年の発生源となるために、抵抗性発達が著しい。④ナミハダニは、イチゴやキクなど栄養繁殖作物で抵抗性発達が問題となるが、そのような栄養繁殖作物でのみ発生を継続することが著しく抵抗性を発達させた要因と考えられる。⑤シロイチモジヨトウは、ネギなど寄主作物が継続的に周年栽培される地域において発生が多く、そのような環境で薬剤抵抗性発達が確認されている。

害虫は、寄主植物での増殖と寄主植物間の移動・分散を繰り返しながら発生を継続している。栽培植物は多少とも薬剤散布されるため、感受性個体が産出される保護区（鈴木，2012）は、実質的には野生寄主植物に限られる。したがって、前述したように個々の害虫の発生経過を具体的にたどると、薬剤散布による淘汰圧が高く、かつ保護区である野生寄主植物からの感受性個体の移入が制限されている栽培環境で抵抗性を発達させていることがわかる。薬剤抵抗性発達は、感受性個体の移入を含めた害虫の移動・分散および交雑といった生態的な要因に極めて密接に関連している。

おわりに

過去に作成された一覧表に1996年以降の9種を含めると、これまで薬剤抵抗性発達が確認された害虫は62種となった。栽培現場では、今後も様々な栽培品目で園芸団地の大規模化や連続・周年栽培の導入が予想される。これに伴い、ヒラズハナアザミウマやミカンキイロアザミウマで見られたようなハウス外からの感受性個体の移入が少ない環境下における抵抗性発達が、他の害虫でも起こる可能性があり、栽培環境の変化に留意する必要がある。さらに、トマトキバガやツマジロクサヨトウなど新たな害虫の侵入も続いており、その薬剤感受性の変動にも注視していきたい。

最後に、ミカン害虫およびリンゴモンハマキの薬剤抵抗性について、それぞれご教示いただいた元愛媛県果樹試験場・萩原洋晶博士、秋田県果樹試験場・舟山健博士にお礼申しあげる。

引用文献

- 1) 足立年一・山下賢一 (1994): 応動昆 38: 194~196.
- 2) 相澤美里 (2018): 香川農試研報 69: 1~30.
- 3) 秋田県果樹試験場 (1979): 寒冷地果樹に関する研究打合せ会議資料.
- 4) ——— (1980): 同上.
- 5) 浅川 勝 (1975): 植物防疫 29: 257~261.
- 6) BRODSGAARD, H. F. (1994): J. Econ. Entomol. 87: 1141~1146.
- 7) 遠藤正樹ら (2000): 関東病虫研報 47: 129~131.
- 8) FAO (2012): Guidelines on prevention and management of pesticide resistance, <http://www.fao.org/publications/card/fr/c/8dcf273c-c907-4e71-b5e5-208753a861de87/>
- 9) 藤本博明・平松高明 (1995): 日本ダニ学会誌 4: 103~111.
- 10) 舟山 健・高橋佑治 (1995): 応動昆 39: 81~83.
- 11) GEORGHIOU, G. P. and C. E. TAYLOR (1986): Factors influencing the evolution of resistance. In: Committee on strategies for the management of pesticide resistant pest populations (ed) Pesticide resistance. National Academy Press, Washington, D. C., p.157~169.
- 12) 浜 弘司 (1992): 害虫はなぜ農業に強くなるのか, 農文協, 189 pp.
- 13) ——— (1996): 研究ジャーナル 19(11): 25~31.
- 14) 樋口博也 (2010): 応動昆 54: 171~188.
- 15) 正田慶夫 (1984): 農作業研究 52: 32~38.
- 16) 広瀬拓也 (1991): 四国植防 26: 85~93.
- 17) ——— (1997): 植物防疫 51: 483~487.
- 18) 本間健平ら (1961): 応動昆 5: 225~229.
- 19) 細田昭男 (1983): 同上 27: 55~62.
- 20) ——— (1989): 同上 33: 193~197.
- 21) ——— (1997): 植物防疫 51: 286~289.
- 22) 福田 健・林川修二 (2014): 九病虫研会報 60: 75~78.
- 23) 福永晃士・石山正裕 (2001): 関西病虫研報 43: 17~18.
- 24) 市田孝博・工藤康博 (2001): 茶研報 92: 1~8.
- 25) 井手洋一・口本文孝 (2012): 九病虫研会報 58: 83~87.
- 26) 井口雅裕ら (2003): 関西病虫研報 45: 51~52.
- 27) 井村岳男ら (2013): 同上 55: 87~88.
- 28) 石本万寿広 (2004): 応動昆 48: 348~352.
- 29) ———ら (2004): 北陸病虫研報 53: 37~42.
- 30) ———・岩田大介 (2021): 植物防疫 75: 151~154.
- 31) 伊藤啓司・市川耕治 (1995): 愛知農総試研報 27: 101~104.
- 32) 伊藤善文 (1990): 植物防疫 44: 423~426.
- 33) 伊藤祐気・杖田浩二 (2022): 関西病虫研報 64: 137~140.
- 34) 岩本哲弥 (2019): 農林害虫防除研究会第24回大会講演要旨.
- 35) 岩田俊一 (1970): 植物防疫 24: 443~446.
- 36) 井澤宏毅 (1998): 同上 52: 237~240.
- 37) 上室 剛ら (2017): 応動昆 61: 99~107.
- 38) ——— (2021): 同上 65: 87~97.
- 39) 川嶋浩三 (1987): 北日本病虫研報 38: 171~174.
- 40) 城所 隆 (1997): 植物防疫 51: 80~85.
- 41) 木村桂子 (1999): 同上 53: 35~39.
- 42) 木村桂子ら (2005): 北日本病虫研報 56: 194~197.
- 43) 桐明紗織・柳田裕紹 (2015): 福岡農林総試研報 1: 4~6.
- 44) 昆野安彦 (1999): 北日本病虫研報 50: 145~146.
- 45) 窪田聖一 (1998): 植物防疫 52: 333~334.
- 46) 国本佳範 (2010): 奈良農総試研報 41: 23~28.
- 47) 桑原雅彦 (1986): 応動昆 30: 290~295.
- 48) ———ら (1983): 同上 27: 289~294.
- 49) 小池賢治ら (1983): 北陸病虫研報 31: 95~98.
- 50) 小杉由起夫 (1994): 静岡茶試研報 18: 47~51.
- 51) ——— (1998): 植物防疫 52: 48~50.
- 52) ——— (1999): 関東病虫研報 46: 123~126.
- 53) ———・芳賀 一 (2013): 関西病虫研報 55: 79~81.
- 54) 牧野 晋・堀切正俊 (1985): 九病虫研会報 31: 175~178.
- 55) 松田正利 (2010): 北日本病虫研報 61: 170~173.
- 56) 松村正哉 (2015): 植物防疫 69: 13~17.
- 57) ———・大塚 彰 (2009): 同上 63: 293~296.
- 58) MATSUURA, A. and M. NAKAMURA (2014): Appl. Entomol. Zool. 49: 535~540.
- 59) MIYATA, T. (1989): Pestic. Sci. 26: 261~269.
- 60) 森下正彦 (1991): 植物防疫 45: 109~112.
- 61) ——— (1997 a): 同上 51: 232~234.
- 62) ——— (1997 b): 同上 51: 445~446.
- 63) MORISHITA, M. (2008): Appl. Entomol. Zool. 43: 25~31.
- 64) ——— (2021): Ann. Rept. Kansai Pl. Prot. 63: 1~11.
- 65) 中垣至郎 (1967): 関東東山病虫研報 14: 108~109.
- 66) 中村 傑ら (2021): 北日本病虫研報 72: 141~144.

- 67) 能勢和夫 (1973): 芝草研究 **2**: 4~8.
- 68) 大橋弘和・中 一晃 (2001): 関西病虫研報 **43**: 41~42.
- 69) 岡本 崇 (2018): 同上 **60**: 149~151.
- 70) 岡崎真一郎ら (2007): 九病虫研会報 **53**: 66~70.
- 71) ———ら (2010): 同上 **56**: 83~87.
- 72) ———ら (2014): 同上 **60**: 79~83.
- 73) 奥 俊夫 (1998): リンゴ害虫の今昔, 日植防, 270 pp.
- 74) 大久保宣雄 (1993): 九病虫研会報 **39**: 131~133.
- 75) 大政義久 (1998): 植物防疫 **52**: 534~537.
- 76) 小澤朗人 (2010): 応動昆 **54**: 205~207.
- 77) ———・劉 主 (2006): 静岡茶試研報 **25**: 39~44.
- 78) ———ら (2009): 関東病虫研報 **56**: 107~109.
- 79) 渠 慎春ら (1997): 九病虫研会報 **43**: 125~129.
- 80) 西東 力 (1997): 植物防疫 **51**: 484~487.
- 81) ———ら (1994): 関東病虫研報 **41**: 243~244.
- 82) 桜井 清ら (1968): 北日本病虫研報特別 **8**: 128~136.
- 83) SANADA-MORIMURA, S. et al. (2011): Appl. Entomol. Zool. **46**: 65~73.
- 84) 笹山哲央ら (2020): 関西病虫研報 **62**: 161~163.
- 85) 関根崇行ら (2020): 北日本病虫研報 **71**: 149~156.
- 86) 柴尾 学ら (2007): 関西病虫研報 **49**: 85~86.
- 87) 清水信孝 (2015): 福岡農林総試研報 **1**: 1~3.
- 88) 白井 満 (1988): 関東病虫研報 **35**: 189~190.
- 89) 白崎将瑛 (1986): 東北農業研究 **38**: 53~60.
- 90) 十川和士ら (2013): 植物防疫 **67**: 666~671.
- 91) SONE, S. et al. (1995): J. Pesticide Sci. **20**: 541~543.
- 92) SPARKS, T. and R. NAUEN (2015): Pestic. Biochem. Physiol. **121**: 122~128.
- 93) ——— et al. (2020): ibid. **167**: 104587.
- 94) 鈴木芳人 (2012): 植物防疫 **66**: 380~384.
- 95) TABASHNIK, B. E. (1990): Modeling and Evaluation of Resistance Management Tactics. In: Roush, R. T. and B. E. Tabashnik (eds) Pesticide Resistance in Arthropods. Chapman and Hall, New York and London, p.153~182.
- 96) 高井幹夫 (1991 a): 四国植防 **26**: 67~76.
- 97) ——— (1991 b): 植物防疫 **45**: 239~241.
- 98) 高岩和史ら (1999): 北日本病虫研報 **50**: 212~215.
- 99) 武田光能 (2014): 植物防疫 **68**: 248~254.
- 100) 田中 寛・木村 裕 (1990): 応動昆 **35**: 253~155.
- 101) 田中福三郎ら (1982): 近畿中国農研 **64**: 60~65.
- 102) TODA, S. and T. MURAI (2007): Appl. Entomol. Zool. **42**: 309~316.
- 103) 富原工弥・田中雅也 (2022): 関西病虫研報 **64**: 147~150.
- 104) 内田一秀ら (2021): 応動昆 **65**: 45~56.
- 105) 内山 徹 (2017): 静岡農技研特別報告 **7**: 1~54.
- 106) 上山功夫 (2013): 農業出荷統計からみた日本の農業市場—2013—化学分析コンサルタント, 東京, 147 pp.
- 107) 浦 広幸・獄本弘之 (2008): 福岡農総試研報 **27**: 23~28.
- 108) 山本栄一 (1979): 九病虫研会報 **25**: 141~143.
- 109) 横山朋也ら (2015): 関東病虫研報 **62**: 138~140.
- 110) 吉村英翔ら (2021): 応動昆 **65**: 181~185.

発生予察情報・特殊報 (2023.8.1~2023.8.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち, 特殊報のみ紹介。発生作物: 発生病害虫 (発表都道府県) 発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://web1.jppn.ne.jp/>) でご確認下さい。

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ■ トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (岩手県: 初) 8/8 | ■ トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (福島県: 初) 8/22 |
| ■ スモモ: スモモミハバチ (佐賀県: 初) 8/10 | ■ ニホンナシ: ナシハモグリダニ (仮称) (熊本県: 初) 8/25 |
| ■ スモモ: クビアカツヤカミキリ (兵庫県: 初) 8/15 | ■ ツツジ類: ツツジメタマバエ (仮称, ハエ目タマバエ科) (三重県: 初) 8/31 |
| ■ トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (島根県: 初) 8/17 | |

研究 報告

茨城県におけるキク矮化ウイルス検定の 抵抗性育種と生産現場での活用

茨城県農業総合センター生物工学研究所

郷

ない

たける
武

はじめに

キク (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) は、全国各地で生産されており、国内の切り花類の中で出荷量・作付面積ともに第1位(2022年)の重要品目である。茨城県では、特に小ギクの生産割合が高く、2021年の年間出荷量は2,660万本、栽培面積が113 haであり、県内の切り花キク出荷量のうち70%を占める。本県の小ギク生産は、7月の東京盆、8月の旧盆、9月の彼岸の物日需要向けが主体であり、東京都中央卸売市場の小ギク出荷数量のうち、2021年の6~10月にかけては茨城県産が約36%を占め、全国第1位である。

小ギクの生産において白さび病と並んで最も問題となる病害に、キク矮化ウイルス(*chrysanthemum stunt viroid*, 以下「CSVd」)が引き起こすキク矮化病がある。本病の主な病徴は、節間伸長の抑制などによる草丈の低下および開花期の早期化であり、著しく商品性を損なうため、農業経営に深刻な影響を及ぼしている。本県では2005年に主要な産地において矮化病が初めて確認されて以来、被害が増加傾向にあり、その対策が課題となっている。耕種的対策として、使用する銚等の火炎滅菌法および次亜塩素酸ナトリウム浸漬法(中村ら, 2013 a)が提案されているが、作業効率などの面から生産現場では十分に導入されていない。また、根を介したCSVdの接触伝染の可能性も指摘されており(福田ら, 2012)、栽培上の対策によってまん延を防ぐことは非常に困難である。

病害診断等におけるCSVdの検定法としては、注射針等を用いた microtissue direct RT-PCR による方法が確立されている(Hosokawa et al., 2006)。本法は注射針を葉に刺し、針先に付着した汁液をPCRのテンプレートにする。省力的な検出法であるが、精度よくCSVd保毒の有無を調査できるため、多サンプルの調査が必要となる生産現場での検定に適用できる利点がある。茨城県に

おいては、効率的な抵抗性育種、生産現場での罹病株の発見および供給種苗の健全性確認のために、本法を活用しているのでその事例を紹介したい。

I 効率的な CSVd 抵抗性育種における活用

1 効率的な CSVd 接種法の検討

耕種的防除が困難であることから、キク矮化病の根本的な解決には抵抗性品種の利用が有効であり、本県においてもCSVd抵抗性品種の育成は重要な育種目標の一つである。育種においては、育成系統や交配親の抵抗性程度を評価している。抵抗性程度の調査では、検定対象株の穂を保毒株に接木接種し、CSVdの穂への移行および増殖を検定する必要がある。接種法としては定法であるポット接木接種法が用いられるが、台木の養成を待つため実施時期が限られること、多サンプルの処理にはスペースを要することが課題であった。そこで、ポット接木接種法と同等の接種効率かつ通年実施可能で、さらに省スペースで多サンプルの処理を可能とするため、培養物を用いた新たな試験管内接木接種法について検討した。

ポット接木接種法は、ポリポットに定植した保毒台木を養成し、基部をくさび状にした穂木を割り接ぎする方法(居接ぎ)である(図-1a)。一方、試験管内接木接種法では、保毒台木は無菌培養で維持した培養物の基部を



(a) ポット接木接種法(定法) (b) 試験管内接木接種法

図-1 CSVd 接木接種法の様子(栗原ら(2023))

Utilization of Chrysanthemum Stunt Viroid Detection Method for Breeding Resistant Cultivars and Managing It in Ibaraki Prefecture. By Takeru GONAI

(キーワード: キク矮化ウイルス, 抵抗性育種, 病害診断)

約 2 cm に調製したものをを用い、穂木は検定対象株の培養物を割り接ぎする。接木部分はアルミ箔またはシリコンチューブで固定し、接木した植物は培地へ置床（接ぎ挿し）した（図-1b）。これらの方法について、CSVd が検定対象である穂木への移行に要する期間と direct RT-PCR での検出に適した部位を検討した。その結果、ポット接木接種法において上位葉または茎では接種 3 週間後から CSVd が安定して検出されたのに対して、試験管内接木接種法は、安定して検出されるまでに 4 週間を要した（図-2）。direct RT-PCR 検定に用いる部位は両接種法ともに上位葉および茎が適しており、下位葉は長期間の接種によっても安定した検出が認められず、検定には適さなかった（図-2）。また、それぞれの接種法の効率性を調査した結果、1 時間当たりの接木本数（作業効率）はポット接木接種法が 29.0 本であった（表-1）。試験管内接木接種法は、接木部のアルミ箔固定では 9.0 本と少なかったが、シリコンチューブ固定では 20.6 本と効率が向上した。接木活着率はポット接木接種法が 97.6% と最も優れ、シリコンチューブを使用した試験管内接木接種法が 87.5%，アルミ箔を使用した試験管内接木接種

法が 73.3% であった。接木後の占有面積を示す面積効率は試験管内接木接種法が 771.6 本/m² と、ポット接木接種法の 123.5 本/m² に比べて約 6 倍となり、より多くのサンプルの検定が可能であった。

選抜過程における CSVd 抵抗性の評価には、安定性と簡便性が求められるが、定法であるポット接木接種法はあらかじめポットで栽培した保毒台木を準備する必要があることと、接木実施に適する時期が限られることが問題であった。一方、試験管内接木接種法は RT-PCR によって検出されるまでに定法より 1 週間長く要するものの、CSVd を保毒する培養物と検定対象の培養物があれば時期を選ばずに実施できる点が優れ、省スペースで多サンプルの取り扱いが可能となるため、選抜過程における検定法として活用できる。

2 CSVd 抵抗性品種のスクリーニングと有望系統の選抜

当所の保存品種および現地収集品種 131 品種について、前述の接種法および検定法により、合計 6 品種を抵抗性品種として選抜した。これらのうち 3 品種を片親として交配し、13 組合せ 1,673 粒の種子を得た。これらの

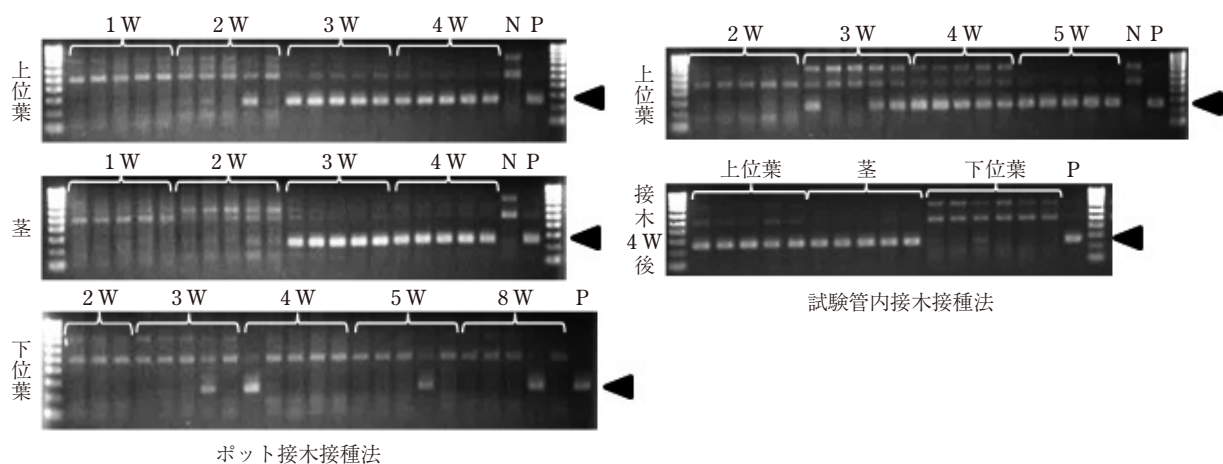


図-2 ポット接木接種法および試験管内接木接種法による CSVd 検出結果（栗原ら（2023））

注）CSVd 時感受性品種‘ホタル’を検定品種（穂木）として、CSVd に罹病した‘千都の輝’を台木として接木を行い、所定の接木後日数において direct RT-PCR により検定を行った（N = 5）。矢じりは検出した CSVd のバンドを示す。
1 W～8 W：接木 1～8 週間後，N：健全株，P：罹病株。

表-1 接木接種法の違いによる作業効率等の比較（栗原ら（2023））

接種法	作業効率 ^{a)} (本/時間)	接木活着率 ^{b)} (%)	面積効率 ^{c)} (本/m ²)
ポット接木接種	29.0	97.6	123.5
試験管内接木接種（アルミ箔）	9.0	73.3	771.6
試験管内接木接種（シリコンチューブ）	20.6	87.5	771.6

- a) 作業効率 = 1 時間当たりの接木作業を終えた個体数。
b) 接木活着率 = (活着個体数/供試個体数 (40 個体))。
c) 面積効率 = 1 m² 当たりの接木後に置床可能な個体数。

実生について圃場における特性調査により開花期、草姿および花色に優れる系統を選抜し、それらについて CSVd 抵抗性検定を行った。選抜の結果、強接圧条件においても抵抗性を示し、開花時期が需要期に合う 8 月咲き紫桃色系統の '18c27' (図-3) を有望系統とした。本系統は、今後の切花特性評価によって品質の安定性を評価し、品種候補として調査を続け、品種化の可否を検討する予定である。

II 生産現場における活用

1 生産者圃場の株における検定 (病害診断としての検定)

生産者圃場における CSVd のまん延は重要な問題とな



図-3 '18c27' の花姿 (栗原ら (2023))

っており、地域農業改良普及センターにも頻繁に相談が寄せられている。しかし、多くの場合、すでに矮化等の症状が現れてからの相談となり、当年の収穫物に対しては効果的な対策を講じることができない (図-4)。主要な伝染経路は鋏やカマ等の収穫器具による汁液伝染とされているが、根を介した接触伝染の可能性も指摘されており (福田ら, 2012)、罹病株周辺の健全に見える株についても保毒の可能性が否定できない。小ギクの栽培体系として、切花生産に利用した株 (切り下) を次年作の種苗生産のための親株に用いる方法が一般的となっているため、次年作への罹病株の持ち込みの防止という観点からも親株として利用する予定の株を対象とした CSVd 検定は重要であるといえる。

現在の本県での対応の流れは、生産者からの相談を受けて地域農業改良普及センターが現場確認とサンプリングを行い、研究所において direct RT-PCR 法による検定を行っている。現在のところ、年間の持ち込み点数は 30 点程度で決して多くはないが、上記のように病徴を示さない保毒株を発見するためにも、さらに多くの生産者が本検定を利用することが望ましいと考えている。

2 県育成品種原種苗の検定

生物工学研究所では、本県育成小ギク品種の種苗を供給している (公社) 茨城県農林振興公社 園芸種苗センターからの受託により、育成品種の原種苗の CSVd 検定を実施している。当センターが管理する原種苗は県内生産者が栽培に使用する苗の増殖元となるため、その保毒



図-4 現地におけるキク矮化病の発生状況

の有無の確認は非常に重要である。この確認は毎年必ず行われ、CSVd 検定は優良種苗の供給において大きな貢献をしている。

III 将来に向けた課題

1 CSVd 抵抗性の遺伝と DNA マーカー

本研究では育種素材の評価のために、保有する遺伝資源の接種検定を行っているが、一物品種において反復間で CSVd の検定結果が異なる事例が見られた。一方、MATSUSHITA et al. (2012) が抵抗性品種として見いだした‘岡山平和’は、本研究においても安定して抵抗性を示した。長谷川ら (2016) は定量的 PCR による植物体内の CSVd 濃度を指標として、抵抗性程度を I~III 型（数字が大きいほど検出量が低い）に分類している。本県で CSVd の検定結果が不安定であった品種は、CSVd 濃度が低くなる抵抗性を有していた可能性が考えられる。また、抵抗性が I 型の個体と II 型の個体との交雑後代から、抵抗性がより強い III 型の系統が出現したことも示されており（長谷川ら, 2016）、CSVd 抵抗性への複数遺伝子の関与と、それらの相加的効果の可能性が示唆されている。本研究において選抜した‘18c27’は接種 3 か月という長期間での感染個体数が全体の 1/2 以下で、実用的に十分な抵抗性と評価している。‘18c27’は I~II 型の抵抗性程度を有すると思われ、必ずしも強度抵抗性と評価されない系統であるが、他の抵抗性系統との交雑により強度抵抗性個体が獲得できる可能性があり、育種素材としても活用する予定である。

CSVd 抵抗性は遺伝形質であるが、その遺伝様式等は明らかにされておらず、選抜マーカーも未開発である。また、抵抗性に関与する遺伝子は複数の量的遺伝子により支配されている可能性がある。栽培ギクは高次倍数体であり、その遺伝解析は困難であるが、一方で二倍体の近縁野生種であるキクタニギクの概要配列が公開され（HIRAKAWA et al., 2019）、これを活用した効率的な DNA マーカー開発技術が報告されている（SUMITOMO et al., 2019）。これらの情報や技術を活用することにより、CSVd 抵抗性に連鎖する DNA マーカー開発が進展することが期待される。

2 生産現場における無病徴感染株の問題

CSVd のキクに対する病原性は品種によって異なることが明らかになっており、土井・加藤 (2004) は CSVd に感染させたキク 10 品種を比較したところ、健全個体と比べて、ほとんど矮化しない品種や健全個体の半分程度まで矮化した品種があることを報告している。また、中村ら (2013 b) は愛知県内の外観上病徴のない 291 品種

について、葉をサンプリングし調べたところ、高濃度保毒品種を検出できる RT-PCR/電気泳動法では 31%、低濃度保毒品種を検出できる RT-PCR/ハイブリダイゼーション法では 53% の品種で CSVd が検出されたことを報告している。そのため、生産現場における CSVd 感染には、感染していても無病徴または弱い病徴しか示さないような品種が感染源となっている可能性がある。生産者は、病徴を示す株があれば、その周囲の株の感染には注視するが、そうでない場合には検定を考慮することなく次作へ利用すると思われる。親株として利用予定の株をすべて検定することが望ましいが、現在の RT-PCR による方法は高価な実験装置を必要とするため、研究所で実施する以外に方法がなく、生産現場での検定実施は現実的に困難である。また、サンプリングや RT-PCR の感度の問題で、ごく低濃度の CSVd が検出できないケースも認められるため、保毒している無病徴株を見逃すことも考えられる。近年、増幅の可否と増幅産物の特異性を同時に確認でき、従来の RT-PCR よりもさらに感度に優れる比色 LAMP 法による CSVd 検定が報告された（SUPAKITTHANAKORN et al., 2022）。今後、安価で簡便な方法の開発により生産現場でも CSVd 検定を用いた対策が実施できることを期待したい。

おわりに

茨城県の小ギク品種育成における重点項目として需要期出荷（7~9 月物日向け）に適すること、開花調節のための電照栽培への反応性に優れること、高温による開花遅延が起こりにくいことなどが挙げられる。病害抵抗性はこれらの形質に加えて必要となるものであり、たとえ抵抗性に優れた系統であっても栽培性や商品性に難があれば普及することはない。これらを併せ持つ系統を選抜するには、優秀な育種素材を持っていたとしても相応の育種規模のもと、地道な観察と選抜（時には運も）を必要とする。効率的な検定法や DNA マーカーは、その可能性を上げるツールであり、積極的な活用が優れた品種の育成につながるとと思われる。生産現場における CSVd 対策は抵抗性品種の利用だけでなく、観察や罹病株の抜き取り、植物残渣の適切な処分、鉢の消毒などの基本操作が重要となる。これらを生産者に意識づけるには、講習会等における積極的な情報提供を継続する必要がある。抵抗性品種の育成や検定法の改良とともに現場での防除の取り組みを推進し、CSVd に負けない強い小ギク産地を目指していきたい。

引用文献

- 1) 土井 誠・加藤公彦 (2004): 関西病虫研報 46: 11~14.
- 2) 福田至朗ら (2012): 同上 54: 47~51.
- 3) 長谷川 徹ら (2016): 愛知農総試研報 48: 161~164.
- 4) HIRAKAWA, H. et al. (2019): DNA research 26(3): 195~203.
- 5) HOSOKAWA, M. et al. (2006): J. Virol. Methods 131: 28~33.
- 6) 栗原冴子ら (2023): 茨城農総セ研報 5: 34~44.
- 7) MATSUSHITA, Y. et al. (2012): Crop Prot 35: 1~4.
- 8) 中村恵章ら (2013 a): 愛知農総試研報 45: 61~67.
- 9) ———ら (2013 b): 同上 45: 53~59.
- 10) SUMITOMO, K. et al. (2019): Scientific reports 9(1): 1~9.
- 11) SUPAKITTHANAKORN, S. et al. (2022): Journal of Plant Protection Research 62(3): 272~280.

登録が失効した農薬 (2023.8.1~2023.8.31)

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。

「殺菌剤」

- トルクロホスメチル・ヒドロキシイソキサゾール粉剤
16890：住化リゾレックス H 粉剤（住友化学株式会社）
23/8/8
- メトミノストロビン剤
21194：オリブライト 250G（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/8/31
- イミノクタジン酢酸塩・トルクロホスメチル水和剤
19043：リゾレックスベフランフロアブル（ホクサン株式会社）23/8/24
- イミノクタジン酢酸塩・トルクロホスメチル粉剤
19051：リゾレックスベフラン粉剤 DL（ホクサン株式会社）23/8/24

「殺虫殺菌剤」

- IBP 粒剤
10543：キタジン P 粒剤（クミアイ化学工業株式会社）
23/8/4

「除草剤」

- オキサジアルギル水和剤
22393：フェナックスフロアブル（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/8/8
- ピリブチカルブ・ベンスルフロンメチル水和剤
19135：[DIC] カルショットフロアブル（日本曹達株式会社）23/8/14
- テニクロール・ピリブチカルブ・ベンスルフロンメチル水和剤
19811：[DIC] キングダム L フロアブル（日本曹達株式会社）2023/8/14
- メトラクロール乳剤
16892：デュアル乳剤（シンジェンタジャパン株式会社）23/8/24
- プロメトリン・メトラクロール水和剤
16895：コダール水和剤（シンジェンタジャパン株式会社）23/8/24
- アトラジン・メトラクロール水和剤
22056：ゲザノンフロアブル（シンジェンタジャパン株式会社）23/8/24

時 事 解 説

欧州における農薬関連法規制の動向

日本農薬株式会社 もと 元 ば 場 かず 一 ひこ 彦

はじめに

日本に限らず世界のいずれの国・地域においても、農薬は一定の法規制の下に登録、製造、販売および使用されているが、その中にあって欧州は予防原則に基づくネオニコチノイド剤の全面使用禁止等の過剰とも思える最も厳格な規制を適用する地域として知られている。近年、日本で新たに取り入れられた再評価制度や作業者暴露にかかるリスク評価等は欧州の制度の模倣とも見えるが、これは取りも直さず欧州の規制が他国への影響力が大きいことの証左であろう。また、近年欧州では内分泌かく乱物質や地下水汚染性物質のカットオフや PFAS (Per- or Poly-Fluorinated Alkyl Substance) 規制のごとくの新たな規制の導入が矢継ぎ早に行われている。歴史を鑑みれば、これらもまた将来、日本をはじめとする他国で登録要件となる可能性があり、すなわち欧州の規制動向を理解することは農薬規制のグローバルおよび日本における動向を占ううえで極めて重要であると考えられる。このため、本稿では主に欧州の登録制度に関し、現状とそこに至った経緯および近年新たに導入された規制等についての概要を取りまとめることとした。

I 現行農薬登録制度への変遷および現行制度の概要

1 制度の変遷

欧州統一前には農薬登録は各国ごとに異なる制度に基づき行われており、同一の毒性試験成績を用いた評価が異なる参照用量 (ADI, ARfD ほか) を与え、さらには各国間で異なる残留基準値が設定されることもしばしばであった。これは“欧州単一市場原則”にもとり、域内での農産物の自由貿易を妨げる可能性が高く早急な是正が求められた。この状況を解消するべく 1991 年に農薬登録制度を刷新する EC Directive 91/41/EEC concerning the placing of plant protection products on the market (Dir.

91/414) が公示された (EUR-Lex, 1991)。この指令に基づき、EU における農薬登録制度は 1993 年 6 月 26 日より EU レベルでの原体登録 (Annex I, 原体のポジティブリスト収載および EU 残留基準の設定を含む) と各国レベルでの製剤 (PPP: Plant Protection Product) 登録の 2 段階の制度へと変更された。Dir. 91/414 の 8.2 条には既存有効成分の評価手順が定められており、1991 年時点で欧州各国のいずれかにおいて登録されていた 954 の原体が再評価対象となった。評価にあたり対象原体は、List 1 として主要剤 (90 剤)、List 2 として有機リン等の高懸念化合物 (147 剤)、List 3 としてそのほかの化合物 (388 剤)、および List 4 として低リスク化合物 (329 剤) の 4 グループに分割され順次評価されることになったが、Dir. 91/414 および関連する指令等に基づく大幅な登録要件 (EFSA, 2023) の厳格化のため、試験成績の補完等の経費は莫大なものとなった。この経済的な理由および農薬企業の M&A による選択 (社内競合の回避、投資の効率化) 等の理由により、約 2/3 の原体については申請すらされず登録失効となった。これらの結果、2011 年時点 (再評価着手から 18 年目、すなわち当初の再評価完了目標の 3 年後) においても登録に至った有効成分は 308 成分にとどまった (横田篤宣, 2014 (表-1 参照))。この Dir 91/414 に基づく再評価過程において、安全性上の懸念が見いだされ多くの剤が失効したとの見方もあるが、実際には登録失効の相当部分が経済的事由に基づくものと想定される点には注意が必要である。この再評価の実施にあたり、着手初期から各国は手続き上の問題点を指摘しており、2008 年末までの評価期限の延長、EU の拡大 (2004 年 5 月、10 か国の追加加盟) への対応、欧州食品安全機関 (EFSA) の設立および参画に対応するよう Dir. 91/414 の改定が行われた。この間、残留基準値の各国間の統一のために Regulation 396/2005 (EUR-Lex, 2005) も発出され、また農薬の環境およびヒトへのリスクおよび影響を軽減することを目指した Sustainable Use Directive 2009/128/EC (EUR-Lex, 2009 a) が発出されている。Dir. 91/414 では初回登録の有効期間は 10 年と定められていたため、1993 年から始まった既

The Latest Movement of Regulation for Agrochemicals in EU.

By Kazuhiko MOTOBA

(キーワード: 農薬登録, 欧州, Farm to Fork Strategy, PFAS 規制, Directive 91/414, Regulation 1107/200)

表-1 Directive 91/414 EEC による再評価の結果概要

グループ	対象有効成分数	再登録された有効成分数
List 1 (主要化合物)	90	59 (66%)*
List 2 (有機リン等, 高懸念化合物)	147	33 (22%)
List 3 (そのほかの化合物)	388**	107 (28%)
List 4 (微生物ほかの安全性が高いとみられるもの)	329	109 (33%)
合 計	954	308 (33%)

* : () 内は再登録された有効成分の割合.

** : Dir. 2008/934/EC に基づき, 49 化合物は評価対象から除外された.

存原体の再評価の完了 (2011 年) を待たず, 初期に登録された原体については定期的再評価 (AIR: Annex I Renewal) の時期を迎えることとなった。この AIR は 2007 年から開始され, 現在 AIR-1 (7 化合物対象) は完了しているものの, AIR-2~4 は現在も評価が継続しており, 評価にあたり人的リソースの不足等の理由から当初の予定から大幅に遅延している。このため審査開始後の試験成績の追加提出の禁止, 申請者へ修正や対応を求めている期間を評価期間としてカウントしない Clock Stop 制度の導入等の制度変更や登録期限の延長が相次いで行われている。現在さらに, 第 5 次, 第 6 次 (AIR-5, AIR-6) も準備されており (European Commission, 2007), 滞貨の増加が懸念される状況にある。また, EFSA (欧州食品安全機関) は 2008 年に再評価および AIR の過程, 遅延の原因を分析し, Technical report: Evaluation of the European Union Pesticide Safety Review Process (EFSA, 2008) をとりまとめ公表しており, ここでは Pesticide Steering Committee の設置や, 各種手順の簡素化について有益と思われる提言がされているものの, 多くが未実施にとどまっている。本邦における最新の科学に基づく“再評価”が, Dir 91/414 対応や AIR と同じ轍を踏まぬことを強く望みたい。

さらに, 2009 年には Dir. 91/414 に基づく再評価, 再登録の完了を待たず, ハザードベースの評価と予防原則に基づく登録拒否, いわゆる“Cut-off Criteria”等 (後述) を取り入れた新たな規則, Regulation (EC) 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC (Reg. 1107/2009) が成立し (EUR-Lex, 2009 b), 2013 年から施行となっている。Reg. 1107/2009 により新たに導入された登録要件についても五月雨式ではあるがガイダンス文書等が発行されている。以上の変遷を一覧として表-2 に示す。

2 現行規則 1107/2009 と旧指令 91/414 EEC の相違点

Dir. 91/414 EEC と現行の Reg. 1107/2009 はいずれも農薬の規制, 登録に関する要件等を定めたものであるが, 欧州法体系内での位置づけが異なる。Directive (指令) は原則として EU 加盟国へは直接適用されず, 国内法への置き換えが必要であるのに対し, Regulation (規則) は格上で, EU 域内の国・企業等を直接規制するものである。また, Dir. 91/414 では収載 (Inclusion) やドシエの完全性 (Completeness of the dossier) とされていた用語が, Reg. 1107/2009 では承認 (Approval) および申請の認容性 (Admissibility of the application) とされる等の本質的ではない変更も行われている。一方, Reg. 1107/2009 では新たに種々のドラステックな変更が行われており, 以下に新たに導入された項目の概要を示す。

- ①ハザードベース評価によるカットオフ基準：予防原則の立場から, ハザードに基づき健康および環境に対し有害な化合物, すなわち環境生物への内分泌かく乱物質 (下記), 地下水汚染性物質 (PEC_{gw} > 0.1 ppb), POPs (Persistent Organic Pollutants, 残留性有機汚染物質), PBT (Persistent Bioaccumulative Toxicant, 残留性生物濃縮性毒物), および vPvB (very Persistent very Bioaccumulative, 高難分解性・高生体蓄積性物質) (表-3 参照) に関しては, その登録を認めない。
- ②内分泌かく乱：内分泌系に対し影響を及ぼす可能性のある外因性物質は正常組織あるいは子孫等に影響を及ぼす可能性があるとして, その登録を認めない。具体的な判定基準は Regulation 2018/605 (EUR-Lex, 2018) に示されているが, 欧州議会はこれを不十分として改定を指示している。
- ③比較評価 (Comparative assessment)：比較評価は同一の作物の同一病害虫防除に用いられる化合物・防除

表-2 登録制度の変遷に関する年表

年度	出来事
1991 年	Dir. 91/414 公示
1992 年	Reg. 3600/92 発出, List 1 化合物評価手順の公示
1993 年	Dir. 91/414, 再評価開始
2000 年	審査手順に関する Reg. 451/2000 発出, List 2 評価手順公示
2002 年	EFSA 創設, EFSA の評価を規定した Reg. 1490/2002 発出, List 3 評価開始
2004 年	List 4 評価を規定した Reg. 2229/2004 発出, List 4 評価開始
2007 年	審査プログラムを改定する Reg. 1095/2007 を公示 AIR-1 (Annex I Renewal 1) 開始
2008 年	詳細手続 (voluntary withdrawal 等) を規定した Reg. 33/2008 施行
2011 年	Reg. 1107/2009 公示 Dir. 91/414 下で申請された新規化合物の審査手順を規定する Reg. 188/2011 施行 AIR-2 開始
2012 年	ハチへのリスク評価に関する EFSA Scientific Opinion 公示 AIR-3 開始
2013 年	Reg. 1107/2009 施行
2016 年	AIR-4 開始
2018 年	内分泌かく乱 (ED) に関するクライテリア Reg. 2018/605 公示
2019 年	欧州議会 (Parliament) ED ガイダンス案に反対, EFSA に改定を指示

注：上の表からわかる通り、評価が開始された後に手順が定められ、変更されたりしていることから、行政手続きに相当の混乱があったことが見て取れる。

表-3 POP, PBT および vPvB の判定基準

分野	項目	基準		
		POP	PBT	vPvB
環境蓄積性 (いずれか 1 項目該当)	水中 DT50	> 60 日	> 60 日 (海水) or > 40 日 (淡/汽水)	> 60 日
	土壌中 DT50	> 180 日	> 120 日	> 180 日
	底質中 DT50	> 180 日	> 180 日 (海水) or > 120 日 (淡/汽水)	> 180 日
長距離移動性	大気中 DT50	> 2 日	—	—
	懸念	有 (具体的基準無し)	—	—
生物濃縮性	BCF (Log Ko/w)	> 5,000 (> 5)	> 2,000	> 5,000
毒性 (いずれか 1 項目該当)	水生生物長期 NOEC	—	< 0.01 mg/l	—
	発がん性	—	Cat: 1A, 1B	—
	変異原性	—	Cat: 1A, 1B	—
	生殖毒性	—	Cat: 1A, 1B, 2	—
	特定標的臓器毒性	—	STOT: RE1, RE2	—

手法（注：比較対象には耕種的防除手段も含まれる）を比較し、安全性が高いもののみを承認し、それら以外を禁止あるいは制限する。

④代替候補化合物 (CfS: Candidate for Substitution)：化合物が同一カテゴリーのほかの化合物に比べ毒性指標 (ADI, ARfD, AOEL) が著しく小さい、PBT クライ

テリアのいずれか二つに該当する、嚴重なリスク管理（広大なバッファゾーン、嚴重な保護具着用）を要する、あるいは原体中に不活性の異性体を含有する場合には、代替候補化合物とされる（詳細は Reg. 1107/2009 Annex 2, 4 項参照）。CfS に指定された場合、最長でも 7 年間の登録期間しか与えられず、より安全な化合物（上記の③比較評価による）がある場合には 3 年以内に代替えられる。

⑤低リスク化合物の優遇：発がん性、変異原性および生殖毒性、感作性、土壤蓄積性（DT50 > 60 日）、生物濃縮性（BCF > 100）、等の基準（詳細は Reg. 1107/2009 Annex 2, 5 項参照）のすべてに該当しなければ低リスク化合物に指定され、通常 10 年の登録期間が 15 年間、またデータ保護期間も 13 年間（マイナー作物に登録がある場合、最長 15 年間）に延長される。

⑥相互承認の促進：製剤登録は MS（各加盟国）に個別に申請し審査・登録されるが、EU 域内 3 ゾーン（北部、中部、南部）のラポーター国（zRMS）に申請し登録されれば、各域内の各国で相互に承認される。

⑦後発農薬の登録促進：申請にかかる必須データについては、データ保護（後発メーカーによるデータシェアに応じない）の対象であるが、データ保護期間（新規剤で 10 年、既存剤で 5 年）を短縮し、さらに動物愛護の観点から脊椎動物（魚類、両生類を含む）を用いた試験成績についてはデータ保護を認めない（試験の繰り返しを避けるためデータシェアを義務化（EUR-Lex, 2019））。このため、結果的に後発農薬の市場参入が比較的容易となっている。

上記以外にも、データ要求を定めた Reg. 283/2013（EUR-Lex, 2013）の規定には多くの追加項目があり、Dir. 91/414 に対応した後にも、再登録にあたりさらなる追加投資を要する状況にある。Reg. 1107/2009 の施行後、2011 年から 2021 年の 10 年間に 109 件の新規申請が行われているが、2022 年現在、そのおよそ半数しか登録には至っていない。この 109 件の新規申請のおおむね半数は生物農薬で占められており、生物農薬に関する各種の優遇措置・登録促進措置（European Commission）を勘案すると、化学農薬の新規登録数が大幅に減少していることが容易に想像できる。

II 新たな動き

1 Farm to Fork Strategy

欧州グリーンディール政策（European Green Deal）の一環として、2020 年に“食料システムを持続可能な公正で、健康的で環境と調和したものとする”を目的と

する Farm to Fork Strategy が制定・発表された（EUR-Lex, 2020）。ここでは数多くの目標（KPI: Key Performance Indicator（重要業績評価指標））が定められているが、農薬にかかわるものとして以下の目標が設定されている。

①化学農薬の使用・リスクの 50%削減（2030 年）

②化学肥料使用量の 20%削減（2030 年）

③農地の 25%を有機栽培に転換（2030 年）

これら野心的な目標は明示されているが、いかにして食料の安定供給・欧州農業の競争力を維持しつつ目標を達成するのかについての具体的方策は明示されていない。また、USDA（米国農務省）、ヴァーヘニンゲン大学や Copa-Cogeca（欧州農業組織委員会・欧州農業協同組合委員会）等から、同政策は食料の安定供給・価格に負の影響を与え、むしろ温室効果ガスの排出量を増やす可能性がある等の批判もされている（COPA-COGECA Press release, 2019 ; USDA, 2020 ; Wageningen University, 2020）。実際、ロシアのウクライナへの軍事侵攻に端を発する食料価格の高騰を受け、目標達成年次の先送りも議論されているようである（AgbioInvestor, 2022）。また、既にそのリスクが受容できると評価されている既登録化学農薬の使用量を削減することが、なぜ最終目標である“農業を持続可能、公正で、健康的で環境と調和したものとする”ことに資するのかも明らかにされていない。この Farm to Fork Strategy に類似した日本の“みどりの食料システム戦略”についても、これはイノベーションを前提とする戦略であると説明されているものの、同様の問題点を内包するものと考えられる。

2 PFAS 規制

欧州委員会は 2020 年 10 月 14 日に、欧州グリーンディールのコミットメントの一つである“汚染ゼロの欧州”を目指した Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment（European Commission, 2020 a）を発表した。農薬については、上述の通り登録に際し Reg. 1107/2009 に基づいた厳密な安全性評価が実施されており、ECHA（European Chemical Agency）所管の REACH（Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals）による化学品規制の対象外とされているものの、一定の影響は免れず、特に副成分については直接の規制を受けている。さらに近年、ECHA は難燃剤や撥水・撥油剤として頻用されている PFAS（Per- or Poly-Fluoroalkyl Substance）に対する規制の強化を図っている（European Chemicals Agency, 2023）。本稿執筆時点では欧州における PFAS の定義や規制対象がつまびらかにされていないため影響の程度は未知であるが、OECD

の定義 (“PFASs consist of a fully (per) or partly (poly) fluorinated carbon chain connected to different functional groups” すなわち CF_3 -あるいは $-\text{CF}_2$ -基を持つすべての化合物となる (OECD, 2013)) に照らせば、欧州既登録 464 有効成分中の 66 化合物に PFAS に該当の可能性がある (2022 年 9 月現在)。少なくとも構造中にフッ素原子を含み、特に終末代謝物として TFA (Trifluoroacetic acid) を生成し得る有効成分については今後の規制動向を注意深く見守る必要があろうし、含フッ素機能性展着剤等についても規制を受ける可能性が高い。前述の Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment においては、必要不可欠な用途 (Essential Use) 以外の PFAS 使用の段階的廃止が定められている (European Commission, 2020 a ; 2020 b)。

一方、米国連邦レベルでは現段階で農薬原体に関する規制は見られず、今のところ飲料水中の PFOA, PFOS (PerFluoroOctanoic Acid, PerFluoroOctane Sulfonic acid) の濃度規制および容器からの溶出に関する規制に重点が置かれている (US EPA, 2023 a ; 2023 b ; 2023 c)。現状使用実績がないことが確認されている成分の Inert List (農薬製剤成分として使用可能な界面活性剤ほか副成分のリスト (US EPA, 2023 d)) からの含フッ素化合物の除外が進められているにとどまってはいるものの (US EPA, 2022 a)、今後の PFAS の定義次第で大幅な規制強化につながる可能性が残され注意が必要である。

3 Brexit の影響

2020 年 1 月末の英国の EU 離脱に伴い、それまでは積極的に RMS として評価に貢献してきた英国は以後 RMS, co-RMS となることはなくなった。このため、英国が担ってきた評価負担も他国 (MS) の負担となり、ただでさえ遅延に次ぐ遅延であった評価スケジュールのさらなる遅延を引き起こす可能性が高い。また、英国の EU 離脱時には欧州登録の内容が引き継がれ、英国内でも有効となっているが、2021 年 1 月 21 日をもって欧州登録と英国登録は分離し、以後、英国に対して別途申請、登録を受ける必要が生じている (UK Health and Safety Executive, 2021)。また、現在、欧州 MRL も英国に引き継がれているが、なんらかの申請等があった場合には英国は欧州とは独立して CRD (英国化学物質規制委員会) が評価を行うため、今後時間の経過とともに両地域で登録内容および MRL に乖離が生じる可能性が高い。現に欧州と英国で異なる MRL が設定されている例も散見されている。

4 米国、絶滅危惧種保護法 (ESA)

以下、欧州ではなく米国の動向ではあるが、トピック

の一つとしてとりあげたい。US EPA は 2022 年 1 月より新規有効成分の評価に際して、絶滅危惧種種の保護に関する法律 (ESA: Endangered Species Act (1973 年)) に則りリスト (US Fish & Wildlife Service a, b) に示された生物種への評価を行うことを表明した (US EPA, 2022 a ; 2022 b)。ESA 自体は 1973 年に成立していたものであるが、農薬登録に際してのこれまでの EPA の対応が不十分であったとした環境 NGO からの訴訟に対応するものであると解される。このリスク評価にあたっては、許容される LOC (Level of Concern, 暴露と NOAEC 等の毒性参照値の比) が通常種に対する許容値の 5~10 分の 1 に低減され、また Critical Habitat (重要な生息地) での使用が制限される (US EPA, 2004)。また、なんらかの影響が予想される場合には、合衆国魚類野生生物局 (FWS: US Fish and Wildlife Service) および米国漁業局 (NMFS: National Marine Fisheries Service) へのコンサルテーションが必須とされている。今後、この追加された評価に時間を要し、Environmental Fate and Effects Division (EFED, 環境中動態および影響局) の資金・人員不足も相まって、登録取得までの期間が大幅に延長することが予想されている。

おわりに

農薬が食料の質的・量的安定生産には欠くことのできない資材であり、人口増加・耕地の減少に対応するため計り知れない便益をもたらしていることにうたがいはない。日本においては、その登録、生産、使用は農薬取締法により厳密に管理され、効果・安全性が担保されてきた。また、科学の進歩に伴い登録要件の厳格化が行われてきた歴史も周知の事実であろう。近年、日本では欧州に倣ったかのごとくの再評価制度が導入され、同時にミツバチ・野生ハナバチへのリスク評価、作業暴露に関するリスク評価、鳥類に対する急性リスク評価等が登録要件とされた。これらは、欧州や米国では従前から登録要件とされていたものであり、今後この歴史が繰り返されるのであれば、日本においても PFAS 規制や環境生物 (水生生物、鳥類等) に対する長期暴露リスク評価等が登録要件となることが容易に想定される。また、欧州の Farm to Fork Strategy と本邦のみどりの食料システム戦略の類似性は多くの場で指摘されており、これもまた先の推測を支持するものと考えられる。これまで科学の進歩に伴い新たなリスクが見いだされ、これに対応する新たな規制の篩 (ふるい) にかけてられることで農薬は淘汰されより安全で有効なものへと進歩してきた。今後、日本において導入される新たな登録規制や要件が、科学的

合理性があり農薬のさらなる進歩に資するものとなることを心から望みたい。

行政的になんらかの規制を導入する際には、本来 Regulatory Impact Assessment (RIA) が行われ、規制導入にかかる社会的コストが規制の結果としてもたらされる便益に見合うものかどうか（経済的、非経済的合理性を有するか）が検証されてしかるべきである。しかし、残念ながら農薬に関する規制導入の場合、このような検証は行われていないか、あるいはその結果が広く公に公表されるかはされていない。これは極めて残念かつ憂慮すべき状況にあり、筆者はこの点についても速やかに改善されることを強く望みたい。

最後に、本稿に示した意見・解釈は筆者個人のものであり、筆者が所属する機関・団体とは無関係であることを申し添える。

引用文献

- 1) AgbioInvestor (2022), 2022 年 9 月 15 日付 AgbioInvestor Daily News.
- 2) COPA-COGECA, Press release (2019), <https://copa-cogeca.eu/press-releases>
- 3) EFSA (2008), <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2008.157r>
- 4) — (2023), <https://www.efsa.europa.eu/en/applications/pesticides/regulationsandguidance>
- 5) EUR-Lex (1991), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex&3A31991L0414>
- 6) — (2005), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex&3A32005R0396>
- 7) — (2009 a), <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>
- 8) — (2009 b), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex&3A32009R1107>
- 9) — (2013), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX&3A32013R0283>
- 10) — (2018), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX&3A32018R0605>
- 11) — (2019), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:C:2019:229:FULL>
- 12) — (2020), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>
- 13) European Chemicals Agency (2023), <https://echa.europa.eu/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>
- 14) European Commission (2007), https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval_en
- 15) —, https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/micro-organisms_en
- 16) — (2020 a), https://environment.ec.europa.eu/strategy/chemicals-strategy_en
- 17) — (2020 b), <https://ec.europa.eu/environment/pdf/chemicals/2020/10/Strategy.pdf>
- 18) OECD (2013), <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/aboutpfass/>
- 19) UK Health and Safety Executive (2021), <https://www.hse.gov.uk/pesticides/brexit.htm>
- 20) USDA (2020), <https://www.fas.usda.gov/newsroom/economic-and-food-security-impacts-eu-farm-fork-strategy>
- 21) US EPA (2004), <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/ecorisk-overview.pdf>
- 22) — (2022 a), <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-proposes-stop-authorized-use-certain-pfas-pesticide-products>
- 23) — (2022 b), <https://www.epa.gov/endangered-species/ecological-risk-assessment-process-under-endangered-species-act>
- 24) — (2023 a), <https://www.epa.gov/pfas>
- 25) — (2023 b), <https://www.epa.gov/sdwa/drinking-water-health-advisories-pfoa-and-pfos>
- 26) — (2023 c), <https://www.epa.gov/pesticides/pfas-packaging#faqs>
- 27) — (2023 d), <https://www.epa.gov/pesticide-registration/inert-ingredients-overview-and-guidance>
- 28) US Fish & Wildlife Service (a), <https://ecos.fws.gov/ecp0/reports/ad-hoc-species-report?kingdom=V&kingdom=I&status=E&status=T&status=EmE&status=EmT&status=EXPE&status=EXPN&status=SAE&status=SAT&mapstatus=3&fcrithab=on&fstatus=on&fspecrule=on&finvpop=on&fgroup=on&header=Listed+Animals>
- 29) — (b), <https://ecos.fws.gov/ecp0/reports/ad-hoc-species-report?kingdom=P&status=E&status=T&status=EmE&status=EmT&status=EXPE&status=EXPN&status=SAE&status=SAT&mapstatus=3&fcrithab=on&fstatus=on&fspecrule=on&finvpop=on&fgroup=on&family=on&header=Listed+Plants>
- 30) Wageningen University (2020), <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/economic-research/show-we-cr/green-deal-probably-leads-to-lower-agricultural-yields.htm>
- 31) 横田篤宣 (2014), 植物防疫, 68(3): 117~121.

[上記, WEB サイトについては, 2023 年 6 月 6 日アクセス確認]



「植物防疫講座」物理的・耕種的防除編 連載について

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部

「植物防疫講座」は、作物別に病害・虫害、農薬（殺菌剤・殺虫剤）の各分野について、一項目ずつ解説を掲載してきました。77 卷 9 月号より新たに物理的防除・耕種的防除についての解説の掲載を開始したところです。物理的防除・耕種的防除技術における個々の技術については本誌において取り上げてきましたが、体系的な解説は掲載してきませんでした。植物防疫法の改正（2022 年 5 月公布）により、発生予防に重点をおいた総合的病虫害・雑草管理（総合防除，IPM）が一層推進されつつあることから、改めて物理的防除・耕種的防除を体系的に解説することにしました（表）。本解説が、植物防疫分野の業務に携わる方々の一助になることを期待しています。

表 植物防疫講座 物理的・耕種的防除編に掲載を予定している項目

	病害	虫害
水稲分野	物理的防除：塩水洗，比重選別，温湯消毒等	物理的防除：侵入防止，捕殺等（スクミリンゴガイ）
	耕種的防除：抵抗性品種，有機物高含有培土等	耕種的防除：畦畔除草，抵抗性品種，圃場管理等
野菜分野	総説	総説
	物理的防除：熱の利用；種子消毒，土壤消毒等	物理的防除：遮断；防虫ネット等
	物理的防除：光の利用；紫外線除去，補光等	物理的防除：光の利用；シルバーマルチ，UV-B，等
	耕種的防除：抵抗性品種，pH 管理，輪作等	物理的防除：振動の利用；定着阻害，超音波等
		耕種的防除：リビングマルチ，緑肥，輪作等
果樹分野	総説	総説
	寒冷地果樹における物理的・耕種的防除	寒冷地果樹における物理的・耕種的防除
	落葉果樹における物理的・耕種的防除	落葉果樹における物理的・耕種的防除
	常緑果樹における物理的・耕種的防除	常緑果樹における物理的・耕種的防除
茶分野	物理的・耕種的防除	物理的・耕種的防除

植物防疫講座

虫害編（物理的・耕種的防除編）-1

水稻害虫における物理的・耕種的防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
植物防疫研究部門

ひら え まさ ひろ
平 江 雅 宏

はじめに

近年、食の安全・安心についての関心の高まりや生物多様性の保全などの観点から、病害虫や雑草が発生しにくい環境を整え、病害虫発生予察情報等に基づいて防除要否やタイミングの判断を適切に行い、多様な防除手段による防除を実施して病害虫の発生を経済的被害が生じるレベル以下に抑制する総合的病害虫・雑草管理（IPM）の取組みの重要性が増している。物理的・耕種的防除法はIPMの基盤となる手法であり、対象害虫の水田への侵入を抑制したり、発生密度を低く抑えたりすることに主眼を置く。一般的に物理的・耕種的防除法を単独で実施しただけでは十分でないといわれるが、他の対策と組み合わせることにより高い防除効果を得るための重要な素材として期待される。ここでは、水稻害虫の防除対策として用いられる物理的・耕種的防除技術について紹介する。

I 物理的防除

物理的防除法として、物理的障害物を用いた遮断、光や色に対する昆虫の反応を利用した防除法、超音波や振動を用いた防除法、太陽熱や蒸熱などの温度処理で死滅させる防除法、捕殺などがあり、水稻では過去に実施された「誘蛾灯」を用いたニカメイガ防除が有名である。また、江戸時代に開発されたウシカカの「注油駆除法」、かつて山形県庄内地方で行われていたニカメイガ幼虫の「イタドリ誘殺」なども知られている。しかし、現在、水稻害虫を対象とした物理的防除法で広く普及している技術は少ない。

1 温湯種子消毒

温湯種子消毒は種子を温湯に浸漬することで熱によって種子伝染性の病害虫防除を行う手法であり、いもち病、ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病のほか、イネシンガレセンチュウに有効であることが知られている。水分15%未満の乾粃を準備し、湯温60℃で10分間

浸漬することにより防除効果を得ることができる。種粃の発芽率を低下させずに安定した防除効果を得るために、湯温や時間は厳守し、温湯消毒後は速やかに冷水で種粃を冷却し、保管の際は消毒した容器を使用するなど種粃が再び病原菌に汚染しないように留意する必要がある。近年、種子浸漬後に風乾することでイネシンガレセンチュウの生息密度を減少させることが示されており（星野，2019）、他の防除と組み合わせることにより高い効果が期待できる。

2 物理的障壁によるイネミズゾウムシ侵入抑制

イネミズゾウムシはイネ移植直後の越冬成虫による葉の食害と次世代幼虫による根の食害が問題となる水稻初期害虫である。寒冷地では主に水田畦畔から歩いて越冬成虫の侵入が始まり、徐々に圃場内部に移動する（城所，2018 a）。そこで、移植直後に物理的障壁として畦畔板（波板や平板など）を水田内の畦畔際に圃場周りを囲むように設置することにより、イネミズゾウムシ越冬成虫の水田内部への侵入を抑制し、成虫寄生密度と食害度を低く抑えることが可能である（松木・三田村，2010）。成虫が水田内に侵入してからでは効果が低く、移植したら成虫が侵入する前に速やかに畦畔板の設置作業を行う必要があるため、作業時間や労力等のほか、畦畔板やそれを固定する支柱等の資材に要するコストが課題と考えられる。

3 その他

水稻育苗時に育苗箱を寒冷紗等で覆うことで害虫の侵入を遮断する手法がある。また、ビニールハウス等で環境をコントロールしながら育苗する「ハウス育苗」も、開口部に寒冷紗等を覆うなどの対策を施すことにより、水稻初期害虫の侵入・発生の抑制が期待できる。イネドロオイムシでは、過去には幼虫を簞などで払って除去したり、払い落とす器具が普及していた（城所，2018 b）。超音波や振動を用いた防除法、光を用いた物理的防除法に関し水稻では実用化には至っていないものの、野菜・花きや果樹等においてチョウ目やカメムシ目等を対象とした防除技術が開発あるいは実用化が進められており、水稻害虫を対象とした防除が可能となるような技術開発

Physical and Cultural Pest Control in Rice. By Masahiro HIRAE

（キーワード：水稻害虫，防除対策，物理的防除法，耕種的防除法，IPM）

の発展が今後期待される。

II 耕 種 的 防 除

耕種的防除法として、輪作や混作・間作、おとり作物や対抗植物の植栽、栽植密度の調整や移植などの栽培環境を変える方法、圃場や圃場周辺の植生管理や耕うん・肥培管理や水管理などの管理方法、作期の移動などの方法、抵抗性品種の利用など多様な手法が知られている。水稻についても、これまで機械移植栽培の普及等に代表される栽培方法の変化、基盤整備による圃場の整地や水路整備、品種の変遷の影響により水稻害虫の発生状況が変化していることから、適切な管理手法を選択することで害虫の発生しにくい環境を整えることが可能と考えられる。過去の事例として、「晩期栽培」によってサンカメイガの発生時期とイネの被害を受けやすい時期をずらすことで、本種の発生・被害抑制を図る防除対策が知られている（志賀，1998）。また、古くから水稻の大害虫として知られるニカメイガは、太稈で穂重型の水稻品種から細稈で穂数型あるいは中間型の品種に変遷したことによる幼虫生存率の低下、栽培時期の早期化による越冬幼虫個体数の減少、コンバイン収穫時の稲わら切断等による幼虫密度低減等の要因により 1970 年代以降に発生面積が急減したとされる（松倉，2019）。

なお、栽培品種や栽培時期、栽植密度の変更や肥培管理は作物収量や品質に大きく影響することから、耕種的防除法を選択するにあたっては、各対策について地域の実情に合わせて多面的に検討し組合せる必要がある。

1 作期移動

害虫の発生はその年の気象条件等の影響による年次変動はあるものの、おおむね発生時期が決まっているため、水稻の栽培時期を変更することにより被害を回避する手法が考案されている。水稻移植後の生育初期にイネの葉が食害されて問題となるイネヒメハモグリバエでは、成虫の発生とイネの移植時期が一致すると産卵数が多くなって被害が大きくなりやすいため（城所ら，1982）、極端な早植えや遅植えを避ける。イネミズゾウムシでは田植え時期を可能な限り遅らせ、かつ一斉に行うことにより、成虫の発生時期を回避する（都築ら，1986）。

イネ縞葉枯病では、媒介虫のヒメトビウンカの水田侵入時期を考慮し、栽培時期を遅植えにすることにより被害を低減する対策が有効である。海外飛来性ウンカ類のトビイロウンカ対策として、九州地域では一般的な移植時期である 6 月中下旬の移植を 7 月第 1 週まで遅らせることで本種の本田への飛来数を低減できる場合があるが、その年の飛来が 7 月中旬以降に起こると効果が低く

なる（松村，2018）。一方、栽培時期を遅らせると発生・被害が増加する場合があるため注意する。例えば、コブノメイガ、イネツトムシ（イチモンジセセリ）では成虫最盛期の 7 月中下旬にイネの葉色が濃いと被害を受けやすいため極端な遅植えは避ける。

2 肥培管理

一般に、窒素肥料を過剰に施用して軟弱で葉色の濃いイネとなったり、多肥や密植によって稲株が繁茂し株元が高温多湿条件となったりすると産卵数の増加や幼虫生存率の上昇により害虫の発生・被害が増加するため、過繁茂にならないように窒素過多を避け適正な肥培管理を心がける。

特定の成分を施用することによる防除対策として、ケイ酸質資材を施用することにより、イネの茎が固くなりニカメイガの被害を軽減できるといわれている（桐谷・田付，2009）。また、斑点米カメムシ類のうちカスミカメムシ類の発生が主要な地域では、割れ粳（内穎と外穎の合わせ目に隙間の見られる粳）の発生と斑点米被害との関係が深いことから、ケイ酸質資材の施用により稲体のケイ酸含量を高め、粳殻が強度化することにより割れ粳の発生を抑制し斑点米被害を軽減する対策が有効とされている（安田・永田，2005；富山県農林水産部，2012）。

3 耕起・水管理

耕起・水管理は水稻栽培で通常行う管理作業であり、作業方法や時期、回数を調整することにより対応が可能である。ツマグロヨコバイやヒメトビウンカでは、秋～春期に耕起し、ひこばえや休耕田をすき込むことにより越冬個体の密度を低減させる。ニカメイガの越冬世代幼虫は茎内で老齢幼虫となり越冬し発生源となるため、収穫後の稲わらや刈株を早めにすき込むことで越冬幼虫の生存率を下げる効果がある（松倉，2019）。また、春の耕起、代かき作業による機械的なダメージによる死亡も多いとされる。

水管理による対策については、イネヒメハモグリバエではイネの葉が水面に接している部分に産卵されやすく、流れ葉など水面に浮かんだ葉に多く産卵されるため、代かきはできるだけ均平にし、深植えや移植後の深水管理は避ける（新山，2018）。イネミズゾウムシ対策でも適切な水管理が求められ、深水やかけ流しを避け、根を健全に保つため浅水管理を行う。また、幼虫期に落水し田面に小ひびが入るほどまで乾かす方法が幼虫密度の低下に有効であることから、イネの分けつ盛期に行われる中干し作業を徹底する手法が防除対策としてあげられる（小嶋，1987）。

ニカメイガでは、イネ株を浸水処理することにより幼

虫密度を低下させる方法が考えられている（積木ら，1985）。イネ刈り株中で越冬する幼虫の防除に関しては，11月下旬から2月末までの冬期間に圃場を湛水状態にして，越冬場所である刈り株を水没・消失させることで生存率が低下することが示されている（増田ら，2016）。前述の稲収穫後の秋期耕起に冬期湛水を組合せると越冬幼虫の生存率がさらに減少する効果があり，本種被害が大きく冬期湛水が可能な地域では有効な方法である（増田ら，2016）。

トビイロウンカでは，2～3日ごとに湛水と落水を繰り返す「間断かん水」により短翅率が低下し，本種多発生の抑制が期待できることが明らかにされている（山本・長谷川，2000）。また，第1世代幼虫発育期間に中干しを長期間行うことにより，収穫期の発生密度が抑制されることが示されている（池内・窪田，2018）。ヒメトビウンカでは分けつ初期のイネの浸水処理により本種のイネへの産卵や幼虫ふ化を阻害する効果を明らかにしているものの（平江・柴，2018），実用化には至っていない。

4 水田圃場および周辺環境管理

水稲害虫には雑草とのかかわり合いが深い種が存在し，このような害虫では水田圃場および周辺環境の管理が発生に影響を及ぼす。イネヒメハモグリバエは水田周辺の雑草で越冬するため，周辺雑草を刈り取る対策が知られている。本種が減少した地域では，圃場や水路の整備が進んだことで圃場の乾田化が図られたこと，適切な水管理が行われるようになったこと，用排水路のコンクリート化などによってそれまで水路などに繁茂していたマコモ，サヤヌカグサなどが減少し生育環境が悪化したことが要因として考えられている（小嶋，2022）。また，イネミズゾウムシやイネドロオイムシでも同じように圃

場整備が進み越冬適地が減少したことや用排水設備の向上により排水不良田が減少したことが要因として考えられている。コバネイナゴでは，漏水防止のために行う畦塗りによって古い土を崩すときにそこに産下された卵鞘を取り除くことになる。また，水田周辺の休耕地や畦畔の雑草を刈取りすることにより，本種密度を低減し水田侵入を抑制できる（城所，2018c）。このように，水田周辺を整備し雑草管理等を適正に行うことにより，これら水田初期・中期に問題となる害虫の密度低減が期待できると考えられる。

ヒメトビウンカやツマグロヨコバイについても圃場管理は防除対策のための重要な手法の一つとなる。ヒメトビウンカはイネ縞葉枯病を，ツマグロヨコバイはイネ萎縮病を媒介し，発病株はイネ収穫後のひこばえ（再生株）で急激に増加しウイルス獲得源となる（図-1左）。ウイルスを獲得し保毒虫となったヒメトビウンカやツマグロヨコバイは水田やその周辺の畦畔，雑草地等にあるイネ科植物で越冬し翌年の感染源となる（図-1右）。このため，秋から冬期間に水田の耕起や畦畔の雑草の刈り払い等の管理を行い，ウイルス獲得源のひこばえや越冬場所となるイネ科雑草を除去して越冬個体数を減少させることで翌年の保毒虫密度の低下を図る。

斑点米カメムシ類の防除対策として，水田周辺環境の管理は非常に重要となる（樋口，2019a；2019b）。斑点米カメムシ類は一般的に様々な植物を寄主とし，カスミカメムシ類では水田周辺の牧草地，休耕地，畑，水田畦畔などに存在するイネ科牧草やイネ科雑草上で繁殖・増殖し，水稻の出穂後に水田に侵入し穂を吸汁加害する。1999年以降，全国的に斑点米カメムシ類の発生面積が増加している要因の一つとして，転作田や休耕地の増加が指摘されている。また，水田畦畔に繁茂するイネ科雑



図-1 秋期のひこばえにおけるイネ縞葉枯病発病株（左）と冬期のヒメトビウンカ越冬幼虫（右，黄色枠内）

草は斑点米カメムシ類の発生源となるだけでなく、水田に侵入する際の中継地点となり、斑点米の発生に大きな影響を及ぼす（湯浅，2006）。さらに、ヒエ類やイヌホタルイなどの水田内雑草が発生するとアカスジカスミカメ成虫を誘引し産卵・繁殖するため斑点米被害が多くなることが知られている。このため、斑点米被害軽減対策としては、増殖源となる水田周辺の農道や畦畔のイネ科雑草について草刈り等による管理を徹底し、出穂期前後の期間にヒエ類、エノコログサ類、メシバ類などのイネ科雑草が出穂しないような環境を整備することによりカメムシ密度を低減させる。ただし、出穂期近くになってからの除草はかえって畦畔などから水田内へカメムシ類を追い込むことになるため、周辺雑草の草刈りは行わないことが一般的である。また、水田内のカメムシ類の発生を抑えて斑点米の発生を低く抑えるためには、イネ科雑草（ノビエ等）やカヤツリグサ科雑草（イヌホタルイ等）の管理を適切に行うことが重要である。これらの対策を行ったうえで適期薬剤防除等の他の対策を組合せていくことで斑点米被害の軽減を図る。

アカスジカスミカメでは、幼虫が発生する4月に草刈りすることで、その後の成虫の発生を防ぎ、春の発生源の密度を低減することが示されている（静岡県農林技術研究所，2013）。新山・糸山（2006）は秋田県でアカヒゲホソミドリカスミカメ第1世代成虫発生盛期の6月下旬～7月上旬に除草剤を散布し斑点米被害を軽減できたことを報告している。また、斎藤ら（2010）は岩手県で5月下旬および7月下旬に除草剤を散布し畦畔にイネ科雑草を出穂させないことで、アカスジカスミカメの発生および斑点米被害の発生を抑制したことを報告している。さらに、秋冬期に周辺雑草地に除草剤を散布することにより翌年の6月ごろまでイネ科雑草の発生を抑えることで斑点米カメムシ類の発生および斑点米被害を抑制する対策も知られている（高岡，2014）。

イネ科雑草が伸び始める5、6月から夏までの期間に草刈りを行う際、刈る高さを地際から10 cm程度高くする「高刈り」を行うことで、広葉植物を温存して相対的に一年生イネ科雑草の増殖を抑制する管理方法も知られている（静岡県農林技術研究所，2013）。このほか、草刈り以外の畦畔管理法として、シソ科のアジュガやユリ科のリュウノヒゲなどカメムシ類が生息できないグラウンドカバープランツを植栽し、イネ科雑草の繁茂を抑制し斑点米被害を低減する方法があげられる（寺本，2003）。

5 抵抗性品種の利用

抵抗性品種の利用は農薬使用量の低減や省力・低コストといった利点を持ち、IPMに取り組むための有力な

素材の一つである。イネカラバエはかつて国内の広い範囲で多発生し大きな問題となっていた水稻の重要害虫であったが、1960年頃から本種に対して抵抗性のある品種が栽培されるようになり、移植時期の早期化などもあり発生が少なくなった成功例がある。

ウンカ・ヨコバイ類を対象とした抵抗性品種（表-1）については1960年代以降にインド型水稻品種等から抵抗性品種が見いだされ、品種育成が精力的に進められてきた。近年では、トビイロウンカに対しては良食味品種‘ヒノヒカリ’に抵抗性遺伝子 *bph 11* を導入した同質遺伝子系統‘関東 BPH1 号’が育成され、これを交配親として用い複数病害抵抗性を付与し高温耐性にも優れる‘秋はるか’、‘はるもに’などが育成されている。ツマグロヨコバイ抵抗性品種は極めて強い密度抑制効果を示すだけでなく、イネ萎縮病にも抵抗性を示す（平江，2018）。近年は、ツマグロヨコバイ・萎縮病だけでなく、イネ縞葉枯病、いもち病など複数の病害虫に抵抗性を示す‘彩のかがやき’、‘ゆめまつり’などが育成され栽培されている。イネ縞葉枯病抵抗性については、インド型品種‘Modan’に由来する *Stub-i* 遺伝子を保有する品種がほとんどであり、これらの品種はヒメトビウンカの密度を減少させる効果はないものの（酒井ら，2017）、イネ縞葉枯病発病抑制効果は極めて高いことから（図-2）、イネ縞葉枯病の常発地域では被害回避に大変有効である。近年では、茨城県で‘ふくまる SL’、栃木県で‘とちぎの星’、埼玉県で‘彩のかがやき’、‘彩のきずな’、岐阜県で‘ハツシモ岐阜 SL’、愛知県で‘ミネアサヒ SBL’、農研機構で‘ほしじるし’、‘にじのきらめき’、‘恋の予感’など縞葉枯病抵抗性が付与された良食味品種が次々と育成され栽培されている。

斑点米カメムシ類については、前述の通り割れ籾の発生が斑点米被害の発生に関与していることが知られている。割れ籾発生率には品種間差があり、割れ籾の多い品種はカスミカメムシ類による斑点米被害を受けやすいため、割れ籾の少ない品種を選択する対策が考えられる。斑点米カメムシ類に対するイネの抵抗性については、‘密陽 44 号’、‘CRR-99-95 W’がクモヘリカメムシやミナミアオカメムシによる斑点米発生率が低く、抵抗性品種育成の母本として有望であることが示され（杉浦ら，2017）、‘密陽 44 号’由来の‘愛知 137 号’が育成されている。

6 その他

育苗・移植方法に関しては、健苗を育成し、植え傷みを抑えた移植を行うことで流れ葉を防止しイネヒメハモグリバエの被害を軽減する対策、稚苗を避け中苗や成苗を移植することでイネミズゾウムシの被害を軽減する対

表-1 トビイロウンカ、ツマグロヨコバイおよびイネ萎縮病、イネ縞葉枯病に対する主な抵抗性品種・系統

品種・系統名	病害虫名		
	トビイロウンカ	ツマグロヨコバイ・イネ萎縮病	イネ縞葉枯病
鹿児島 72 号	抵抗性		
佐賀 67 号	抵抗性		
関東 IL14 号	抵抗性		
関東 IL15 号	抵抗性		
関東 IL16 号	抵抗性		
関東 IL18 号	抵抗性		
西海 IL1 号		抵抗性	
西海 IL2 号		抵抗性	
西海 IL3 号	抵抗性		
西海 IL4 号			抵抗性
西海 IL6 号		抵抗性	
西海 IL15 号	抵抗性	抵抗性	抵抗性
関東 BPH1 号	抵抗性		
秋はるか	抵抗性		抵抗性
はるもに	抵抗性		抵抗性
彩のかがやき		抵抗性	抵抗性
彩のきずな		抵抗性	抵抗性
大地の風		抵抗性	抵抗性
ゆめまつり		抵抗性	抵抗性
あいちのかおり SBL			抵抗性
あさひの夢			抵抗性
一番星			抵抗性
いなほっこり			抵抗性
恋の予感			抵抗性
恋初めし			抵抗性
さとじまん			抵抗性
とちぎの星			抵抗性
にじのきらめき			抵抗性
ハツシモ岐阜 SL			抵抗性
ふくまる SL			抵抗性
ほしじるし			抵抗性
まいひかり			抵抗性
祭り晴			抵抗性
ミネアサヒ SBL			抵抗性

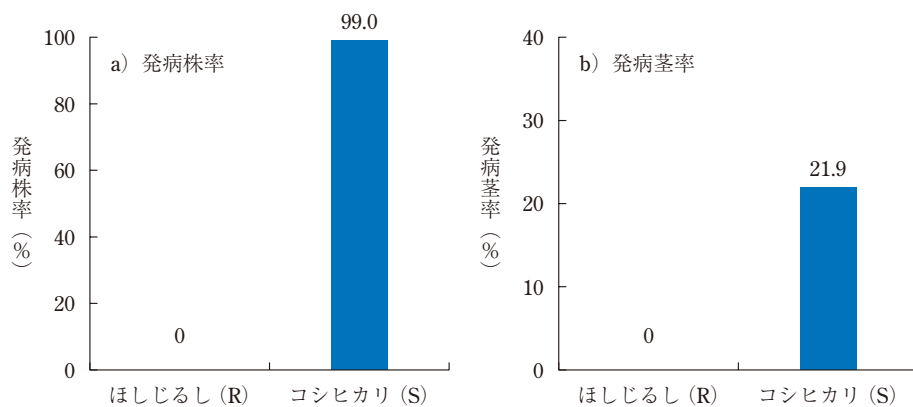


図-2 茨城県筑西市の水田における抵抗性品種のイネ縞葉枯病発病抑制効果

R: イネ縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb-i* を保有する品種, S: 感受性品種. 2018 年 8 月 7 日に茨城県筑西市下野殿の水田で 100 株調査. 図中の数字は a) は発病株率を, b) は発病茎率の平均値を示す.

策がある。圃場衛生に関し、病害対策で実施されている罹病植物体やその残渣処理は虫害対策でも有効であり、ニカメイガ対策では稲わらの処理や発生地からの稲わらの持ち込み制限があげられるほか、コンバイン収穫時に茎を細かく切断する設定にすると幼虫を物理的に切断・死滅させるのに有効であることが示されている（増田ら、2016）。また、代かき時に水面に浮かび畦畔際に吹き寄せられたコバネイナゴの卵鞘を焼却や埋没等の方法により処分する対策（城所、2018c）、虫媒伝染性病害の発病株を発病が広がる前に抜き取って処分する対策がある。

栽培方法に関しては、クローバーやレンゲで被覆した不耕起水田では、耕起による慣行と比べて広食性天敵相が豊富となりウンカ類が低密度に維持された報告がある（日鷹・中筋、1990）。圃場の一部に作物よりも強く害虫を誘引する「おとり植物」（静岡県農林技術研究所、2013）や、出穂期の早い品種を栽培した「おとり水田」（中村ら、2002）に害虫を集めて薬剤散布によって防除する研究事例はあるものの実用化には至っていない。

おわりに

2021年5月に策定された「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに農薬使用量（リスク換算）の50%削減が示された。また、2023年4月には植物防疫法の一部を改正する法律が施行され、指定有害動植物に関し、化学農薬のみに依存せずに発生の予防を中心とした防除を推進するための基本指針を国が定め、総合防除の実施に関する計画（総合防除計画）を都道府県が定める制度が創設された。このような情勢の中、水稻栽培においても生物多様性にも配慮した環境保全型農業のより一層の推進が求められている。また、我が国では気候変動対策として「地球温暖化対策計画」（2021年10月閣議決定）の中で、農地土壌に係る温室効果ガス（GHG）削減対策が挙げられ、みどりの食料システム戦略にもGHG削減に向けた技術革新が位置づけられているほか、各種施策により国内のメタン排出量の約4割を占める水田からのメタン排出削減を推進している。これに関し、「水稻栽培における中干し期間の延長」は国が認証するJ-クレジット制度において新たな方法論として本年承認されており、秋に稲わらをすき込む「秋耕」についても対象に加える方向で検討されている。中干し期間延長や秋耕の取り組みは、水稻害虫防除の面からみるとイネミズ

ゾウムシやトビイロウンカの発生を抑制する効果やニカメイガやヒメトビウンカ、ツマグロヨコバイの越冬幼虫密度を減少させる効果があると考えられ、上記の施策の活用により副次的に水稻害虫の耕種的防除にも取り組まれることが期待される。しかしながら、取り組み導入の際にはその地域での効果のほか、他の病害虫種や雑草の発生・被害や収量・品質への影響など水稻栽培全体を多面的に評価して対応する必要があると考えられる。基本的には、これまで同様、IPMの観点に基づき物理的・耕種的防除法に化学的防除法を無理なく組合せ、より合理的・効果的かつ省力化・低コスト化が図られるような体系の推進が望まれる。

引用文献

- 1) 日鷹一雅・中筋房夫（1990）：自然・有機農法と害虫，冬樹社，東京，292 pp.
- 2) 樋口博也（2019a）：植物防疫 73：315～321.
- 3) ———（2019b）：同上 73：392～395.
- 4) 平江雅宏（2018）：同上 72：332～336.
- 5) ———・柴 卓也（2018）：第62回応動昆虫大会講要：52.
- 6) 星野 滋（2019）：植物防疫 73：308～314.
- 7) 池内 温・窪田聖一（2018）：愛媛農林水研研報 10：33～39.
- 8) 城所 隆（2018a）：植物防疫 72：126～132.
- 9) ———（2018b）：同上 72：196～202.
- 10) ———（2018c）：同上 72：608～616.
- 11) ———ら（1982）：応動昆 26：306～308.
- 12) 桐谷圭治・田付貞洋（2009）：ニカメイガ 日本の応用昆虫学，東京大学出版会，東京，290 pp.
- 13) 小嶋昭雄（1987）：北陸病虫研報 35：27～29.
- 14) ———（2022）：新潟県における水稻害虫勢力の変遷と主要害虫の発生特徴 最近80年間の害虫発生の記録，新潟県植物防疫協会，新潟，124 pp.
- 15) 増田周太ら（2016）：福井農試研究報告 53：13～17.
- 16) 松木伸浩・三田村敏正（2010）：北日本病虫研報 61：99～102.
- 17) 松倉啓一郎（2019）：植物防疫 73：122～125.
- 18) 松村正哉（2018）：同上 72：259～265.
- 19) 中村 充ら（2002）：関西病虫研報 44：77（講要）.
- 20) 新山徳光（2018）：植物防疫 72：674～678.
- 21) ———・糸山 亨（2006）：北日本病虫研報 57：129～133.
- 22) 斎藤真理子ら（2010）：同上 61：99～102.
- 23) 酒井和彦ら（2017）：関東病虫研報 64：10～14.
- 24) 志賀正和（1998）：害虫管理，植物防疫講座第3版 害虫・有害動物編，日本植物防疫協会，東京，p.125～155.
- 25) 静岡県農林技術研究所（2013）：地域の植生管理，社団法人農山漁村文化協会，東京，112 pp.
- 26) 杉浦和彦ら（2017）：育種学研究 19：1～7.
- 27) 高岡誠一（2014）：植物防疫 68：559～562.
- 28) 寺本憲之（2003）：滋賀農総セ農試研報 43：47～70.
- 29) 富山県農林水産部（2012）：平成23年度農業分野試験研究の成果と普及：29～30.
- 30) 積木久明ら（1985）：応動昆 29：131～136.
- 31) 都築 仁ら（1986）：イネミズゾウムシの防除：被害ゼロをめざして，日本植物防疫協会，東京，175 pp.
- 32) 山本雅則・長谷川美克（2000）：応動昆中国支会報 41：13～16.
- 33) 安田道夫・永田 修（2005）：土肥誌 76：201～203.
- 34) 湯浅和宏（2006）：植物防疫 60：211～214.

研究室紹介

地方独立行政法人 青森県産業技術センター りんご研究所県南果樹部

地方独立行政法人青森県産業技術センターは、青森県内にある工業・農林・水産・食品加工の4部門の13研究所を統合した総合的な研究機関として、平成21年4月に発足しました。

りんご研究所県南果樹部の歴史は、明治45年の青森県農事試験場八戸分場の設立に始まります。その後、移転や再編を経て、昭和47年の青森県畑作園芸試験場の設立、平成10年の青森県りんご試験場県南果樹研究センターへの組織改正と続き、平成21年から現在の組織体制となっています。

青森県での果樹関係の試験研究は、黒石市にあるりんご研究所においてりんごを主体に実施しているのに対し、三戸郡五戸町にあるりんご研究所県南果樹部では、主にりんご以外の果樹を中心に、6名（栽培・品種担当3名、病虫害担当3名）の研究員で栽培技術、品種開発および病虫害防除技術に関する研究に取り組んでいます。

りんご生産量日本一の青森県ですが、県内ではぶどう、おうとう、もも、西洋なし等の生産も盛んであり、これら果樹に関する試験研究への要望も数多くあります。当部で平成10年に交配し、平成25年に品種登録されたおうとう新品種「ジュノハート」の育成は代表的な成果です。また、病虫害関係においても、近年ではモモせん孔細菌病の総合的防除技術、核果類の枝幹害虫コスカシバの防除法等を普及に移しています。

今回は、現在取り組んでいる病虫害関係の主な研究課題を紹介します。

1 おうとうの病虫害防除技術

本県では、オリジナル品種「ジュノハート」を県産おうとうのけん引役に位置付けてブランド化を進めています。



大玉でハート形の新品種
「ジュノハート」

す。このため当部では、高品質果実の安定供給に向けて、各種病虫害の防除対策強化に取り組んでいます。特に、果実を加害するカメムシ類やオウトウショウジョウバエの防除は重要であり、本年はこれらの防除薬剤の効果と実用性を検討してい



オウトウ褐色せん孔病

チャノキイロアザミウマ
による被害果粒
「シャインマスカット」

ます。また、昨年県内の一部園地で発生が目立った褐色せん孔病の防除対策強化として、収穫後の薬剤散布回数についても検討しています。

2 ぶどうの病虫害防除技術

本県のぶどうの品種構成は「スチューベン」が約7割を占め、次いで約2割が「キャンベル・アーリー」となっています。近年、これら品種の栽培面積が減少する中で、「シャインマスカット」の栽培が拡大しており、高品質安定生産のための防除技術の確立が求められています。現在、本県では「スチューベン基準」と「キャンベル・アーリー基準」の2種類の病虫害防除暦を作成しており、「シャインマスカット」の防除は「スチューベン基準」の病虫害防除暦を参考に実施するよう指導しています。しかし「シャインマスカット」の開花時期が「スチューベン」より遅いことや、べと病が発生しやすいこと等から、「シャインマスカット基準」の病虫害防除暦の作成に取り組んでいます。本年は、べと病およびチャノキイロアザミウマの防除対策強化に向けて、各薬剤の防除効果と実用性を検討しています。

3 その他果樹の病虫害防除技術

ももの難防除病害であるせん孔細菌病は、依然として発生の多い園地が見られることから、新規薬剤の防除暦採用のための試験を継続しています。虫害では、西洋なしのカメムシ類防除剤としてこれまで指導してきた薬剤が販売中止になったことから、代替剤の検索を進めています。また、ブルーベリーで発生が見られているミズキカタカイガラムシの発生生態の解明といった基礎的調査も行っています。

今後とも当部では、本県の果樹生産現場で発生が問題となる病虫害の効率的防除法の開発を進め、その普及に貢献していきます。

(総括研究管理員 内藤 誠)

研究室紹介

鹿児島県農業開発総合センター 大島支場

鹿児島県農業開発総合センター大島支場は、明治35年、大島郡名瀬村（現奄美市名瀬真名津町）に大島糖業模範場として設置された糖業関連の研究に着手したのが始まりです。その後、奄美地域における農業の変遷とともに時代の要請に応じ、糖業以外の農作物や畜産、蚕業などの技術的研究にも着手しました。昭和28年、奄美群島の日本復帰により、鹿児島県農業試験場大島分場に改称しました。昭和31年に現在地の奄美市名瀬浦上町に移転しました。昭和33年に農業試験場大島支場に改称し、昭和62年に農業試験場徳之島支場の新設に伴い、亜熱帯果樹研究室と病害虫研究室の2研究室体制となり、平成18年に農業開発総合センター大島支場に改称しました。

当支場は奄美地域の農業における「稼ぐ力」の実現に向けた亜熱帯果樹栽培技術および病害虫防除技術の開発を行っています。亜熱帯果樹研究室は昭和47年に日本で初めて、マンゴーのビニール被覆栽培技術を確立した研究室で、現在、室長、研究員の2名で業務にあたっています。病害虫研究室は室長、病害担当、虫害担当の3名で業務にあたっています。以下、近年、病害虫研究室で取り組んでいる主な研究内容について紹介します。

1 サトウキビの病害虫防除技術の開発

サトウキビ黒穂病は発生すると株が枯死してしまうサトウキビで最も問題になる病気です。防除対策として、抵抗性品種の利用を行っており、その開発を目的とした「イノベーション創出強化研究推進事業委託事業（課題番号 02024C）」に参画して、黒穂病抵抗性検定を行っています。また、サトウキビに発生するイネヨトウ等のメ



イネヨトウに対する交信かく乱法の検証



マンゴーの農業登録に向けた試験の調査風景

イチユウ類は芯枯れ被害を引き起こし、茎数の減少を招きます。これらの害虫に対し、フェロモントラップ等を利用して発生生態を明らかにするとともに、交信かく乱法等を利用した環境に配慮した総合防除の構築を図っています。

2 特殊病害虫の防除技術の開発

奄美群島には特殊病害虫といわれるカンキツグリーニング病、アリモドキゾウムシ等が侵入、定着しており、根絶に向けた国等の事業が進められています。それらの事業を支援するために防除技術の開発を行っています。カンキツグリーニング病は、細菌の感染によりカンキツ類が枯死する病気で、米国等の主要な生産地で猛威を振るっています。農研機構、沖縄県等と共同で感染樹の早期発見技術、媒介虫であるミカンキジラミの防除技術等を開発し、根絶に向けた事業で利用されています。また、アリモドキゾウムシは幼虫がサツマイモの塊根を加害します。加害された塊根に苦み成分が生成されるため、食用や飼料として利用できなくなります。鹿児島県は喜界島での根絶事業を行っており、放飼する不妊虫の増殖技術の改善や交信かく乱法による密度抑圧防除技術等の開発を行っています。

上記のほかにもマンゴー、パッションフルーツ、タンカン、トルコギキョウなど奄美地域の特産品目に発生する病害虫への防除技術開発や農薬登録に向けた試験の実施など、地域のニーズに対応した試験研究を行っています。

今後も奄美地域に根ざし、「稼ぐ力」の実現に貢献できるような研究を行っていきます。

（室長 尾川宜広）

学 会 だ よ り

○第24回農薬バイオサイエンス研究会開催のお知らせ

日本農薬学会主催第24回農薬バイオサイエンス研究会は下記のとおり開催いたします。

開催形式：対面

開催日：2023年11月17日

参加申込み期限：2023年11月15日

参加料金：無料

開催場所：東京農工大学 府中キャンパス 農学部本館
講堂

日程

13:30-13:35 開会の挨拶

13:35-14:10

『ゴマダラカミキリのコンタクトフェロモン同定までのみちのり』

辻井 直（農研機構 植物防疫研究部門）

14:10-14:45

『ここまでわかったガ類性フェロモンの生合成』

藤井 毅（摂南大学 農学部）

14:55-15:30

『ここまでわかったガ類性フェロモンの受容メカニズム』

櫻井健志（東京農業大学 農学部）

15:30-16:05

『昆虫フェロモン利用の現状と課題』

田端 純（農研機構 植物防疫研究部門）

16:05-16:10 閉会の挨拶

連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

広告掲載会社一覧 （掲載順）

サンケイ化学(株) ……コテツ
エフエムシー・ケミカルズ(株) ……プレバソン
バイエルクロップサイエンス(株) ……ヨーバル
日本曹達(株) ……ミギワ
住友化学(株) ……主要品目
三井化学クロップ&ライフソリューション(株)
……………主要品目
協友アグリ(株) ……ピタイチ
日本農薬(株) ……AI診断
アグロ カネショウ(株) ……ヨーバル

○植物化学調節学会第58回大会開催のお知らせ

植物化学調節学会第58回大会は下記のとおり開催いたします。

開催形式：対面

開催日：2023年11月17～19日

参加料金：会員 8,000 円，学生会員 2,500 円，
非会員 9,500 円，非会員（学生）3,500 円

開催場所：明治大学生田キャンパス・中央校舎，
第1校舎6号館

連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

次号予告

次号 2023 年 11 月号の主な予定記事は次のとおりです。

特集：現場における薬剤抵抗性管理

殺菌剤耐性菌管理の考え方 鈴木啓史

IPM 基盤の殺虫剤抵抗性管理—現場の行動に結びつける基本戦略— 山本敦司

三重県における薬剤抵抗性管理の取組および薬剤抵抗性リスク評価表の防除指導への導入について 田中千晴ら

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

佐賀県におけるメタラキシル M 耐性タマネギと病菌の現況と新たな防除対策に対する取り組み 古田明子

ビワ果実腐敗を防ぐ総合的防除マニュアルの作成について 小嶺正敬

メッシュ農業気象データを用いたイネ縞葉枯病の薬剤散布適期判定システム 柴 卓也

生物農薬を活用したブロッコリー花蕾腐敗病およびキャベツ黒斑細菌病の防除対策 石山佳幸ら

植物体への障害を軽減するナミハダニ防除のための二酸化炭素くん蒸法 石井直樹

高倍率（50×）ルーペを用いたキュウリの斑点性病害の見分け方 畔柳泰典ら

韓国における農薬の流通と防除の実態 波田康弘

世界の生物農薬ビジネスの動向について 田中栄嗣

植物防疫講座：

虫害編（物理的・耕種的防除編）-2 水稻害虫における物理的・耕種的防除（スクミリンゴガイ） 清水信孝

研究室紹介：

佐賀県茶業試験場 中村典義

山口県農林総合技術センター技術部 柑きつ振興センター 岡崎芳夫

植物防疫

2023 年
10 月号

（毎月1回1日発行）

第 77 巻 2023 年 9 月 25 日印刷

第 10 号 2023 年 10 月 1 日発行
（通算 922 号）

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷（株）
東京都荒川区西日暮里 6-28-1

定価 1,100 円

本体 1,000 円 + 税 10 %

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話 (03) 5980-2181（代）

FAX (03) 5980-6753（支援事業部）

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。また、無断複写・複製（コピー等）は著作権法上の例外を除き禁じられています。

明日の「農」を支える力でありたい。

自然の恵みをうけて、大きく育つ農作物。そんなみずみずしい生命を守り、支え、確かな実りに結ぶ三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社の技術。自然との調和を基本に、三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社はより豊かな農業のために、より安全性の高い農薬の提供をつづけています。

®を付した商標は三井化学クロップ&ライフソリューション(株)の登録商標です。

殺虫剤

三井薬 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアースカイMC

ミルベノック® 乳剤

リディア® 箱粒剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

プロフレア® SC

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

エミリア® フロアブル

殺菌剤・殺虫菌殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

ネビジン® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

トライ® フロアブル

ベジセイバー®

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

三井薬 **クロールピクリン**

Dr.オリゼリディア® 箱粒剤

サンエース® 箱
粒剤

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

オリセメト® 1キロ粒剤
粒剤

アグレプト® 水和剤
液剤

除草剤

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

バスター® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤

トドメMF® 1キロ粒剤
乳剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ウルティ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

リニッパーム® 1キロ粒剤

ランカロス® 1キロ粒剤

草枯らし MIC® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル・400FG

リニッパーム® ジャンボ

ランカロス® ジャンボ

バスター® 液剤

●使用前にはラベルをよく読んでください。 ●ラベルの記載以外には使用しないでください。 ●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング

三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。

殺虫殺菌剤

ピタヤチ®

いちご専用気門封鎖剤

®は協友アグリ(株)の商標登録

ピタヤチとハダニを
イチ網打尽!

JA全農
いちごハダニゼロ
プロジェクト
採用品目

- 食品添加物を有効成分とする気門封鎖剤！
- ハダニ類に高活性を示し、殺卵効果あり！
- アザミウマ類に対して一定の密度抑制効果あり！



ハダニ類



アブラムシ類



アザミウマ類



うどんこ病

※使用前にはラベルをよく読んでください。 ※ラベル記載以外には使用しないでください。 ※小児の手の届くところには置かないでください。 ※空容器は放置せず適切に処理してください。

このアプリで一気に問題解決!!

レイミーが
スマートに
解決!



スマートフォン用アプリ

レイミーのAI病害虫雑草診断

農作物に被害を及ぼす病害虫や雑草を写真からAIが診断し、
有効な薬剤情報を提供する、スマートフォン用の防除支援ツールです。

無料!

通信料を除く



スマートフォン用アプリ



見つけて

AI診断・AI予察で
作物の問題を診断・早期発見



調べて

豊富なデータベースから
問題を検索・確認



対処する

問題に最適な農薬を紹介

無料 ダウンロードはこちら



利用時の通信料はお客様のご負担となります。

日本農業ホームページから
日本農業 検索



■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。
■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。

開発

NICHINO
日本農業株式会社

NTT DATA 株式会社NTTデータCCS

参加

日産化学株式会社

日本曹達株式会社

三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

アイエスアイハイテック

MBC 丸和バイオケミカル株式会社

※画面は開発中のものにつき、
実際の仕様とは異なる場合があります。

多彩なパフォーマンス!

チョウ目害虫防除に!!

害虫防除剤

兼商

ヨーバル[®]
フロアブル

有効成分：テトラニプロロール…18.2%

農林水産省登録
第24318号

®はドイツ・バイエル社の登録商標



5つの

**1 幅広い
殺虫スペクトル**

アオムシ、ヨトウムシなどチョウ目害虫に
卓効を示し、その他広範囲の害虫に
効果があります。

**2 バラエティ豊かな
登録作物**

野菜・果樹・茶など様々な作物で
使用できます。

**3 散布時期を
選ばない利便性**

多くの作物で収穫前日まで散布でき、
野菜は育苗期の灌注でも
使用できます。

**4 ハイレベルな
作物安全性**

天候や栽培条件に左右されず、
様々な作物に安全性が
高く安心して使用できます。

5 高い効果持続性

残効が長く、長期間害虫の被害から
作物を守ります。

■製品のお問い合わせ
アグロ カネショウ(株) お客様相談窓口
0120-996099



アグロ カネショウ株式会社
東京都港区赤坂4-2-19
<https://www.agrokanesho.co.jp>

詳しい製品情報はHPで
ご確認ください。

