

植物防疫

Plant Protection

6

2018
VOL.72



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

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

ロビコフッド® ティアナ® プレオ® スミチオン® ダントツ®
パタン® アディオン® エスマルカ® ゴツツA®

殺菌剤

スクレア® ピクシオ® ベネセット® ベンレート® フラシン®
スミレックス® リンバー® バリダシン® スターナ®

殺虫殺菌剤

新規剤 スタウトパタン® 新規剤 箱大臣® 箱王子®
スタウトパディート® 箱いり娘® スタウトダントツ®

水稲用除草剤

ゼータタイガー® ゼータハンマー® メガゼータ® 忍®
ゼータファイヤ® フルゼータ® ズエモン® カットダウン® オサキニ®

植物成長調整剤

ジベレリン協和® ロミカ®

®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。

〒104-8260 東京都中央区新川2丁目27番1号 お客様相談室



0570-058-669



大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCG GROUP



住友化学

農業支援サイト 農力 <https://www.i-nouryoku.com>

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アグロの技術。
自然との調和を基本に、三井化学アグロ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。

殺虫剤

三井化学 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

スタークル® 顆粒水溶剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアースカイMC

アキ® 乳剤

コロマイト® 水和剤
乳剤

ミルベノック® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

ベジセイバー®

ピカット® フロアブル

フルーツセイバー

ネビジ® 粉剤

ネビリュウ®

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

サンリット® 水和剤

テーク® 水和剤

タチガレン® 粉剤
液剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

タチガレファイト® 液剤

サンブラス® 粒剤

ガッツスター® 粒剤

トリプルキック® 箱粒剤

サントリプル® 箱粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

クロピクテープ

三井化学 **クロールピクリン**

三井 **ソイリーン**®

ドロロール

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

シュイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

クサトリ-BSX® 1キロ粒剤75/51
ジャンボH/L・フロアブルH/L

キクンジャベ-Z® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

クサバルカン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

オシオキ® MX 1キロ粒剤

フォローアップ® 1キロ粒剤

サンバード® 粒剤

ワイドアタック™ SC

草枯らし MIC®

アトカラ® SジャンボMX

セカンドショット® SジャンボMX

●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。



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
**サンケイ
サブリーナフロアブル**



植物保護薬！
**サンケイ
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！
**サンケイ
クムラス**



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

本社 〒891-0122 鹿児島市南栄2丁目9 ☎(099) 268-7588
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11 ☎(03) 3845-7951

元気いっぱい
Oh おいしい!

新登場



オルフィン®
フロアブル

新規殺菌剤

フルオピラム (SDHI) 含有。
灰色かび病、菌核病、うどんこ病などの
重要病害をしっかりと防除。
安心して、高品質な作物づくりを。

●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://cropscience.bayer.jp>

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00, 13:00~17:00
土・日・祝日を除く

目次

巻頭言

ゲノム編集などを利用した新たな植物保護技術……………三富 正明 1

研究報告

山形県における斑点米カメムシ類の発生実態と本田薬剤散布後の除草による防除対策……………上野 清 2
春掘りニンジンに発生する雪腐小粒菌核病と耕種の防除法……………池田 幸子 8
青森県で発生したリンゴ黒星病の Qoi 剤耐性菌とその分布……………平山和幸・雪田金助 16
福岡県におけるナシ黒星病 DMI 剤感受性低下と防除対策……………菊原 賢次 21

調査報告

CAA 系剤耐性菌と薬剤使用ガイドライン……………石井 英夫 25
DMI 剤耐性菌と薬剤使用ガイドライン……………稲田 稔 31

トピックス

種子伝染性病害をめぐる最近の国際動向 2018(1)
International Seed Health Initiative-Vegetable (ISHI-Veg) の活動を通じて
……………木戸一孝・塩谷純一郎・三原倫尚・細淵勇治・加藤俊彦・草野新太郎 38

日植防シンポジウムから

指導機関に寄せられる相談と対応の現状について……………天野 昭子 45
農業普及組織における植物防疫分野の人材育成の実態と課題……………伊藤 博祐 49

植物防疫講座

病害編 イネもみ枯細菌病の発生生態と防除……………曳地康史・甲斐建次 55
虫害編 ツマグロヨコバイの発生生態と防除……………平江 雅宏 61

研究室紹介

農研機構 果樹茶業研究部門 リンゴ研究領域 リンゴ病害虫ユニット……………柳沼 勝彦 66
富山県農林水産総合技術センター 農業研究所 病理昆虫課……………守川 俊幸 67

農林水産省プレスリリース (30.4.12~5.14) 60
新しく登録された農薬 (30.4.1~4.30) 15
登録が失効した農薬 (30.4.1~4.30) 44
発生予察情報・特殊報 (30.4.1~4.30) 15

【表紙写真】

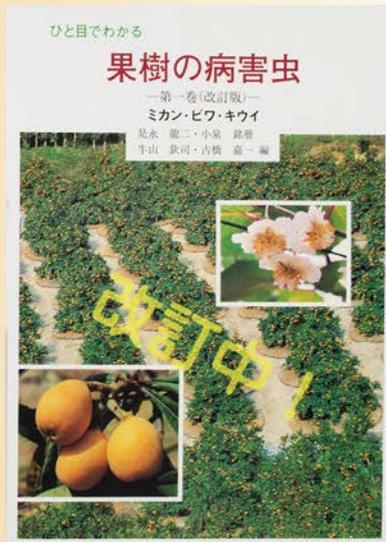
左上：ナシ黒星病の罹病果

左下：イネ害虫（上から左回りにツマグロヨコバイ若齢幼虫・雄成虫・雌成虫・老齢幼虫・アカスジカスミカメ成虫）

右：イネもみ枯細菌病に罹病した稲穂

6月下旬刊行予定！

ひと目でわかる 果樹の病害虫 —第一巻(改訂第二版)—



B5版 195頁、予価 本体6,000円+消費税、送料 実費

本書では、これまでミカン・ビワ・キウイを対象樹種とし、これらに発生する多くの病害虫を紹介していました。病害では発病部位や様相、病原菌やその顕微鏡写真を、害虫では卵から成虫までの各発育ステージと被害写真などを掲載しました。また発生生態や防除法について全国の研究者が簡潔に解説し、写真と解説により病害虫の診断と防除を容易にした図鑑です。今般の改訂では、既存作物に更に病害虫を追加すると共に、新たにマンゴー・パパイヤ・オリーブを加えて増補しました。

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部
TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753
<http://www.jpfa.or.jp/> order@jpfa.or.jp

「植物防疫」WEB 公開に係る利用許諾について (お願い)

本誌では平成 30 年 6 月より、一定期間を過ぎたバックナンバーの全文を、当協会 WEB サイトでご覧いただけるよう順次作業を進めております。

これに当たり執筆者の皆様には、順次利用許諾をいただく作業を進めておりますが、何分利用許諾をお願いする著作権者は広範囲に及ぶため、現時点で所在のわからない方もおられます。現住所がわからない執筆者の方には、本誌および WEB サイト内で利用許諾をお願いしております。

今回のバックナンバーの全文公開は、より多くの皆様に各文献を閲覧いただくことができるようにすることで、植物防疫事業・病害虫の調査研究の発展に資することを目的とした取り組みであり、執筆者の皆様におかれましては公開の意義をご理解いただき何卒ご協力をお願い申し上げます。

また、ご意見・ご質問などございましたら当協会支援事業部までご連絡をお願い致します。


 巻頭言

ゲノム編集などを利用した 新たな植物保護技術

 Meiji Seika ファルマ株式会社 み三 とみ富 まさ正 あき明


生物の遺伝情報を効率よく簡単に改変できるゲノム編集技術は、2012年6月に米国カリフォルニア大学ダウドナ教授らが「クリスパー・キャス9 (CRISPR-Cas9)」技術として「サイエンス」誌に発表したものです。ゲノム編集技術は、あらゆる種類の動植物に汎用的に利用でき、そのメカニズムは、指定したゲノムの編集箇所を見いだすガイドRNAとその箇所ゲノムを切断するハサミ (Cas9ヌクレアーゼ) により、ピンポイントでDNA上の狙った箇所を切断したり、遺伝子を挿入できる新技術です。従来の「遺伝子組換え作物 (GMO)」の開発には数年の時間を要しましたが、ゲノム編集技術を用いると1年程度で目的とする新品種の育種ができるため、開発時間の短縮と開発コストの低減に貢献するメリットがあります。これまでの「遺伝子組換え作物 (GMO)」の複雑な手順や課題を解決するノーベル賞レベルの新技術です。

農業分野では、「遺伝子組換え作物 (GMO)」のように、目的とする動植物とは別の生物から取り出した外来遺伝子を導入しないことから、生産者や一般消費者にも受け入れやすくなり、ゲノム編集により開発された新品種は従来のGMOに置き換わると考えられます。当然ながら、ゲノム編集技術も法的規制の整備やパブリック・アクセプタンス (社会的受容) を得ることが必要となりますが、植物保護分野での研究開発がより活発になるでしょう。

植物保護分野における研究成果として、東京大学の研究チームがシロイヌナズナ変異体に、ポテックスウイルスPIAMVを接種して、ウイルスに感染しない変異体を見だし、原因遺伝子 (EXA1) を特定しました。今後、ゲノム編集技術を用いてEXA1をノックアウトしたウイルス抵抗性品種が育種されるものと考えられます。また、農業生物資源研究所などの研究チームはイネの防御物質生産の鍵となるタンパク質 (DPF) 遺伝子をゲノム編集技術で高発現させることで病害抵抗性を高めたイネの作成に成功していますので、実用化が期待されるようです。このように、我が国でもゲノム編集を利用した病害虫抵抗性の品種が育種され、新たな植物保護技術として農作物の生産増に貢献するものと思います。

植物病害虫のゲノム情報を利用した「ゲノム創農業」は、これまではゲノム解析が完了したモデル生物を使用していました。しかし、最近の次世代シーケンサーに象徴されるゲノム解析技術と情報処理技術の目覚ましい発展・普及に伴い、全ゲノムが解析された生物種は膨大

な数に及んでいます。ゲノム創農業における植物病害虫のゲノム情報の活用法として、病害虫の新たなターゲット分子を見いだすことで、新規な作用機序を有する農薬を開発することが可能となりました。昆虫や病原菌だけに存在する特定の代謝系のみを標的とすることができれば、ヒトや環境に対して、より安全な農薬の創製につながる可能性が高まります。さらには、新農薬創製においてはビッグデータを人口知能 (AI) で情報処理する技術を利用すれば、開発期間の大幅な短縮や開発コストの低減につながると思われます。今後は、自社データや入手可能な社外の膨大なデータを、いかにデータマイニングして有効活用していくかが、新農薬創出の成功率に影響する時代になり、我が国の農業企業の新農薬創製戦略の重要なポイントになると考えています。

2012年に発表されたゲノム編集技術の出現により5年が経過しましたが、米国の大学や企業のスピーディーな研究開発動向を見ると、遺伝子組換え植物 (GMO) 以上に、農業分野に与える影響は大きいと思います。最近の農業・種子グローバル企業の再編は、「ゲノム編集」を契機とした種子ビジネスと農業を軸としたトータルソリューションビジネスに変化するためのM&Aであり、増大する研究開発費の確保が主な要因と考えられます。我が国の農業企業も植物保護事業の戦略を一新する時期に来ているのではないのでしょうか。

農業分野におけるGMO植物では、米国に基本的な知的財産権を握られてしまいましたが、ゲノム編集においては、農業分野で我が国の優位性を示すゲノム編集の新技術創出と知的財産権の確保を早急に行う必要があります。現在、内閣府の戦略的イノベーションプログラム (SIP) において、「新たな育種技術 (NBT) の改良開発」をテーマとした我が国の農林水産政策上重要な品目の育種に利用できる国産ゲノム編集技術を開発することになっています。しかしながら、基礎研究に対する投資額としては物足りないと思われます。2100年に向けて、アフリカを中心に世界人口は爆発的に増加しますので、世界の食料生産量は慢性的に不足すると思われます。そのため、海外からの農産物輸入は難しくなって来ますので、我が国の食料自給率を高めることがより一層重要な課題となります。政府に将来の食料危機に備えて、農林水産分野のゲノム編集などのバイオサイエンス研究への積極的な投資をお願いしたいものです。

(「植物防疫」編集委員)



山形県における斑点米カメムシ類の発生実態と 本田薬剤散布後の除草による防除対策

山形県農業総合研究センター水田農業試験場 うえの 野 きよし
清

はじめに

山形県は、県産‘つや姫’を中心に‘はえぬき’等複数の銘柄で日本穀物検定協会による食味ランキングでは特Aに格付けされている良食味米生産県である。県内で生産された米の1等米比率はおおむね85~95%で推移している。現在、県内における水稻の最も問題となる害虫は斑点米カメムシ類である。検査数量に占めるカメムシの着色粒による落等率が3%を超えたのは、1998~2017年の20年間で8回あり、特に1998~2005年までに7回発生している。2006年以降は、2010年に4%となった以外は3%を超えるようなことはなくなっている(図-1)。その一つの要因として、斑点米カメムシ類を対象とした薬剤が、有機リン剤や合成ピレスロイド剤からネオニコチノイド系薬剤に代わり、2006年に県内に広く普及したことに関連付けられている(永峯・中島, 2017)。一方で、カメムシ類の生息場所である畦畔・農道の雑草対策について、過去と現在の対策を比べてみても大きくは変わっていない。

ここでは、山形県における斑点米カメムシ類の発生実態および、筆者が出穂期以降の本田薬剤散布後に除草を行い、斑点米カメムシ類の防除について検討した結果を紹介する。

I 斑点米カメムシ類の発生実態と防除対策

1 斑点米カメムシ類の発生動向

1999年の斑点米の多発生以降、山形県における斑点米カメムシ類の主要種はアカヒゲホソミドリカスミカメ(以下アカヒゲ)、次いでオオトゲシラホシカメムシであったが、2008年以降はアカスジカスミカメ(以下アカスジ)の生息地域が拡大し、全体に占める割合も増加し

ている(図-2)。病虫害防除所の調査によると、アカスジは1999年に数十年ぶりに確認されたが、その後しばらくは発生が確認されなかった。しかし、2007年に県内44調査地点のうち3地点で確認されると、年ごとに拡大し、6年後の2013年には44調査地点すべてで確認された(田渕ら, 2015)。これは東北、北陸地域の他県に比較すると、やや遅れての分布拡大、発生量の増加であった。2011年には、捕獲されるアカスジの個体数がアカヒゲよりも多くなった地点が現れ、県全体で50%を超えた。アカスジが主要種となっている地点は多く、現在もこの傾向は続いている。ただ、調査地点における両種の割合は、アカスジが高い傾向にはあるが、アカヒゲ、アカスジの混発している圃場が多いことから両種に対応できる対策が必要とされている。

2 薬剤防除の状況

本県での2017年産の水稻作付品種割合は、‘はえぬき’62%、‘つや姫’15%、‘ひとめぼれ’9%、‘コシヒカリ’6%で、斑点米カメムシ類の発生量の変動要因となる出穂期には1週間程度の幅があり、割刈率も品種によって差が認められる。育苗箱施用剤の施用によりいもち病およびイネミズゾウムシ等の初期害虫の防除が行われ、出穂期前後からいもち病、斑点米カメムシ類を対象に1~3回の本田防除が行われている。出穂期前後のいもち病と斑点米カメムシ類の防除は必須となっているが、防除適期が異なるため、同時防除として薬剤散布する場合は、適期に散布できない可能性がある。斑点米カメムシ類に対する効率的な防除法は、出穂10日後のジノテフラン剤の散布であり、1回の散布で2週間程度の防除効果があると考えられている。また、斑点米の多発が予想されなければ追加防除は必要ないことが示されている。しかし、圃場によっては複数回の薬剤散布でも斑点米カメムシ類による被害が発生している地域もある。そのため、本県での殺虫剤の散布は、穂揃期とその7~10日後の2回防除を基本とし、斑点米の発生が懸念される場合は追加防除を実施するようにしている。実際の農薬散布は、個人防除と委託による無人ヘリの広域防除があり、現在は無人ヘリによる防除が約7割を占めている。また、先に述

Occurrence of Sorghum Plant Bugs Causing Pecky Rice in Yamagata Prefecture, and Control of them by Mowing Paddy Leaves after Insecticide Application during the Ripening Peribod. By Kiyoshi UENO

(キーワード: 斑点米カメムシ類, 殺虫剤散布, 畦畔草刈り, 斑点米)

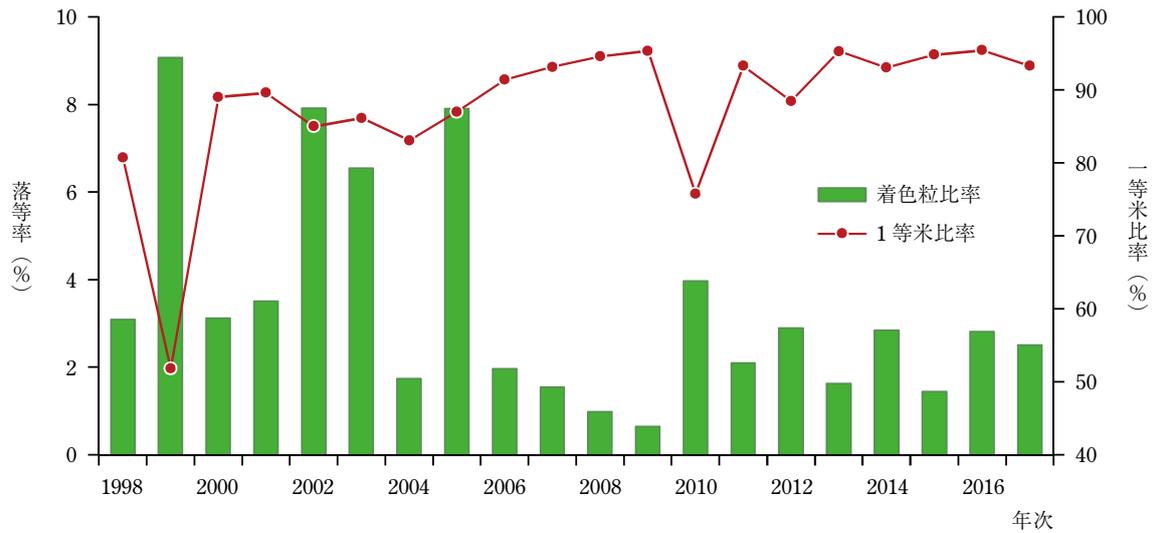


図-1 検査数量に占める着色粒による落等率と一等米比率の推移
注1) 山形県農林水産部「米に関する資料」より作図。

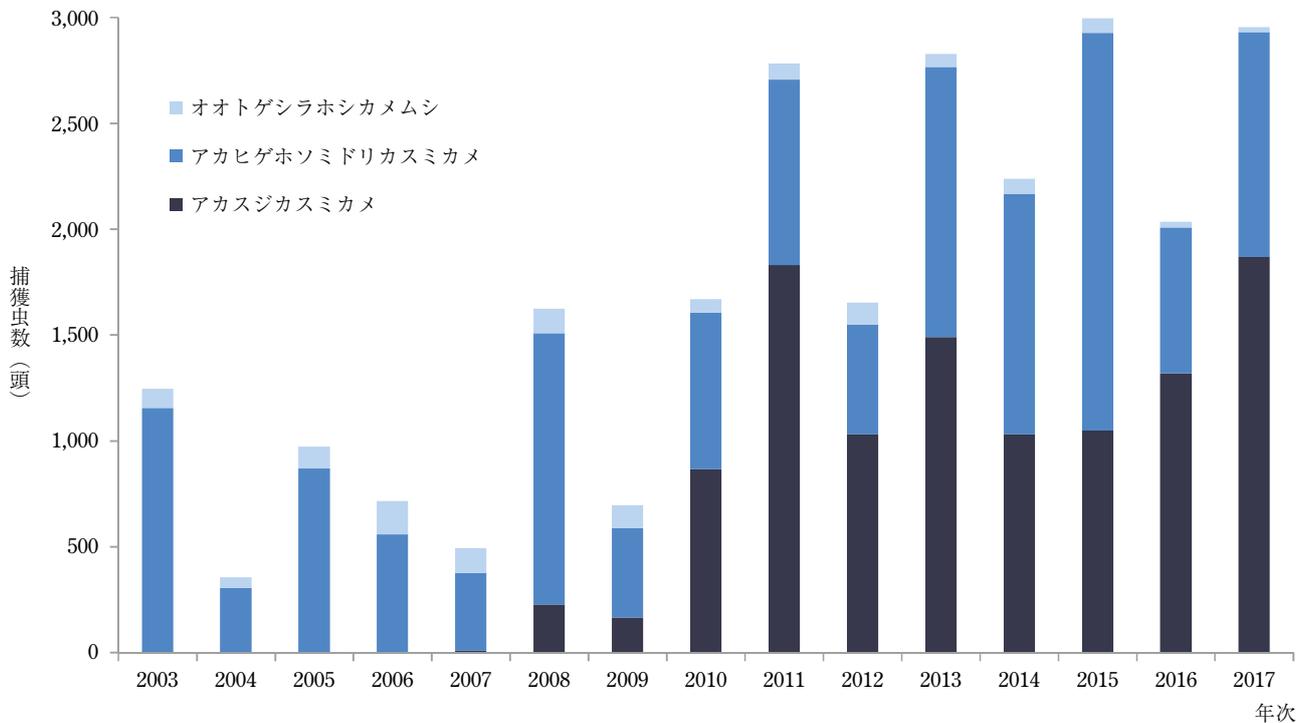


図-2 水田畦畔などにおける斑点米カメムシ類のすくい取り捕獲総数の推移 (山形県病害虫防除所調査)
注1) 県内44地点, 捕虫網(直径36cm, 柄の長さ約110cm)20回振り, 5月後半から9月前半までの8回調査の成虫, 幼虫の捕獲総数。

べたように多数の作作品種が混在したなかで、事前に計画されたスケジュールに従い防除が実施されている。

3 耕種的防除の状況

耕種的防除としては、斑点米カメムシ類の生息場所となる畦畔・農道の徹底した草刈りで生息密度を下げるようにし、出穂2週間前以降はカメムシ類の水田侵入を防ぐため「草刈り禁止期間」を設定している。また、水田周辺付近には牧草地、高速道路や河川堤防、鉄道等があ

るため、それらの管理者への適切な刈り取りや草刈り要請も行われている。畦畔・農道の雑草管理としては、刈り払い機や自走式機械除草機で行われている。田植えから刈り取りまでの草刈り回数は3~4回で、田植え時期の5月上旬には、畦畔雑草が旺盛となっているため田植え前にも草刈りが行われている場合もあり、管理する生産者の大きな負担となっている。草刈りをこれ以上行うのは現実的でないが、出穂2週間前までに畦畔の草刈り

を実施し、8月に草刈りをしない場合、畦畔雑草が非常に旺盛となり、イネ科雑草が再生後出穂し斑点米カメムシ類の生息に好適な状態になることも多い。

II 薬剤散布後の草刈りによる防除

1 薬剤の残効（網かけ後放飼）

畦畔の草刈りにより斑点米カメムシ類が水田内に飛び込むことを想定し、本県で使用されている主な薬剤の残効を放飼試験により検討した。試験は2015年、16年に山形県農業総合研究センター水田農業試験場（鶴岡市）の圃場で、品種‘はえぬき’を用いた。

2015年は出穂4日前にナイロンゴースの網枠で20株の稲体を覆い、出穂9日後に蓄圧式噴霧器を用いて、供試薬剤を150 l/10 a 散布した。薬剤は、ジノテフラン液剤（1,000倍）とエチプロール水和剤（1,000倍）とした。薬剤散布1日後、8日後、14日後の3時期にアカヒゲまたはアカスジ雌雄10対を放飼した（各2反復）。放飼5日後に網枠内にジノテフラン液剤を散布し、放飼虫を除去した。網枠は成熟期までそのままかけておいた。なお、薬剤散布後から放飼を行っている期間の総降水量は72 mmで、薬剤散布5日目には31 mm/日の降雨があった。

2016年は出穂9日後に、背負式動力噴霧器を用いて、各試験区（30 m²）に供試薬剤を150 l/10 a 散布し、2日後の8月18日にナイロンゴース網枠で1株単位に稲体を覆った。薬剤は、ジノテフラン液剤（1,000倍）とエチプロール水和剤（1,000倍）とした。薬剤散布2日後、8日後、15日後の3時期にアカヒゲまたはアカスジ雌雄1対を放飼した（各6反復）。2015年と同様に、放飼期間終了時に殺虫剤を散布し、成熟期まで網枠をかけたままとした。なお、薬剤散布時の平均風速は6 m/s前後と強く、試験期間中の総降水量は232 mmで、薬剤散布1日後には71 mm/日、6日後に97 mm/日の降雨があった。

2015年の各種薬剤における放飼日別、カメムシの種類別の斑点米発生量を図-3に示した。アカヒゲではジノテフラン液剤、エチプロール水和剤各1,000倍は、散布14日後まで効果が認められた。一方、アカスジでは、ジノテフラン液剤、エチプロール水和剤各1,000倍は、散布8日後まで効果が認められ、14日後では、斑点米発生量が、対無処理比で50を超え、効果は認められなかった。

2016年の各種薬剤における放飼日別、カメムシの種類別の斑点米発生量を図-4に示した。アカヒゲではジノテフラン液剤、エチプロール水和剤の各1,000倍は、散布8日後まで効果が認められた。エチプロール水和剤2,000倍は、散布2日後で対無処理比125と効果が認め

られなかった。

一方、アカスジでは、ジノテフラン液剤、エチプロール水和剤各1,000倍は、散布8日後まで効果が認められたが、エチプロール1,000倍は、ジノテフラン液剤1,000倍に比較し、やや劣った。エチプロール2,000倍は、散布2日後で対無処理120と効果が認められなかった。なお、散布15日後では、いずれの供試薬剤も両種に対して無処理と同程度の斑点米発生量であり、効果は認められなかった。以上のことから、薬剤散布時の強い風や薬剤散布後の多雨条件で、ジノテフラン液剤1,000倍の効果持続期間は、両種に対し8日であった。エチプロール水和剤1,000倍は、アカヒゲでは効果が8日後まで認められたが、アカスジでは効果がやや劣った。また、エチプロール水和剤2,000倍の効果は認められなかった。

斑点米カメムシ類に対するジノテフラン剤、エチプロール剤の防除効果についてはいくつかの報告がある。ジノテフラン液剤1,000倍は、アカヒゲに対し散布後10日程度（新山・糸山, 2004）、アカスジに対しても散布後7日後まで残効が示され（高橋・菊池, 2015）、本試験の結果とほぼ一致した。エチプロール水和剤の1,000倍で、アカヒゲに対し、1回防除で高い防除効果を示し（荻野・橋本, 2013）、2,000倍でも高い効果を示している（石本, 2016）。一方、アカスジに対して、石本（2016）は多発時での検討が必要としている。本試験のエチプロール1,000倍は、両種に対して、ジノテフラン液剤に比較し、やや劣るものの残効は認められたが、2,000倍では効果が認められなかった。これは試験期間中の気象条件、特に散布後の多雨が効果に影響を与えたと考えられ、再度検討が必要と思われる。

2 出穂期以降の草刈りの効果の実証

アカヒゲおよびアカスジの発生する酒田市広野の水田において、本田薬剤散布後の草刈り実証試験を2015年と16年の2か年実施した。品種は‘はえぬき’で、出穂期は、2015年が8月10日、2016年が8月9日で、両年とも水田内にはイヌホタルイなどのカヤツリグサ科雑草やノビエは確認されなかったが、水田圃場周辺の畦畔にはイタリアンライグラスなどイネ科雑草が確認されている。試験区は、薬剤散布後に草刈りを実施した「草刈区」、8月に草刈りを行わない「慣行区」、8月の草刈りと薬剤散布とを行わない「無処理区」の3区とし、2015年は圃場2筆で約20 aに3箇所、2016年は圃場3筆で約60 aに4箇所を畦畔に接するように配置した。薬剤はジノテフラン液剤1,000倍を使用し、2015年が8月19日、2016年が8月18日に、いずれも出穂9日後にセット動噴で150 l/10 aを水田に散布した。草刈りは、自

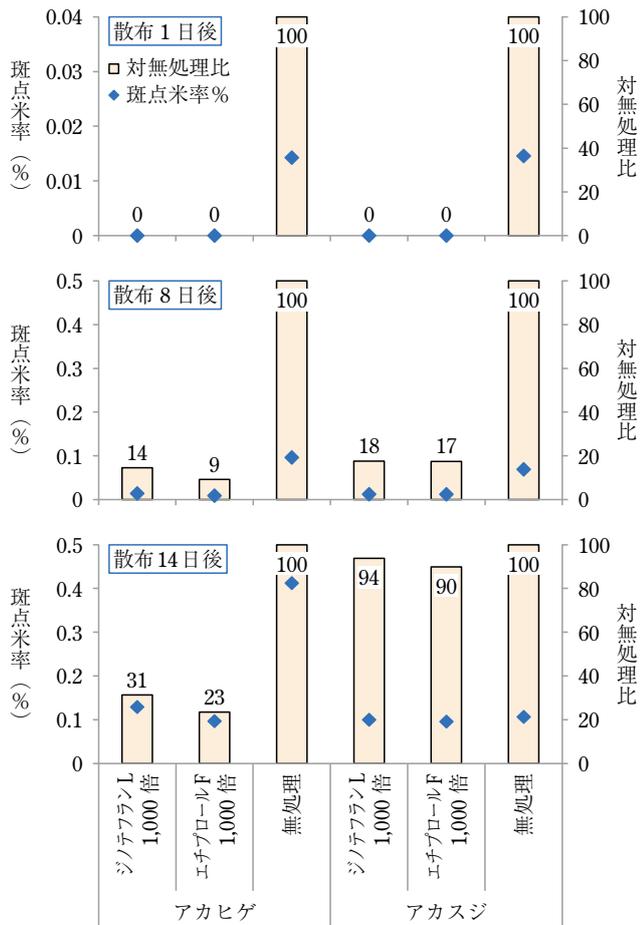


図-3 各種薬剤における放飼日別の斑点米発生量 (2015)

注1) 2反復の平均。注2) Lは液剤, Fはフロアブル剤の略。
 注3) 数値は対無処理比で, 無処理の斑点米率を100としたときの割合。注4) 調査方法 成熟期の9月11日に各区20株を刈り取り, 精玄米(粒厚1.9mm以上)について加害部位別に斑点米を調査。

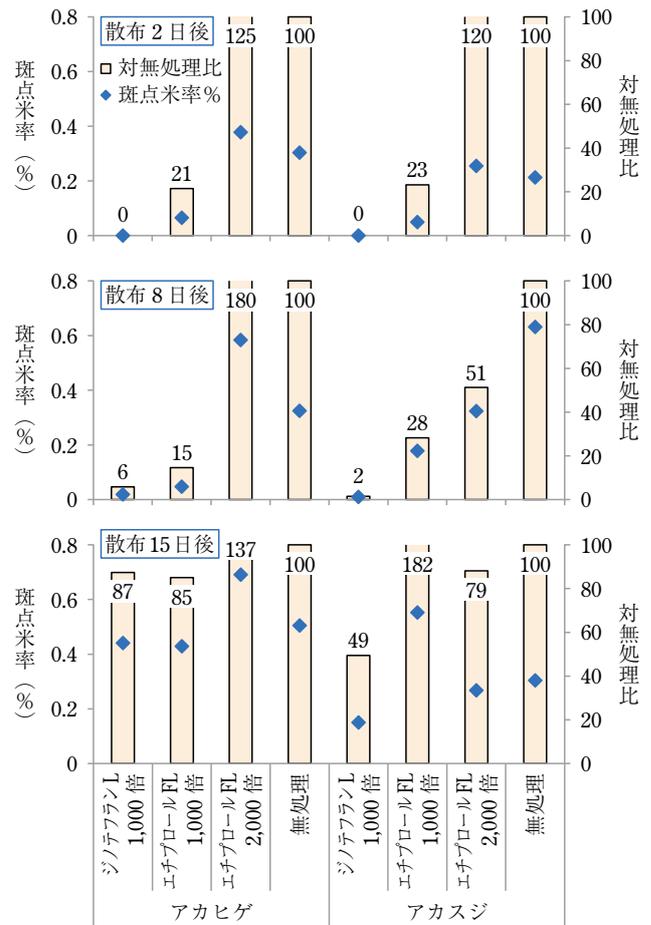


図-4 各種薬剤における放飼日別の斑点米発生量 (2016)

注1) 6反復の平均。注2) Lは液剤, Fはフロアブル剤の略。
 注3) 数値は対無処理比で, 無処理の斑点米率を100としたときの割合。注4) 調査方法 成熟期の9月19日に刈り取り, 粗玄米について加害部位別に斑点米を調査。

走式草刈機で実施した。

(1) 畦畔・水田内における発生推移

畦畔における斑点米カメムシ類の発生推移およびイネ科雑草の出穂割合を図-5, 7に示した。2015年の草刈区, 慣行区では8月上旬にアカヒゲ成虫を確認したが, 両区とも8月中旬以降は斑点米カメムシ類の発生は少なく, 草刈りとの関係は判然としなかった。2016年の草刈区では草刈り前の8月上~中旬にはアカヒゲ成虫, アカスジ成虫, カスミカメムシ類幼虫が多く確認されたが, 草刈り後は発生量が少なく推移した。一方, 慣行区では, 8月下旬からアカスジ成虫, カスミカメムシ類幼虫が増加し, 9月上旬の草刈り後は少なくなった。なお, イネ科雑草の出穂割合は, 両年とも慣行区が8月下旬にかけてイネ科雑草の出穂割合が高くなり, 草刈区では9月上旬までイネ科雑草の出穂割合が低下した。

アカヒゲ, アカスジはイネ科雑草に依存しており, 横

田・鈴木(2007)は, 水田畦畔においてイネ科雑草の出穂程度が大きいほどアカスジ成虫およびカスミカメ類幼虫の密度が高く, 出穂のほとんどない畦畔では密度が低いとし, 本報告とほぼ一致した。

水田内における斑点米カメムシ類の発生推移を図-6, 8に示した。2015年の草刈区では, 薬剤散布前にアカヒゲ成虫, アカスジ成虫, カスミカメ幼虫が確認され, 散布後は確認されなかった。また慣行区も同様に薬剤散布前には両種が確認され, 散布後の発生量は低下したが, 9月14日にはアカヒゲ成虫がわずかに確認された。2016年の草刈区・慣行区では, 薬剤散布前にアカヒゲ成虫・アカスジ成虫・カスミカメムシ類幼虫がそれぞれ確認され, 散布後には, アカヒゲ成虫・カスミカメ幼虫は, ほとんど確認できないが, アカスジ成虫が確認されている。草刈区・慣行区とも水田内にはアカスジ成虫が確認されたものの, 後述する斑点米率も0.1%以下で, 対無

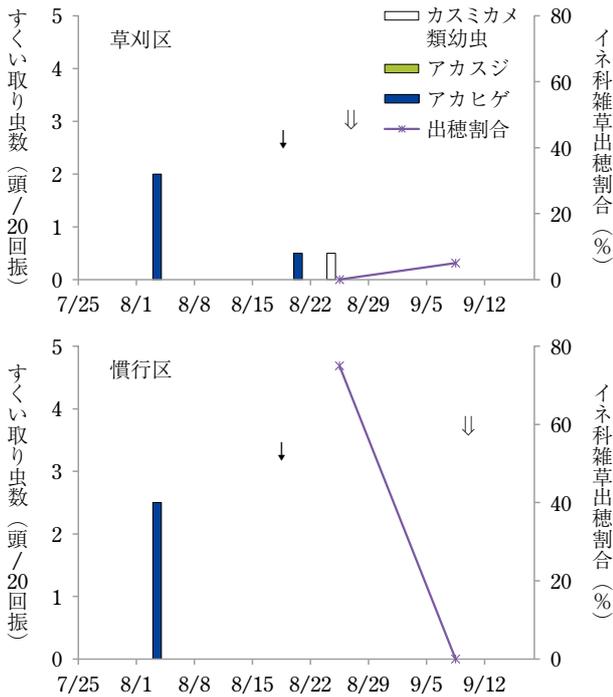


図-5 畦畔における斑点米カメムシ類の発生推移とイネ科雑草出穂割合 (2015)

注1) 2箇所の平均虫数, ↓: 薬剤散布 ↓↓: 草刈り.
 注2) すくい取り調査: 8/3~9/14まで定期的に各試験区において捕虫網による20回振りすくい取りを行い, 斑点米カメムシ類の種, 虫数を調査.
 注3) イネ科雑草の出穂面積割合調査: 8/25, 9/8に出穂面積割合を達観調査.

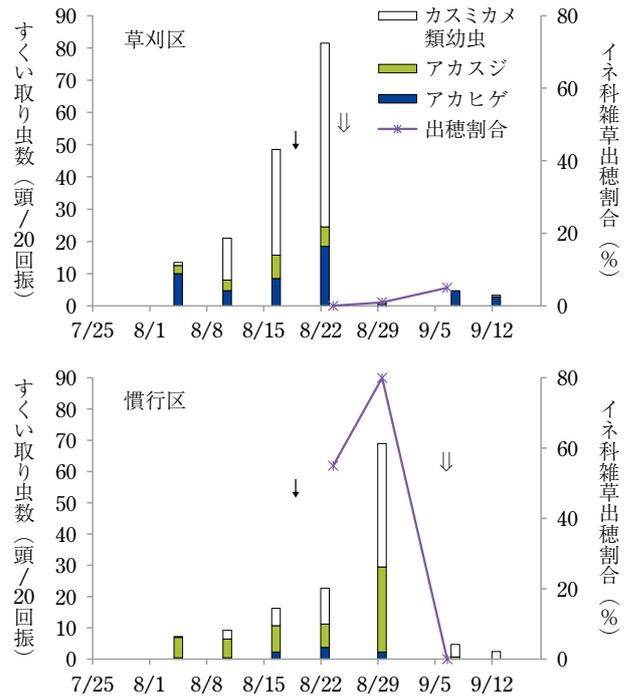


図-7 畦畔における斑点米カメムシ類の発生推移とイネ科雑草出穂割合 (2016)

注1) 4箇所の平均虫数, ↓: 薬剤散布 ↓↓: 草刈り.
 注2) すくい取り調査: 8/4~9/12まで定期的に各試験区において捕虫網による20回振りすくい取りを行い, 斑点米カメムシ類の種, 虫数を調査.
 注3) イネ科雑草の出穂面積割合調査: 8/23, 29, 9/6に出穂面積割合を達観調査.

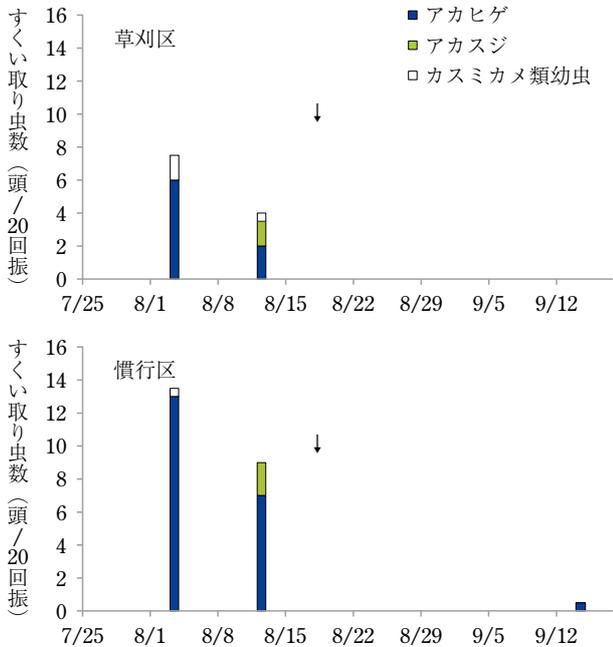


図-6 水田内における斑点米カメムシ類の発生推移 (2015)

注1) 2箇所の平均虫数, ↓: 薬剤散布.
 注2) すくい取り調査: 8/3~9/14まで定期的に各試験区において捕虫網による20回振りすくい取りを行い, 斑点米カメムシ類の種, 虫数を調査.

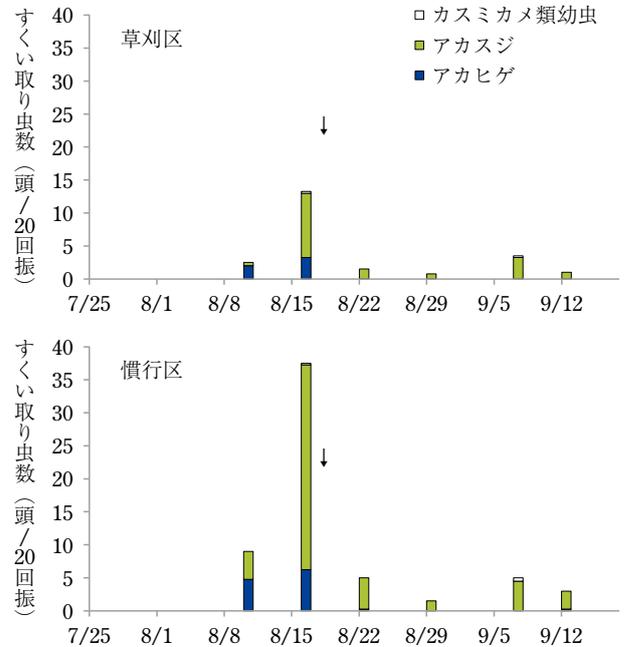


図-8 水田内における斑点米カメムシ類の発生推移 (2016)

注1) 4箇所の平均虫数, ↓: 薬剤散布.
 注2) すくい取り調査: 8/4~9/12まで定期的に各試験区において捕虫網による20回振りすくい取りを行い, 斑点米カメムシ類の種, 虫数を調査.

表-1 薬剤散布後の草刈りによる斑点米カメムシ類の防除効果 (2015)

体系	草刈・茎葉散布実施日				調査 粒数	加害部位別斑点米粒数			斑点米計	斑点米 率%	対無処理 比
	7/16	8/19(+9)	8/25	9/8		頂部	側部	他			
草刈区	○	●	○		29,266	1.8	0.5	0.0	2.3	0.008	6
慣行区	○	●		○	28,938	3.8	0.8	0.0	4.7	0.016	11
無処理	○			○	28,749	8.0	32.8	0.2	41.0	0.143	100

注1) ○：草刈り実施 ●：薬剤散布，()は出穂後日数，数値は3反復平均，対無処理比は無処理斑点米率を100としたときの比率。
注2) 調査方法 成熟期の9月24日に各区2箇所から計16株を刈り取り，精玄米(粒厚1.9mm以上)について加害部位別に斑点米を調査。

表-2 薬剤散布後の草刈りによる斑点米カメムシ類の防除効果 (2016)

体系	草刈・茎葉散布実施日				調査 粒数	加害部位別斑点米粒数			斑点米計	斑点米 率%	対無処理 比
	7/24	8/18(+9)	8/23	9/6		頂部	側部	他			
草刈区	○	●	○		58,458	4	6	0	9.3	0.016	2 *
慣行区	○	●		○	62,508	19	18	0	37.0	0.059	8
無処理	○			○	59,526	125	295	0	419.8	0.705	100

注1) ○：草刈り実施 ●：薬剤散布，()は出穂後日数，数値は4反復平均，対無処理比は無処理斑点米率を100としたときの割合，アスタリスクが付されたデータは慣行区のデータに対して有意差が認められた($P < 0.05$, Studentのt検定，斑点米率の角変換値について実施)。
注2) 調査方法 成熟期の9月21日に各区2箇所から計24株を刈り取り，精玄米(粒厚1.9mm以上)について加害部位別に斑点米を調査。

処理比も小さく，薬剤散布の効果は十分と考えられる。

(2) 斑点米の調査

各試験区における薬剤散布後の草刈りによる斑点米カメムシ類の斑点米抑制効果を表-1, 2に示した。2015年は，無処理区の斑点米率が0.143%，草刈区0.008%，慣行区0.016%で，対無処理比が6, 11で，斑点米率は，草刈区で慣行区に比較し低いものの統計的に有意な差は認められなかった。2016年は，無処理が0.705%，草刈区0.016%，慣行区0.059%で，対無処理比が2, 8で，斑点米率は，草刈区が慣行区に比較し有意に低かった。加害部位別斑点米発生量は，両年とも無処理区では側部が主体で，草刈区，慣行区は頂部と側部がほぼ同じであった。以上の結果から，アカヒゲ・アカスジの混発の条件において，出穂期以降に草刈りを実施する場合は，薬剤の散布後に草刈りをするると斑点米被害を低く抑えることができると考えられる。なお，草刈りは薬剤の残効の結果から薬剤散布直前から7日後までに実施するのが望ましいと考えられた。

この結果は，秋田県のジノテフラン液剤の散布7日後までに草刈りを実施するとアカスジの発生量を抑制し，斑点米の発生量を低減できた報告(高橋・菊池, 2015)とほぼ一致した。出穂期前後の畦畔管理について，安田ら(2013)は出穂2週から1週前のおよび出穂1週から2週後の2回除草で，斑点米率が減少することを報告している。このことは本試験での，同時期の草刈りはイネ科植物の出穂割合の抑制に有効であったと考えられる。

おわりに

北海道・東北地方では，出穂期以降は畦畔の草刈りを原則行わないとされてきたが(大友, 2013)，2015年以降の各県の病虫害発生予察情報によると，一部では防除の指導方針として薬剤散布と草刈りのセットで行うようになってきている。ただし，先にも述べたように本県では出穂2週間前までに草刈りを行い，その後の草刈りを行わないように指導している。現場では地域全体で草刈り禁止期間を設置することが「地域のルール」となっており，これまでに行っていたことを唐突に変更し，草刈り禁止期間に草刈りを行うことは，現場を混乱させる原因になりかねない。ただ，県内には，水稻作付面積千ヘクタール規模の農協が，全域で斑点米カメムシ類を対象に無人ヘリコプターによる1回防除で行い，その散布直前までに畦畔・農道の草刈りを行うように指導している例もある。まずはこの技術を導入しやすい地域で実証し，効果を確認し，斑点米カメムシ対策が少しでも前進することを期待したい。

引用文献

- 1) 石本万寿広 (2016): 植物防疫 70(12): 787~791.
- 2) 永峯淳一・中島具子 (2017): 山形農業研報 9: 1~19.
- 3) 新山徳光・糸山 亨 (2004): 北日本病虫研報 55: 131~133.
- 4) 荻野瑠衣・橋本庸三 (2013): 同上 64: 136~139.
- 5) 大友令史 (2013): 応動昆 57: 137~149.
- 6) 田淵 研ら (2015): 東北農研研報 117: 63~115.
- 7) 高橋良知・菊池英樹 (2015): 北日本病虫研報 66: 106~109.
- 8) 安田美香ら (2013): 関東東山病害虫研報 60: 87~89.
- 9) 横田 啓・鈴木敏男 (2007): 北日本病虫研報 58: 88~91.

研究 報告

春掘りニンジンに発生する雪腐小粒菌核病と耕種的防除法

北海道立総合研究機構北見農業試験場生産環境グループ（病虫）^{いけ}池^だ田^{さち}幸^こ子

はじめに

春掘りニンジン（雪下ニンジン，越冬ニンジン）栽培では，秋季に収穫可能なニンジン積雪下で越冬させ，融雪後に収穫する。貯蔵施設を必要とせず春先の野菜類が高値で取引される時期に出荷できる利点があり，また越冬中にアミノ酸量が増し食味がよくなるとされ（大塚，2014），現在北海道，青森県および新潟県の一部地域で行われている。北海道立総合研究機構（道総研）ではこの栽培法の拡大を念頭に各地で試験栽培を行った。その際，融雪後の春掘りニンジンに微生物要因と考えられる軟化腐敗症状が認められた。春掘りニンジンで融雪後に発生が認められる病害では，*Sclerotinia nivalis* Saito によるニンジン雪腐病が知られているが（Saito, 1997），今回確認した軟化腐敗はニンジン雪腐病とは明らかに症状が異なったため，この腐敗症状の原因究明を行ったところ，本症状が新しい病害であることが明らかとなった。本稿ではこの新病害の病徴，病原菌について述べるとともに，耕種的防除に関する若干の検討結果を報告する。

I 病徴

2010年4月，北海道河西郡芽室町（道総研十勝農業試験場内圃場，以下十勝農試）において春掘りニンジンの根部軟化腐敗症状が多発した。軟化腐敗したクラウンや一部水浸状になった葉には，黒褐色～暗赤色で直径1～2 mmの菌核が高い頻度で付着していた（図-1 a, b）。菌核は，融雪直後でまだ菌核が十分吸水しているときには暗赤色を呈し，乾燥するに従って黒褐色となった。また未熟とみなされる菌核は褐色～赤褐色であった（図-1 c）。一方，滝川市（花・野菜技術センター）およびオホーツク管内現地試験圃場では，芽室町で認められた菌核以外に淡褐色で直径2～4 mmの菌核の付着も認められた（図-1 d, e）。両菌による病徴に差異はなく，い

れの場合にも融雪直後には葉やクラウンに白色でクラウンのある菌糸がまとわりついていたが，乾燥すると菌糸は確認できなくなった。

Sclerotinia nivalis によるニンジン雪腐病では，黒色で1～3 cmのネズミの糞状の菌核が葉上に形成され，根部は白～灰白色の菌糸で覆われる。また発病が激しい場合，根に亀裂を生じ組織内部にも菌糸と菌核が充満する。一方，本症状はクラウンからの軟化腐敗と葉上およびクラウン近辺の地上根部に菌核が付着するのが特徴で，圃場で発病した場合には地下根部に菌核が形成される事例は認められなかった。

II 分離菌の病原性確認と同定

1 分離菌の病原性確認

菌核からの分離菌の病原性確認試験は，貯蔵物および成熟植物に対して行った。ニンジンの品種はいずれも‘向陽2号’を用いた。接種ニンジンの萎れた葉や根部の腐敗部から糸状菌の分離を試み，暗赤色菌核菌については分離菌のモノカリオン菌株と再分離菌株との di-mon 交配試験によって両者の同一性を確認した。淡褐色菌核菌については，di-mon 交配試験は行わず，2～4 mmの淡褐色の菌核の形成によって接種菌の再分離を確認した。モノカリオン菌株の分離方法については次項「2 子実体の形成とモノカリオン単離」に記す。

(1) 貯蔵ニンジン接種試験

暗赤色菌核菌および淡褐色菌核菌の複数菌株を用いて，葉付きのまま収穫したニンジンの葉または根部に分離菌の含菌寒天を貼り付け，高湿度を維持した4℃暗室内で培養し，1か月おきに発病過程を観察した。

暗赤色菌核菌は貯蔵中のニンジンの葉や根部に感染し，いずれの菌株も葉の萎凋や根部の軟化腐敗を起し，病患部からは接種菌が再分離された。無接種のニンジン葉や根部には軟化腐敗症状は認められなかった。接種後約2か月で菌核が形成され始め，菌核は初め白色でやがて褐色を経て黒褐色～暗赤色になった。また，根部表面には複数の菌核が融合したと考えられる暗赤色で硬質，凹凸のあるかさぶた状の組織が形成された。クラウン

Typhula Winter Rot on Overwintering Carrot and Control Method for it. By Sachiko IKEDA

（キーワード：春掘りニンジン，雪腐小粒菌核病，*Typhula variabilis*，*Typhula japonica*，胞子飛散，耕種的防除法）

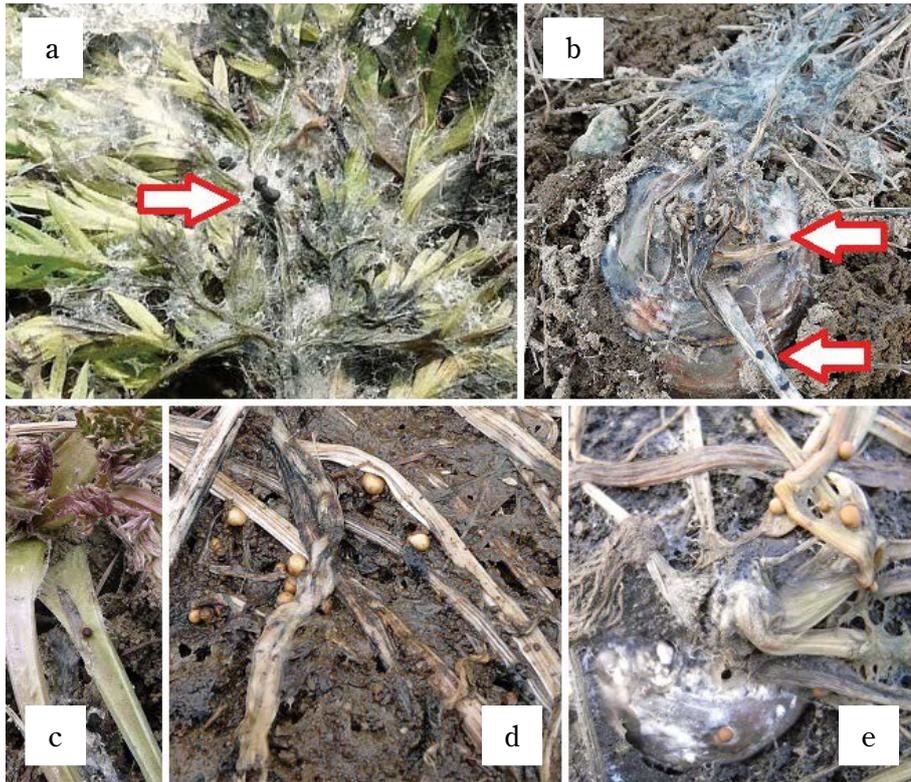


図-1 融雪後のニンジンの腐敗症状

写真はすべて融雪直後に撮影。a: 葉の一部が水浸状になり、その近くにクランプのある白い菌糸や黒褐色の菌核（矢印）が形成されている（芽室町）。b: クランプのある菌糸に覆われ、黒褐色の菌核（矢印）が形成され、軟化腐敗しているニンジンのクラウン（芽室町）。c: 未熟な菌核が赤褐色を呈し生葉上に形成された（芽室町）。d: 枯れた葉に附着したやや大型で淡褐色の菌核（オホーツク管内現地圃場）。e: 葉とクラウンに淡褐色の菌核が附着し、軟化腐敗しているニンジンのクラウン（滝川市, eのみ道総研西脇由恵氏撮影）。

プのある菌糸は根部表面の浅い部位の組織への侵入が認められたが、軟化した中心部には認められなかった。

淡褐色菌核菌はいずれの菌株も貯蔵中のニンジンの葉に感染し、葉は萎れ、葉上に菌核が形成された。水浸状になった葉の組織からは接種菌が再分離された。一方、根部への感染は確認できなかった。

(2) 成熟株に対する接種試験

ワグネルポットにニンジンを播種し、露地栽培と同様のスケジュールで栽培し、11月下旬に含菌寒天を茎葉に貼って接種した。また、含菌寒天を地際に浅く埋設して接種した。接種後十分灌水しポットごとビニール袋で覆って4℃暗室で培養し、1か月おきに観察した。

暗赤色菌核菌および淡褐色菌核菌は接種ニンジンでいずれも同様の発病経過を辿った。すなわち、接種後1か月目には葉上に菌核の形成が認められ、2か月後には葉の多くが萎れ、葉の基部やクラウンに菌核が形成され始めた。3か月後は、両菌とも葉の大部分が萎凋し、クラウンに菌核が形成され、根部の軟化が確認された。ただし、淡褐色菌核菌による根部軟化症状は地際への接種で

もクラウン付近にとどまったのに対し、暗赤色菌核菌の場合は根の半ばまで軟化するニンジン株もあり、さらに葉への接種でも根部腐敗に至るなど、暗赤色菌核菌のほうが病原力が強いと考えられた。

また、ポット栽培の幼苗（3葉期）を用いて暗赤色菌核菌のモノカリオンの病原性確認試験を行い、暗赤色菌核菌はモノカリオンにも病原性があることを確認した。

これらの結果より、両菌ともニンジンに対し病原性を認め、原病徴が再現された。

2 子実体の形成とモノカリオン単離

分離菌は、菌糸にクランプが認められたことから担子菌類と考えられ、同定には子実体を形成させる必要があった。子実体は人工培養によって得た菌核を用いて次の手法によって得られた。まず暗赤色菌核菌の菌核を2012年5月に十勝農試圃場内に浅く埋設し、経時的に観察したところ、8月まで子実体は形成されなかったが、9月中旬から10月初めにかけてはほぼすべての菌核から子実体が形成された。

そこで次に2012年8月20日に2,000分の1のワグネ

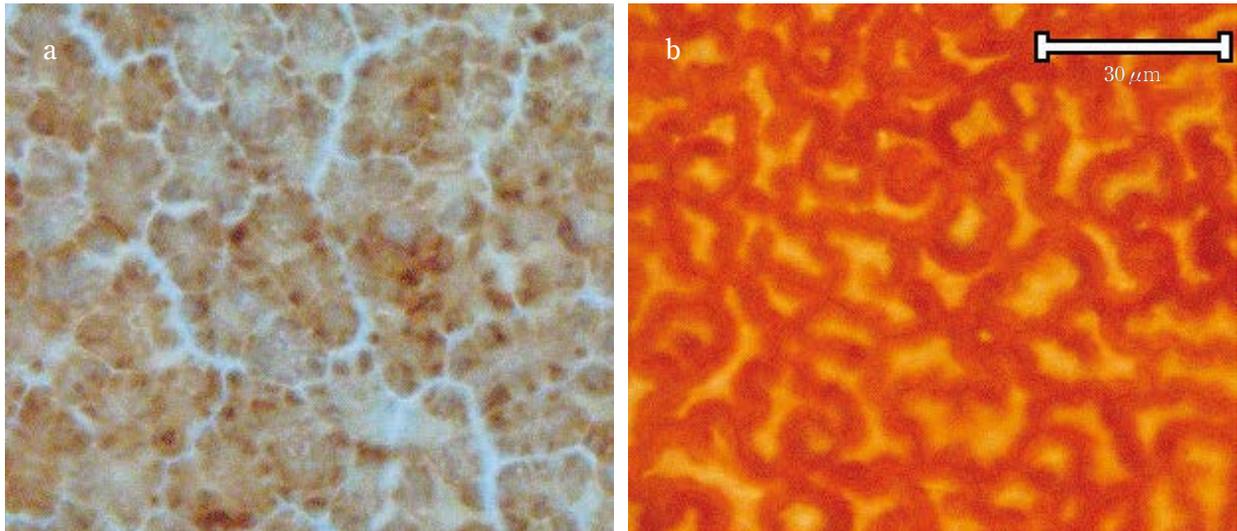


図-2 暗赤色菌核の表皮
 a：細胞の境界部で亀裂が入り，周縁部が波状，b：細胞はつながっており，周縁部は太い境界線あるいは二重線と認められる。
 aはBERTHIER（1976）のスケッチに，bはDYNOWSKA（1986）のスケッチに酷似している。

ルポットに十勝農試圃場の土（淡色黒ボク土）を詰め，ナタネ（品種‘キザキノナタネ’）を播種後に屋外で栽培し，9月10日にナタネの株元に両菌の菌核を浅く埋めた。その後これらのワグネルポットは無加温ガラス温室内に移し，適宜灌水を続けたところ，10月30日に子実体の形成を確認した。こうして得られた子実体を用いて担子器および担子胞子の形態観察を行った。また担子胞子を単離し，モノカリオンを得た。

子実体は棍棒状で柄と頭部の見分けがつくことから，分離菌はいずれも *Typhula* 属菌と考えられ，次いで菌核外皮層を観察した。

暗赤色の菌核の表皮は2種類のパターンが観察された。細胞の周辺に亀裂が入る事例と（図-2 a），亀裂はなく細胞の周縁が太く隈取りされる事例であった（図-2 b）。電子顕微鏡による詳細な観察の結果，本菌の菌核の外皮層細胞は完全に融合しておらず，また個々の細胞は盛り上がっているため（IKEDA et al., 2015），スライドグラスにマウントする際にやや強くカバーグラスで押さえると亀裂が入り周縁部が潰れて波状になり，亀裂が入らないと細胞周縁部で盛り上がっている様が太い境界線，あるいは二重線として認識されたと推察された。このことは，*Typhula variabilis* においてBERTHIER（1976）とDYNOWSKA（1986）が異なる2種類のスケッチを残していることと一致した。また担子器および担子胞子等の観察結果もCORNER（1950）のモノグラフにおける *T. variabilis* の記載に一致することから，本菌は *T. variabilis* Riess と同定した（表-1）。

淡褐色菌核菌は，菌核上に形成された子実体が2胞子

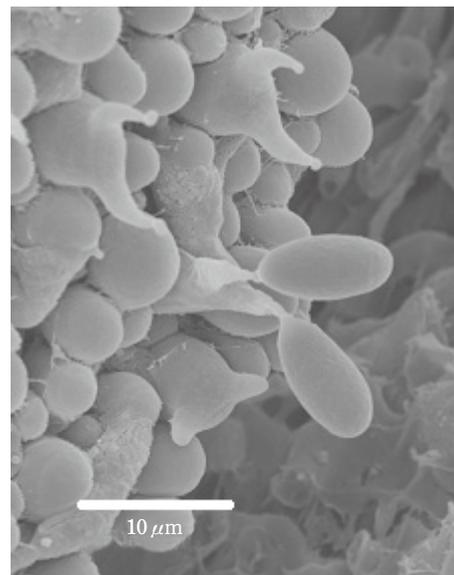


図-3 淡褐色の菌核から発生した子実体の担子器
 担子器は2胞子性であった。

性の担子器を持つこと（図-3）とナタネに病原性を示すこと（IKEDA et al., 2016）から，本菌を照井（1941 a；1941 b）がナタネ雪腐菌核病菌として記載した *Typhula japonica* Terui と同定した（表-2）。

以上より，*Typhula* 属菌の春掘りニンジンに対する病原性が確認され，その症状は *S. nivalis* とは異なることから，*Typhula* 属菌によるニンジン腐敗症状を雪腐小粒菌核病と称することを提案した。

表-1 *Typhula variabilis* の形態学的特徴と宿主

		暗赤色菌核菌	<i>Typhula variabilis</i> *
菌核	大きさ (mm)**	(0.8~)1.2~1.8(~2.5) × (0.8~)1.0~1.6	1~2
	色	暗褐色, 暗赤色	黄褐色を経て栗色や黒っぽい色になる
	形状	球形~亜球形 キャベツ種子に似ている	亜球形~レンズ状 乾燥すると大きめのアブラナ科種子に似ている
子実体	長さ (mm)	8~28	8~28
	色	灰白色~淡いベージュ色. 頭部は柄より淡い 乾くと褐色	灰白色, 青白色~すすけたような淡褐色, オリーブ色味のある淡褐色 頭頂部と基部は濃い色, 乾くと褐色になる
	形状	棍棒状~円筒状. 分岐することもある. 頭部しばしば尖る	棍棒状, 分岐することもある
担子器	大きさ (μm)	24~30 × 5~7	27~35 × 6~8
	胞子数	4	2~4
	基部クランプ	あり	あり
担子胞子	大きさ (μm) (平均)	8.8~12.5 × 3.8~5.0 (9.9 × 4.4)	9~15.5 × 4~6
	Q 値	1.8~3.0	
	形状	円筒形, 楕円形, 紡錘状~亜紡錘状	円筒形, 楕円形, 紡錘状~亜紡錘状
	嘴状突起	かすかに認められる	
	色	無色	白
宿主		ニンジン, ビート, ナタネ	貯蔵セロリ

* : CORNER (1950) より引用.

** : 括弧内の数値は最小値または最大値を示し, 括弧外の数値は調査個数中の 8 割の分布を示す.

表-2 *Typhula japonica* の形態学的特徴と宿主

		淡褐色菌核菌	<i>Typhula japonica</i> *
菌核	大きさ (mm)**	(0.8~)1.2~3.3 × (0.7~)1.2~2.5	0.8~2.0
	色	淡褐色	橙黄色, 暗褐色, 栗色
	形状	半球状~亜球形, 上部が盛り上がった円盤状, 底部に小さな凹み	一面が饅頭型でその下面にわずかなへこみがある
子実体	長さ (mm)	10~60	17~40
	色	白, 灰白色, ベージュ. 頭部は柄より淡い	頭部は白, 柄は灰白色
	形状	棍棒状~円筒状. 分岐することもある. 頭部しばしば尖る	棍棒状~円筒状. 分岐することもある. 頭部しばしば尖る
担子器	大きさ (μm)	23~26 × 5~6	25.3 × 6.3
	胞子数	2	2
	基部クランプ	なし	なし
担子胞子	大きさ (μm) (平均)	9.3~11.3 × 5.0~7.0 (10.1 × 5.7)	11.5~13.8 × 4.6~6.9 (12.6 × 5.7)
	Q 値	1.6~2.0	
	形状	長楕円形, 紡錘状~亜紡錘状	一方が平ら
	嘴状突起	明白に認められる	
	色	無色	無色
宿主		ニンジン, ビート, ナタネ	ナタネ

* : 照井 (1941 a; 1941 b) より引用.

** : 括弧内の数値は最小値または最大値を示し, 括弧外の数値は調査個数中の 8 割の分布を示す.

III *Typhula variabilis* の感染時期と耕種的防除法

Typhula variabilis のほうが *T. japonica* より病原力が強い傾向があった。また北海道内3地点の春掘りニンジンすべてから *T. variabilis* は分離されたのに対し、*T. japonica* が分離されたのは2地点であった。分離頻度も *T. variabilis* のほうが高かったことから、春掘りニンジンの雪腐小粒菌核病における重要菌種は *T. variabilis* と考えられた。そこで *T. variabilis* の生態学的調査を行い、耕種的防除法について検討した。調査はすべて十勝農試内において行った。

1 孢子飛散調査

Typhula variabilis の孢子飛散調査は、ADAMS et al. (1984) の方法を一部改変して行った。すなわち、12穴の培養用マイクロプレート（1穴の径2.2 mm, 6.0 ml 容量）の1穴に3.5 ml ずつPDAを分注し、それぞれに *T. variabilis* のモノカリオン菌株を接種し、10℃で14日間培養した。このプレートを孢子トラップとして9月から11月まで毎週3枚ずつ調査地点で24時間曝露した。2011年は4月に春掘ニンジン収穫した後、裸地で管理した圃場と、8月にナタネを収穫した後ナタネのひこ

ばえを放置した圃場である。両圃場は南北に150 m 離れており、孢子トラッププレートは地面に直接設置した。2012年は8月にナタネを収穫した後、裸地で管理した圃場の地表面と高さ1.8 m の2箇所で孢子トラッププレートを曝露した。

孢子トラッププレートは回収後10℃で14日間培養し、新たなPDA平板に移植してさらに10℃で14日間培養した後に検鏡して菌糸のクランプの有無を観察した。クランプコネクションが認められダイカリオン化した菌株は *T. variabilis* の担子孢子の飛び込みがあったものとし、36を最大母数（12穴×3枚）として孢子捕捉率を算出した。コンタミが激しい場合は母数から除外した。

Typhula variabilis の担子孢子は2011年および2012年も9月から11月まで捕捉された（図-4）。2011年の結果から、宿主や子実体形成を助長する直射日光を遮る植物が存在しない地点でも担子孢子が捕捉された。2012年の結果からは1.8 m 程度の高度には地面直置きと同様の孢子飛散があった。2012年の9月11日と18日には孢子捕捉率が0であったが、この両日は糸状菌によるコンタミが激しく、トラッププレート全体が調査不能であった。また2012年11月13日は深夜に降雨があり、このためバクテリアによるコンタミが激しく、地面直置き

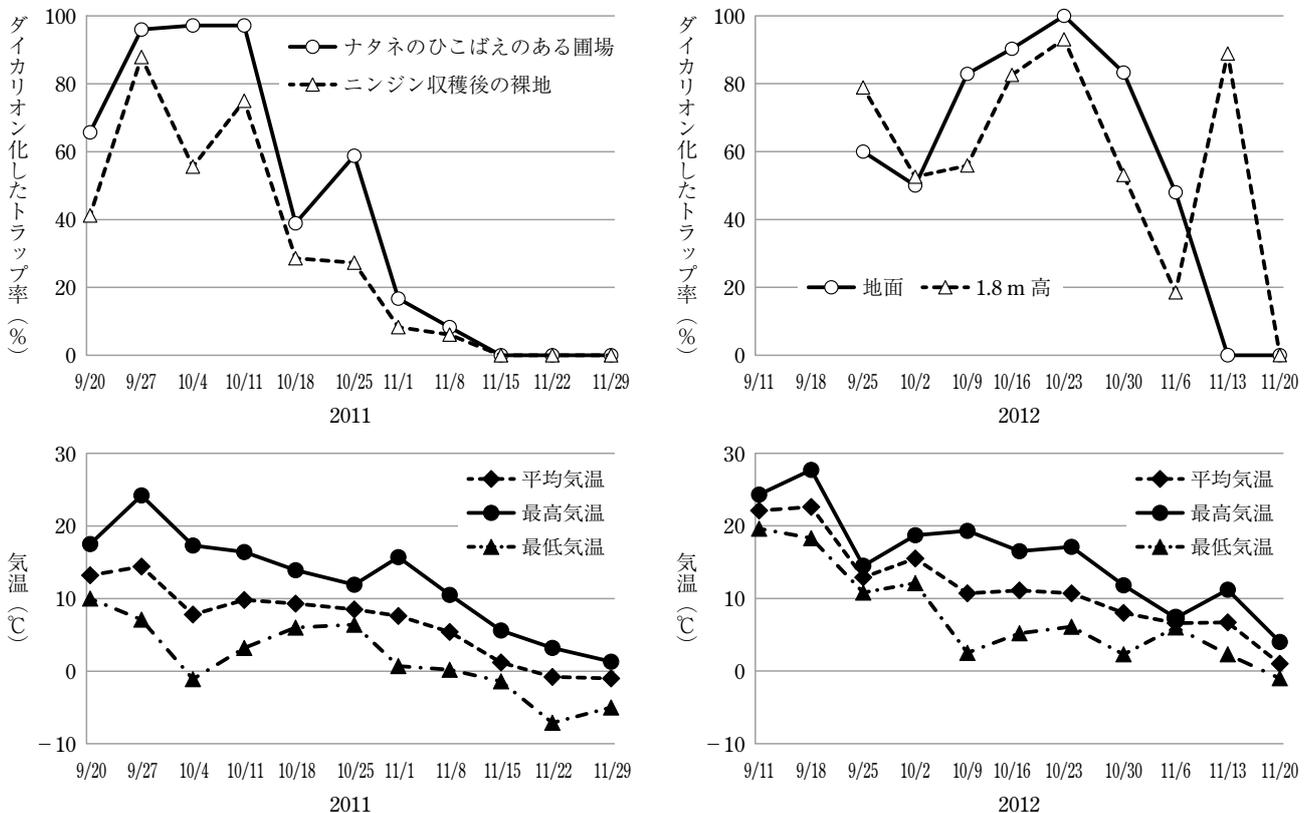


図-4 *Typhula variabilis* の孢子捕捉率と気温の推移（2011年および2012年，十勝農試）

の調査母数が1, 1.8 m 高では9となったため、捕捉率が極端な数値となった。

2か年の結果より, *T. variabilis* の担子胞子は気温の変化に連動して捕捉状況が変化した。すなわち, 担子胞子は0.2~19.3℃で飛散し, 平均気温が約10℃, 最高気温が約20℃, 最低気温が0~5℃の時期に最も活発に飛散した。平均気温が1℃以下, 最高気温が5℃, 最低気温が0℃以下になると担子胞子は飛散しなくなった。

以上のように圃場における *T. variabilis* の子実体形成時期と孢子飛散時期は一致した。すなわち, 本菌は北海道では9月中旬ころから子実体を形成して孢子を放出し, おおむね10月初旬~中旬に飛散ピークがあり, 11月に入ると収束すると考えられた。

2 秋季感染調査

春掘りニンジン圃場において, 2011年および2012年の9月から11月まで, 毎週20枚のニンジン葉を採取し本菌の感染状況を調査した。ニンジン葉は垂れ下がって接地していない外観健全葉を選んだ。採取したニンジン葉はビニール袋に入れて密封し, 4℃で3か月間保存した後, 径1~2 mmで暗赤色の菌核の形成が認められたら菌核を5個採取し, 表面殺菌後PDA平板上に置き菌の分離を行った (Test A)。分離菌は *T. variabilis* のモノカリオン菌株との di-mon 交配によりダイカリオン化したものを *T. variabilis* とした。

2012年には, Test A とともに別に以下の手順で Test B も行った。すなわち, 9月から11月まで毎週20枚のニンジン葉を採取し, 流水で4時間洗った後に一纏めにしてビニールに入れて密封し, 4℃で3か月間保存し, Test

Aと同様に *T. variabilis* の菌核の形成の有無を調べた。

2011年および2012年とも秋季に採取したニンジン葉は4℃の湿室に置くと暗赤色の菌核が葉上に発生し, これが *T. variabilis* であることが確認された (表-3 Test A)。採取したニンジン葉を4時間流水で洗った後に4℃の湿室に置いた場合にも, *T. variabilis* の菌核の形成が確認された (表-3 Test B)。

これらの結果より, 本菌の孢子は秋季に飛散してニンジン葉の葉に付着し, 採取した葉を流水で洗った後に保存しても本菌の菌核が形成されることから, 積雪前に感染が成立している可能性があると考えられた。

3 積雪下のニンジン雪腐小粒菌核病の発病

6月下旬に播種したニンジン積雪下におき, 積雪期間中, 約10日おきに掘り, 発病状況を調査した。2011/2012年は20株, 2012/2013年は30~50株ずつ掘りとり, よく水洗して土壌を落として腐敗や菌核の形成状況を確認した。その後調査株はビニール袋にまとめて入れて4℃で3か月間保存し, 根部が軟化腐敗して1~2 mmの暗赤色の菌核が発生した個体を, *T. variabilis* による雪腐小粒菌核病と判断した。

両年とも1月下旬になると積雪下のニンジン葉に暗赤色の菌核が形成されたが, この時点では根部の腐敗は認められなかった (表-4)。このニンジン葉の根部を掘り出して4℃の湿室に保存すると3か月後には根部は腐敗し, 根部表面に *T. variabilis* の菌核も認められた。また, 本菌以外の *Typhula* 属菌と見られる菌核は形成されなかった。

Typhula variabilis の担子胞子は飛散後, 積雪前にニン

表-3 秋季に採集したニンジン葉上における *Typhula variabilis* の菌核の形成

採集日	12週間培養後 (Test A)		採集日	12週間培養後 (Test A)		流水洗浄処理 (Test B)
	葉上菌核			葉上菌核		12週間培養後 の葉上菌核
2011 9月 20日	-		2012 9月 25日	+	+	
	+			10月 2日	+	+
10月 4日	+		9日	+	+	
	+		15日	+	+	
	+		22日	+	+	
	+		30日	+	+	
11月 1日	+		11月 6日	+	+	
	-			13日	+	+
	+		20日	+	+	
	+					
	+					
	+					

+ : 採取した葉を4℃12週間培養後菌核が発生。 - : 菌核発生せず。

菌核から糸状菌を分離し, *T. variabilis* モノカリオン菌株との di-mon 交配によって菌核が *T. variabilis* であることを確認した。ニンジン葉は各採取日に健全葉20枚を圃場からランダムに採取した。

表-4 積雪下のニンジン根部腐敗株率

根部採集日		採取時の腐敗株率 (%)	採取後3か月 温室保存後の腐敗株率 (%)
2011	11月 30日	0	5
	12月	10日	0
		20日	0
30日		0	
2012	1月	10日	25
		20日	65
		30日	40
	2月	10日	35
		20日	35
		3月	1日
		10日	35
		20日	15
	2012	12月 30日	0
2013	1月	9日	16
		19日	17.9
		30日	7.6
	2月	9日	15.2
		19日	15.4
	3月	1日	10
		9日	43.1

2011~12 冬季は各調査時に 20 本のニンジンの根部を掘りあげて供試した。2012~13 冬季は各調査時に 30~50 本のニンジンの根部を掘りあげて供試した。

ジンの葉に感染すると考えられたことから、積雪下での発病の推移を観察したところ、おおむね 1 月下旬ころより葉上に本菌の菌核が形成され、根部の腐敗は 3 月に入ってから始まった。12~1 月に病徴のないニンジン掘り出して保存した場合でも、やがて菌核が形成され根部の腐敗も認められたことから、本菌は秋季に葉から感染した後に長い潜伏期間を経て根部の発病に至ることが明らかとなった。

4 耕種的防除法

これまでに明らかとした本病原菌の孢子飛散時期と感染時期の関係から、ニンジンのクラウン部分に土寄せを行うことによって物理的に孢子がクラウンに感染するのを防ぐことが可能であるか確かめるため、以下の方法を検討した。

2010 年および 2011 年 6 月、ニンジン（品種：‘向陽 2 号’および‘トロフィー’）を播種し、前項と同様に栽培した。両年とも 10 月中旬にジャガイモの培土機を用いて株元に土寄せを行い、クラウンが土中に 5 cm 程度埋没するようにした。ニンジンは 15~30 cm の長さの葉柄の上半分に葉が密集するため、葉柄の基部が土中に埋設され全ての葉は地表に出ている状態となった。翌春 1.5 m ×

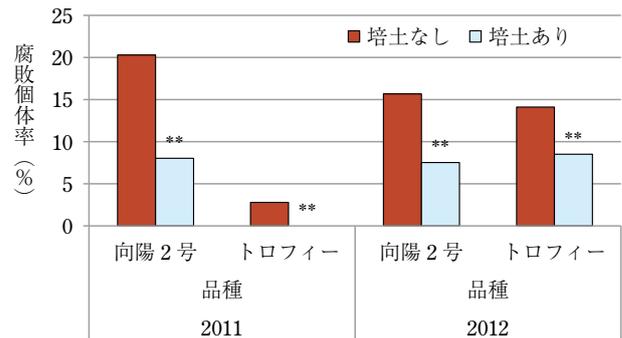


図-5 土寄せによるニンジン雪腐小菌核病の防除効果

**：危険率 1% で土寄せしない区との間に有意差あり。

1.0 m の区画を掘りとり、雪腐小粒菌核病による腐敗個体率を調査した。土寄せしない部分を対照とし、2011 年 4 月は 3 反復、2012 年 4 月は 4 反復で調査を行った。

ニンジンの株元に土寄せ処理を行うと、明らかに雪腐小粒菌核病の発生が減少した（図-5）。2011 年には、‘向陽 2 号’での発病率は土寄せがないと 20.3% となったのに対し、土寄せがあると 8.0% にとどまり、‘トロフィー’では土寄せがないと 2.8% であったのに対し土寄せがあると腐敗の発生は認められなかった。2012 年にも同様の傾向が認められたが、‘トロフィー’で 2011 年より多発した。しかしそのような状況でも土寄せは腐敗発生を抑制する効果があった。

以上の結果より、*T. variabilis* においては、北海道では 10 月ころ最も活発に担子孢子が飛散する。また *T. variabilis* のモノカリオン菌糸はニンジンの葉に対して病原性があり、本菌は秋季にニンジンの葉に感染し、積雪下で発病する。根部の軟化腐敗が認められるのは 3 月になってからである。

また秋季に感染が成立していることから、秋季に収穫する作型においても貯蔵中に本病が発生する可能性はある。収穫の際は茎葉を除去するが、ニンジンのクラウンは地表に出ているためこの部位に直接孢子が付着した場合、冷蔵貯蔵中に雪腐小粒菌核病が発生すると考えられる。

孢子飛散時期にクラウンに土寄せして覆うと、雪腐小粒菌核病に対する防除効果が認められたことから、クラウン付近の *T. variabilis* による感染を防除することで根部の腐敗を抑制したと考えられた。孢子飛散が始まる 9 月中旬に土寄せすると防除効果が高いと推察されるが、本試験では 10 月中旬の土寄せ効果のみ確認した。10 月中旬の土寄せは、ニンジンの凍結を防ぐために現地で行われている方法であり、現実的な作業である。今後土寄せ時期の検討を行ってより効果の高い防除法を確率したい。

一方、*T. variabilis* のダイカリオンも病原性があるため、土壌中の菌核から伸長した菌糸がニンジンの根部に感染する可能性はあるが、本試験では確認していない。

引用文献

- 1) ADAMS, T. J. H. et al. (1984): Transactions of the British Mycological Society **82**: 359~361.
- 2) BERTHIER, J. (1976): *Monographie des Typhula Tr., Pistillaria Fr. et genres voisins*, Numéro Spécial du *Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon* 45^e année, Lyon, p.24.
- 3) CORNER, E. J. H. (1950): *A Monograph of Clavaria and Allied Genera*, Oxford University Press, London, p.687~688.
- 4) DYNOWSKA, M. (1986): *Acta Mycologica* **22**: 35~42.
- 5) IKEDA, S. et al. (2015): *Mycoscience* **56**: 549~559.
- 6) ——— et al. (2016): *Journal of General Plant Pathology* **82**: 286~291.
- 7) 大塚省吾 (2014): *土づくりとエコ農業* **47**: 7~10.
- 8) SAITO, I. (1997): *Mycoscience* **38**: 227~236.
- 9) 照井陸奥生 (1941 a): *農及園* **16**: 1657~1658.
- 10) TERUI, M. (1941 b): Transactions of the Sapporo Natural History Society **17**: 40~48.

発生予察情報・特殊報 (30.4.1~4.30)

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。**発生物種**：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.jpnn.ne.jp/>) でご確認ください。

- トルコギキョウ：斑点病（和歌山県：初）4/10
- トマト：黄化病（徳島県：初）4/11
- ビワ：ビワキジラミ（和歌山県：初）4/10

新しく登録された農薬 (30.4.1~4.30)

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。

「殺虫殺菌剤」

- エトフェンプロックス・フサライド水和剤
24078：ダブルアロク SE（協友アグリ）18/4/25
エトフェンプロックス：10.0%
フサライド：20.0%
稲：いもち病，カメムシ類，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：収穫 14 日前まで

「除草剤」

- ピラクロニル・ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン水和剤
24073：エンペラー豆つぶ 250（クミアイ化学工業）
18/4/11
ピラクロニル：8.0%
ピリミノバックメチル：3.0%
フェンキノトリオン：12.0%
移植水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，セリ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- ピラクロニル・ピリミノバックメチル・フェンキノトリオン剤
24074：エンペラージャンボ（クミアイ化学工業）18/4/11
ピラクロニル：8.0%
ピリミノバックメチル：3.0%
フェンキノトリオン：12.0%
移植水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，セリ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- プロマシル・DCMU 粒剤

- 24075：草刈りラクダ（ハイポネックスジャパン）18/4/11
プロマシル：1.0%
DCMU：3.0%
樹木等：一年生雑草，多年生広葉雑草，スギナ
- ピラクロニル・ベンゾビシクロン・ベンフレセート水和剤
24076：モーレツフロアブル（OAT アグリオ）18/4/25
24077：SDS モーレツフロアブル（エス・ディー・エス バイオテック）18/4/25
ピラクロニル：3.7%
ベンゾビシクロン：3.7%
ベンフレセート：9.2%
移植水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，クログワイ，オモダカ，コウキヤガラ
- カフェンストール・シクロスルフアムロン・ダイムロン・ベンゾビシクロン粒剤
24079：サスケ粒剤 200（OAT アグリオ）18/4/25
カフェンストール：10.5%
シクロスルフアムロン：2.25%
ダイムロン：22.5%
ベンゾビシクロン：10.0%
移植水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ，クログワイ，オモダカ，アオミドロ・藻類による表層はく離
- 直播水稻：水田一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ

研究 報告

青森県で発生したリンゴ黒星病の QoI 剤耐性菌とその分布

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病虫部

ひら
平

やま
山

かず
和

ゆき
幸

公益社団法人青森県植物防疫協会

ゆき
雪

た
田

きん
金

すけ
助

はじめに

リンゴ黒星病は *Venturia inaequalis* によって引き起こされ、葉、枝や果実に円形～不整形な褐色～暗褐色の病斑を形成する（図-1）。特に果実では肥大に伴って病斑部に亀裂を生じることも多く、その被害は甚大である。本病原菌は主に被害落葉で越冬し、開花前後の4月下旬ころから落花10～20日後の6月上旬ころまで子のう胞子を飛散させる。これによる初発病は5月中旬ころに認められ、その病斑に形成される多量の分生子によって長期間、二次感染が繰り返される。このため、青森県では「開花直前」から「落花15～20日後頃」の重点防除時期を含めて、最終散布の「8月末」まで年間10～11回の防除を行うように指導している。このような防除体系において、2016年、17年と連続してリンゴ主産地の津軽地域で本病が多発し、大きな問題となった。その要因として、本病の重点防除時期に長年使用されてきたエルゴステロール合成阻害剤（以下、DMI剤）に対する耐性菌の発生がかかわっていることが明らかになった（平山

ら、2017b）。

そこで、DMI剤に代わる防除剤の検索・評価を行ったところ、7～8月に使用されるストロビルリン系殺菌剤（以下、QoI剤）に対しても感受性が低下したリンゴ黒星病菌が発生している可能性が示唆された。さらに津軽地域のリンゴ園から収集した多くの菌株を用いた遺伝子診断により、同地域において同様なQoI剤耐性菌が発生していることが明らかになった。現在のところ、本耐性菌が黒星病の多発にどのような影響を及ぼしているかは明らかでないが、その診断法も含めて青森県におけるQoI剤耐性菌の発生状況を紹介する。なお、本病のQoI剤耐性菌は既に欧米で確認されている（Fontaine et al., 2009）が、国内では筆者らの報告（平山ら、2017a；雪田、2017）が初となる。

I リンゴ黒星病の発生推移

リンゴ黒星病は海外侵入病害の一つであり、本県では1969年に初発病が確認された。その発生当初、黒星病は絶対に定着させないとの決意のもと、被害樹の伐採・焼却も含めての徹底した防除対策が講じられたが、その努力も実らずにほどなく県内全域に定着してしまった。以来、その防除は苦難の連続であり、幾度となく多発を繰り返してきた。

このような中で、1987年に初めて実用化されたDMI剤の普及とともに本病の菌密度は低下し始め、その単剤、混合剤を組合せたリンゴ黒星病の防除回数削減体系が実用化された1996年（雪田、2004）前後ころから20年以上の長期間にわたっておおむね少発生で経過してきた（図-2）。ところが、2016年に津軽地域を中心に本病が突然のように多発した。その主因はDMI剤耐性菌の発生であった。そこで、2017年にDMI剤以外の薬剤を使用する新たな防除体系を組み立てて普及に移した。これにより、実害を伴う多発生の園地は大幅に減少したものの、前年の多発で急激に高まった菌密度の影響も受けて発生面積率は期待したほど低下していないのが現状である。



図-1 リンゴ黒星病の病徴
a：葉上病斑，b：果実病斑。

Detection and Distribution of QoI Fungicide-Resistant Apple Scab Fungus in Aomori Prefecture. By Kazuyuki HIRAYAMA and Kinsuke YUKITA

（キーワード：菌叢ディスク法，PCR-RFLP解析，生物検定，薬剤耐性菌）

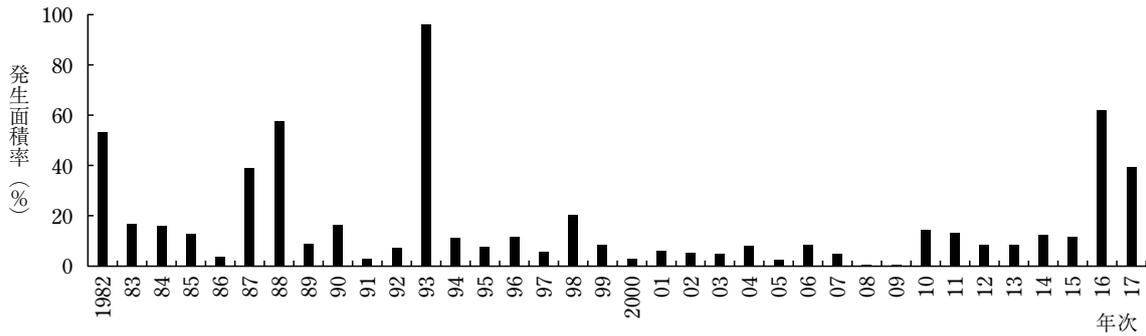


図-2 青森県におけるリンゴ黒星病の発生推移
注) 青森県有害動植物発生予察事業年報などから作成。

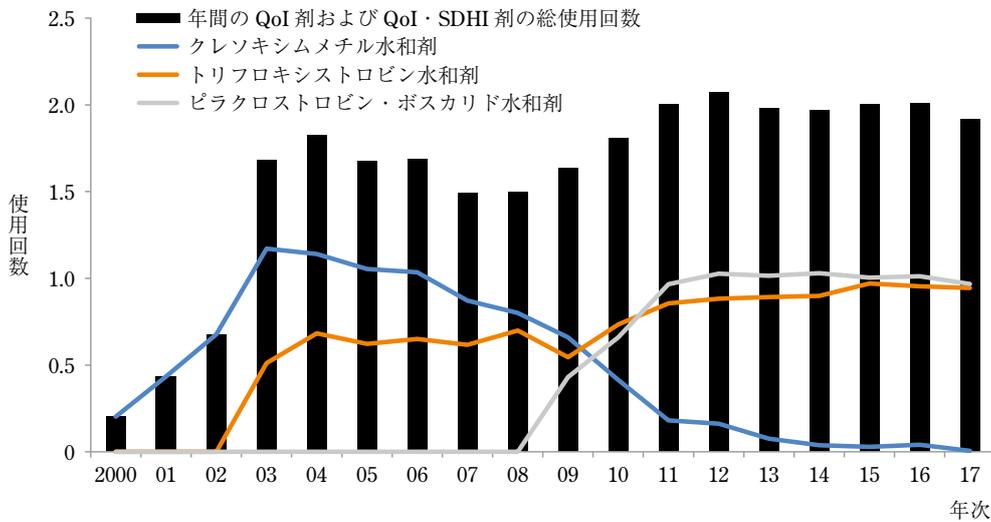


図-3 青森県内のリンゴ園における QoI 剤および QoI・SDHI 剤の使用状況
注) 青森県りんご共同防除連絡協議会アンケート調査から作成。

II QoI 剤の使用状況

本県の「りんご病害虫防除暦」において、7～8月は主に斑点落葉病や炭疽病、褐斑病等の夏季病害を対象に防除体系が組み立てられている。QoI 剤はこの時期における基幹薬剤の一つであり、2000年にクレソキシムメチル水和剤（商品名：ストロビードライフロアブル）、2003年にトリフロキシストロピン水和剤（商品名：フリントフロアブル 25）、2009年には QoI・SDHI 剤のピラクロストロピン・ボスカリド水和剤（商品名：ナリア WDG）が実用化された。

これらの QoI 剤は抗菌スペクトラムが広く、果面汚染が少ない、収穫前日までの使用が可能などの理由から、8月上・中旬ころが収穫始めとなる極早生の品種が植栽されている園地でも使い勝手がよいとの高評価を得て、その普及当初から多くの園地で複数回使用されるようになった。その使用回数は青森県りんご共同防除組合連絡協議会のアンケート調査によると、平均で年間 2 回

近くに及んでおり（図-3）、その多くは8月中・下旬に集中する傾向にある。数年前までは混合剤の QoI・SDHI 剤を含めて、QoI 剤を 2～3 回連続散布している事例までも認められるようになり、「QoI 剤使用は年 2 回以内、連続散布しない」等の耐性菌対策を厳守するように指導・強化を図ってきた。

黒星病防除においても、7～8月の薬剤散布は新梢の二次伸長や徒長枝等多くの若葉が生育する時期でもあり、これらへの感染によって翌年の越冬菌密度が高まらないようにするための重要な役割を担っている。

III DMI 剤に代わる薬剤の探索・評価

2016年の本病多発は当初原因不明であったが、DMI 剤耐性菌の発生による多発という緊急事態に備えて、手持ちの DMI 剤低感受性の 1 菌系 ARI-NC（雪田，2017）を供試して、QoI 剤や SDHI 剤等代替剤の検索・評価を行った。試験はポット植えの‘ふじ’を用い、薬剤散布の 2～3 時間後に分生子懸濁液を新梢葉に噴霧接種し、

表-1 DMI 剤低感受性のリンゴ黒星病菌（菌系：ARI-NC）に対する各種 QoI 剤の防除効果

薬剤名	希釈 倍数	試験 1（接種 21 日後調査）				試験 2（接種 20 日後調査）			
		調査葉数 （枚）	発病葉率 （%）	発病度	防除値	調査葉数 （枚）	発病葉率 （%）	発病度	防除値
クレソキシムメチル水和剤	3,000	33.3	85.3	75.4	9.9	33.3	74.2	58.9	9.7
ピコキシストロピン水和剤	3,000	33.3	73.0	63.7	23.9	33.3	63.1	50.3	22.9
トリフロキシストロピン水和剤	3,000	36.7	57.6	44.3	47.1	33.3	57.5	46.4	28.8
ピラクロストロピン水和剤	6,000	33.3	75.8	65.7	21.5	33.3	61.1	44.9	31.1
ピリベンカルブ水和剤	3,000	33.3	23.3	10.5	87.5	30.0	36.4	17.7	72.9
シプロジニル水和剤	2,000	33.3	3.9	1.3	98.4	33.3	0.7	0.2	99.7
フェンブコナゾール水和剤	5,000	33.3	87.0	78.5	6.2	33.3	72.0	56.4	13.5
無処理		33.3	92.5	83.7		33.3	83.3	65.2	

18℃・湿室に 2 日間保持したのち野外で管理・調査する手順で行った。

それら試験結果の一部を表-1 示した。試験 1, 2 とも DMI 剤のフェンブコナゾール水和剤だけでなく、ピリベンカルブ水和剤を除く QoI 剤のクレソキシムメチル水和剤、ピコキシストロピン水和剤、トリフロキシストロピン水和剤およびピラクロストロピン水和剤の 4 剤は防除値が 9.7~47.1 と効果が低かった。一方、同じ QoI 剤のピリベンカルブ水和剤は対照薬剤のシプロジニル水和剤に比較して効果がやや劣るものの、他の QoI 剤とは明らかに異なる防除値 (87.5~72.9) を示した。これらにより、ピリベンカルブ水和剤を除く QoI 剤に対して耐性のリンゴ黒星病菌が存在する可能性が示唆された。

IV QoI 剤耐性の診断

1 遺伝子診断

菌系 ARI-NC 由来の発病葉、並びに津軽地域 10 市町村 23 園地から採集した発病葉に由来する単孢子分離株、それぞれ 10 菌株および 224 菌株を PDA 培地で約 3 週間培養したのち、培地表層からかき取った菌糸を 1M Tris-HCl バッファー (pH8.0) 150 μl を添加した 1.5 ml チューブに入れ、ドライサーモバスにて 98~100℃ で 20 分加熱する。その後、氷上で 5 分静置し、遠心分離器にて 10,000 g で 2 分間遠心分離し、上清を DNA 抽出液として供試した。

PCR にはプライマー PS1 (5'-GTTACAGCCTTCCTG GGTAT-3') と PR1 (5'-AGGCCTCCCCACAGAAAT TCG-3') および TEMPase Hot Start DNA Polymerase (フナコシ) を使用し、反応液 (25 μl) は 95℃ で 15 分の変性後、94℃ で 1 分、60℃ で 1 分、72℃ で 1 分のサイクルを 35 回繰り返す、さらに 72℃ で 7 分間の伸長反応を行った。反応液に制限酵素 *Fnu*4HI (New England Biolabs) を加え、37℃ で 1 時間処理後、3% アガロースゲルで電

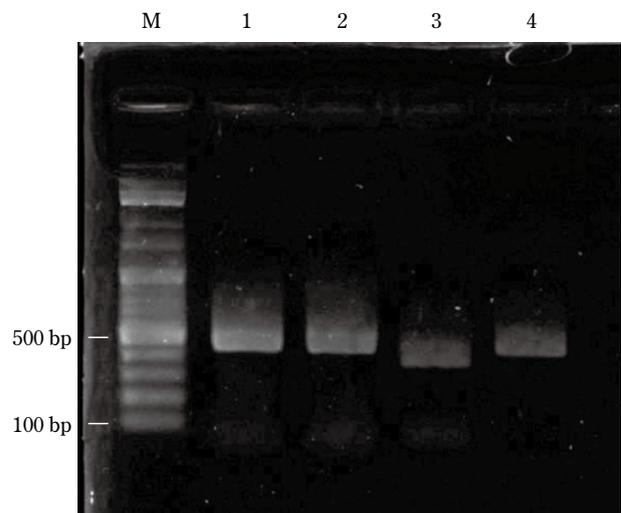


図-4 PCR-RFLP 解析によるチトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異株の検出

PCR 産物を制限酵素 *Fnu*4HI で切断した。M : 100 bp ラダーマーカー、1 : G143A 変異株 *Fnu*4HI 無処理、2 : 非変異株 *Fnu*4HI 無処理、3 : G143A 変異株 *Fnu*4HI 処理、4 : 非変異株 *Fnu*4HI 処理。

気泳動を行った。

その結果、菌系 ARI-NC 由来の単孢子分離株、10 菌株中 9 菌株において G143A 変異による塩基配列の切断を示す 400 bp 付近に明瞭なバンドが認められた (図-4)。津軽地域の 10 市町村 23 園地由来の単孢子分離株、224 菌株中 89 菌株 (39.7%) において同様な塩基切断が認められた。各種病原菌において QoI 剤耐性はチトクローム *b* 遺伝子の変異、特に G143A 変異によることが報告されており、本試験により、リンゴ黒星病菌でも同様な変異を生じていることが明らかになった。

津軽地域の 10 市町村 23 園地における G143A 変異株の検出状況を図-5 に示した。G143A 変異株は鱈ヶ沢町を除く 9 市町村 (90%) で認められ、その検出率は青森市、大鰐町および田舎館村では 52.4~80% にも及んだ。

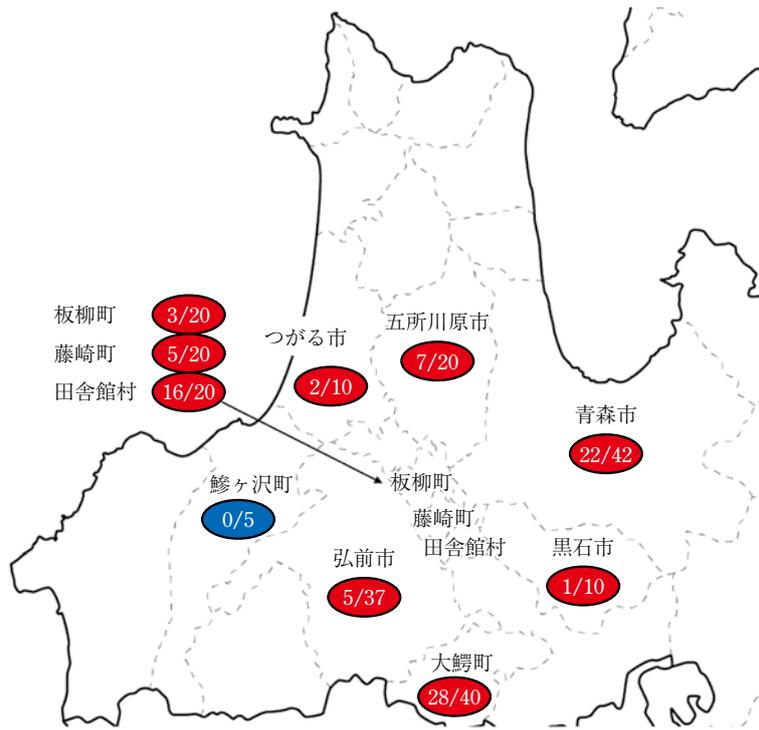


図-5 青森県津軽地域におけるチトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異株の発生状況
 数値は各市町村における検出率（耐性菌株数/供試菌株数）を示した。

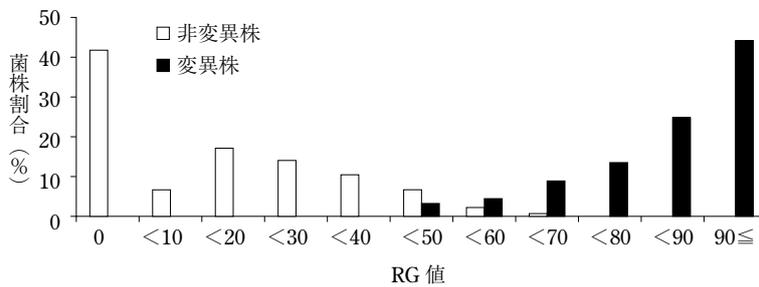


図-6 チトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異株および非変異株のクレソキシムメチル
 添加検定培地（100 ppm）における RG 値別頻度分布

このことから、QoI 剤耐性のリンゴ黒星病菌は青森県内の津軽地域のほぼ全域に分布し、園地によってその密度は予想以上に高いものと考えられた。

2 菌叢ディスク法による診断

前頁の IV 章 1 節で供試した津軽地域 10 市町村 23 園地由来の 224 菌株を供試し、塩基切断の有無に基づいた G143A 変異株 89 菌株と非変異株 135 菌株について菌叢ディスク法による QoI 剤耐性菌の検出を試みた。

クレソキシムメチルを有効成分濃度が 100 ppm になるように PDA 培地に添加し、薬剤無添加 PDA 培地を対照とした。いずれの培地にも AOX 阻害剤として没食子酸 *n*-プロピル 4 mM を添加した。供試菌株を 3 週間前培養し、菌叢を直径 4 mm のコルクボーラーで打ち抜

き、検定培地に 1 菌株につき 1 片ずつ菌そう面が下になるように置床した。20℃の暗黒条件下で 3 週間培養し、生育した菌叢の直径を計測し、相対生育度（RG 値）を算出した。

その結果、クレソキシムメチル 100 ppm 添加検定培地における菌糸伸長の RG 値は 0~100 を示し、非変異株では 0~70 未満、G143A 変異株では 40 以上であった（図-6）。また、RG 値 40 未満では非変異株のみが、RG 値 70 以上では変異株のみが検出された。これらの結果から、RG 値 40 以下を感受性菌、70 以上を耐性菌として判定できるものと考えられた。一方、RG 値 40~70 では G143A 変異株と非変異株が混在し、感受性菌と耐性菌の判別がつかなかった。本検定の有効性を裏付ける

生物検定は未実施であり、今後さらに検証する必要があるものの、本手法でも QoI 剤耐性菌を検出できる可能性が高いと考えられた。

おわりに

青森県において、リンゴ黒星病の重点防除時期の5～6月に QoI 剤を使用した事例はほとんど認められない。にもかかわらず、津軽地域の多くの園地でチトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異による QoI 剤耐性リンゴ黒星病菌が発生していることが明らかとなった。本耐性菌の検出率は市町村によって異なっていたが、QoI 剤の使用が県下全域ではほぼ7～8月に限られていることから、その原因を特定することができなかった。その一方で、本県では使用されていないピコキシストロピン水和剤においても薬効低下が認められ、交差耐性の発達も懸念された。また、ピリベンカルブ水和剤では QoI 剤耐性菌存在下においても防除効果が認められるなど、興味深い事実も明らかになりつつある。本剤は化学構造の違いからベンジルカーバメート系 QoI 剤（以下、BC-QoI 剤）であり、クレソキシムメチルなどの既存のクレソキシムメチル系 QoI 剤（以下、ST-QoI 剤）とは区別できるとし、かつ ST-QoI 剤耐性菌に対して交差耐性は示すものの、感受性の低下幅は小さいことが報告されている（高垣ら、2014）。本研究はそれを裏付ける結果でもあった。今後、ピリベンカルブ水和剤の ST-QoI 剤耐性菌存在下における防除効果の低下幅についてさらなる検証が必要ではあるが、その実用化を期待したい。

リンゴ黒星病における QoI 剤耐性菌の診断法として、ポリメラーゼ連鎖反応-制限酵素断片長多型 (PCR-RFLP) 解析が有効であること、簡便な方法として菌叢ディスク法による相対生育度評価も有効である可能性が高いことを明らかにした。他病害ではチトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異以外に F129L または G137R 変異といった異なる変異も報告されているが、G143A 変異に比べ感受性の低下幅は小さい傾向にあることが示唆されている（SIEROTZKI et al., 2006；SEMAR et al., 2007；LEIMINGER et al., 2014）。今後、リンゴ黒星病に関しても、G143A 変異とは異なるアミノ酸置換の有無を検討し、感受性低下との関係を解明する必要がある。

今回、QoI 剤において、リンゴ黒星病で耐性菌が発生したことは残念である。QoI 剤は夏季の基幹防除剤として使用され始めてから約 20 年間、各種病害防除に大きく寄与してきた。しかし、QoI 剤耐性菌は斑点落葉病（對馬ら、2007；平山ら、2015）、炭疽病（赤平・花岡、2013；赤平ら、2014）、そして今回の黒星病（平山ら、2017 a；雪田、2017）と、リンゴの主要病害で相次いで確認された。近年の黒星病多発は重点防除時期である春季に使用する DMI 剤に対する耐性菌発生が主要因であるが、それと同調するように QoI 剤耐性菌が発生したことによって夏場の防除圧が低下し、越冬菌密度が高まって多発に至っている可能性も否定できない。このようなことを踏まえながら、ナシ炭疽病防除で提唱されている QoI 剤に過度に依存しない防除体系の構築（金子、2016）を参考にし、7～8月の夏季も含めた黒星病の防除体系を再検討する必要がある。

DMI 剤や QoI 剤のような特異作用点阻害剤には浸透移行性や浸達性を有し、抗菌スペクトラムも広い薬剤が多い。このため、本県のようなスケジュール散布を行う際には体系を組みやすく、使用頻度は高くなる傾向にある。しかし、これらの薬剤は全般的に耐性リスクが高く、散布回数の制限や連続散布を行わないなど使用方法には注意が必要である。一方、多作用点阻害剤のような保護剤には浸透移行性や浸達性を伴わないものが多いが、耐性リスクは全般的に低いとみなされており、安定した防除効果が期待される。体系防除を行う際には、特定の系統に偏らないように薬剤を選択し、各薬剤の特性を生かし、バランスを取りながら薬剤散布を行うことが望まれる。

引用文献

- 1) 赤平知也・花岡朋絵 (2013): 日植病報 79: 197～198 (講要).
- 2) ———ら (2014): 同上 80: 274.
- 3) FONTAINE, S. et al. (2009): Pest Manag. Sci. 65: 74～81.
- 4) 平山和幸ら (2017 a): 北日本病虫研報 68: 115～119.
- 5) ———ら (2017 b): 同上 68: 108～114.
- 6) ———ら (2015): 日植病報 81: 233 (講要).
- 7) 金子洋平 (2016): 千葉農林総研研報 8: 1～7.
- 8) LEIMINGER, J. H. et al. (2014): Plant Pathol. 63: 640～650.
- 9) SEMAR, M. et al. (2007): J. Plant Dis. Protect. 114: 117～119.
- 10) SIEROTZKI, H. et al. (2006): Pest Manag. Sci. 63: 225～233.
- 11) 高垣真喜一ら (2014): 日本農薬学会誌 39: 121～126.
- 12) 對馬由記子ら (2007): 日植病報 73: 51～52 (講要).
- 13) 雪田金助 (2004): 植物防疫 58: 515～519.
- 14) ——— (2017): 北日本病虫研報 68: 102～107.

研究報告

福岡県におけるナシ黒星病 DMI 剤感受性低下と防除対策

福岡県農林総合試験場 菊原賢次

はじめに

福岡県では常緑、落葉果樹の栽培が盛んで、多くの品目が栽培されている。その中でも、ナシは栽培面積約400 haで、‘幸水’を中心に盆前出荷を目指して栽培されている。‘幸水’は黒星病、赤星病および輪紋病に感受性で、これらの防除のために年間を通じて十数回の薬剤が散布されている。その中でも *Venturia nashicola* Tanaka & Yamamoto によって引き起こされるナシ黒星病は葉や果実に発生し、落葉や裂果等を引き起こす重要病害である。特に、‘幸水’は他の赤ナシ品種と異なり、果実肥大期にも感受性が高いため（梅本，1993）、本病の防除は重要である。本病は古くから難防除病害として知られていたが、1980年代後半から浸達性と優れた防除効果を持つ DMI 剤が使用されはじめると、県内での発生は減少傾向になった。ところが、2002年ころから、通常の管理を実施しているにもかかわらず、本病が多発する事

例が散見されるようになり、基幹防除剤である DMI 剤の効果低下が疑われるようになった（図-1）。

I 2007年における DMI 剤感受性

ナシでは DMI 剤の使用が開始された当初から、海外のリンゴ黒星病菌 (*Venturia inaequalis* (Cooke) Winter) で DMI 剤耐性菌の報告があったため、耐性菌のモニタリングが行われた。分離菌株と薬剤添加培地を用いた感受性検定では、低感受性菌が発見されるものの、生物検定では薬剤の効果は維持されており、薬効の低下を招く耐性菌は長らく発見されなかった。ところが、2005年に福岡県で採取されたナシ黒星病菌で DMI 剤の効力低下を伴う耐性菌が初めて確認された（石井・菊原，2007）。このため、2007年に県内主要産地の感受性を生物検定で調査した。県内8圃場から採取した菌に対する防除価はフェナリモルで平均値59、ヘキサコナゾールで87、ジフェノコナゾールで100であった（図-2）。一方、

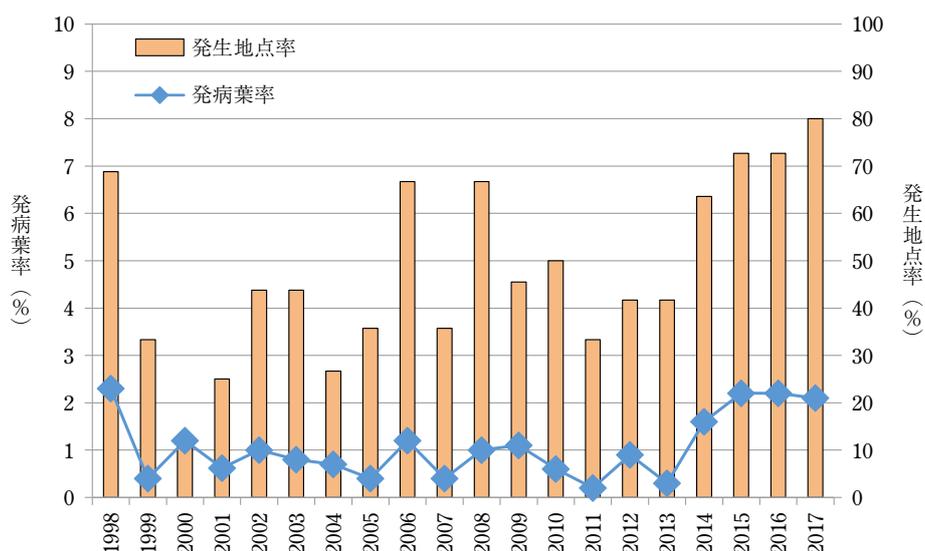


図-1 福岡県におけるナシ黒星病の発生推移
注) 福岡県病害虫防除所調査。

Resistant Development against DMI Fungicides on Pear Scab and Its Management in Fukuoka Prefecture. By Kenji KIKUHARA
(キーワード：ナシ黒星病，耐性，DMI 殺菌剤)

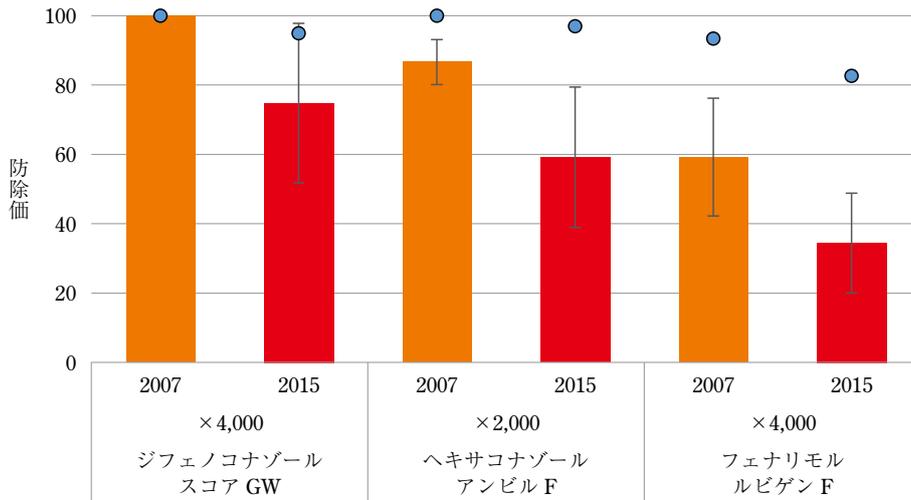


図-2 福岡県におけるナシ黒星病菌に対する各種薬剤の防除効果
○は対照の感受性が維持されていると期待される菌の結果。

表-1 福岡県の代表的な防除暦の開花前後の防除体系 (抜粋)

	1989 年ころ～2008 年	2009 年ころ～2016 年	2017 年～
開花前	DMI	DMI	QoI
満開後	Multi	Multi	Multi or SDHI
満開 10 日後	DMI	DMI + Multi	DMI + Multi
満開 20 日後	DMI	DMI + Multi	DMI + Multi 等
満開 50～90 日後	DMI 1～3 回	DMI 1 回	DMI 1 回

注) DMI はジフェノコナゾール、ヘキサコナゾール等。
Multi はイミノクタジナルベシル酸塩、チウラム等。
QoI はマンデストロピン。
SDHI はベンチオピラド。
2017～の満開 20 日後は、Multi 単剤や SDHI や QoI を使用する地域もある。

対照の感受性菌に対する DMI 剤の防除価はすべての薬剤で 90 以上であった。福岡県産の菌はジフェノコナゾールに対する感受性は維持されていたが、フェナリモルに対しては耐性が発達していた。また、ヘキサコナゾールやフェンブコナゾールに対しては感受性がやや低下していた。

II DMI 剤耐性菌対策その 1

DMI 剤耐性菌リスク管理として、本系統薬剤の年間の使用回数を 3 回以内におさえ、多作用点阻害剤との混用散布やローテーション散布が提案されてきた(梅本, 1993)。しかし、本県は降雨が多く、本病の感染好適期が多いため、他の地域に比べて感染圧が高く、DMI 剤は開花前後に 3 回、後期感染期に 1 回使用される防除体系が 1980 年代終わりから普及してきた(表-1, 一部データ略)。さらに、輪紋病防除のため、DMI 剤が追加散布されることがあった。また、混用散布は経費の負担増

や耐性菌リスク管理が十分に認知されていなかったことから、普及していなかった。しかし、フェナリモル耐性菌が確認された 2008 年以降、耐性菌リスク管理の指導が強化された。まず、輪紋病防除には QoI 剤で代替し、DMI 剤の回数が削減された。また、ジフェノコナゾールとイミノクタジナルベシル酸塩との混用(井手, 2009)やヘキサコナゾールとイミノクタジナルベシル酸塩あるいはジラム・チウラム(現在、販売中止)との混用による防除効果の向上が示唆された(菊原, 2008; データ未発表)ことから、多作用点阻害剤(いわゆる保護殺菌剤)との混用散布の普及が推進された。2009 年から一部の地域の防除暦で満開～20 日後の DMI 剤に混用散布が、2012 年には多くの地域の防除暦で混用散布が導入された(表-1)。しかし、混用散布による防除効果の向上や耐性菌リスク管理の効果が実感しにくいことや経費の面から実施しない生産者もあった。

III 2015 年における DMI 剤感受性

2009 年以降、ナシ黒星病の発生は小康状態が続いたが、2014 年ころから多発傾向になった（図-1）。そこで、2015 年に再度、感受性検定を実施した。2015 年に県内 13 圃場からナシ黒星病菌を採取し、生物検定で感受性を調査した。その結果、ジフェノコナゾールの平均の防除価は 75、ヘキサコナゾールの防除価は 59、フェナリモルの防除価は 34 で、2007 年より感受性の低下が進行していた（図-2, 3）。特に、これまで効果が高かったジフェノコナゾールでも 50 を下回る地域があり、新しい防除体系を構築することが急務となった。

IV DMI 剤耐性菌対策その 2 (代替剤の探索と多作用点阻害剤との混用)

これまで、QoI 剤は DMI 剤に次ぐ防除効果が知られていたが、展葉期に使用すると薬害が生じるため、6 月

以降の使用に限られていた。近年、薬害が生じにくい新しいタイプの QoI 剤が登場し、DMI 剤の代替薬剤として期待された。そこで、その一つ、マンデストロピンの特性を評価した。福岡県で採取されたナシ黒星病菌に対して、多作用点阻害剤と DMI 剤の混用効果を接種 4 日前（散布効果）で検討した（図-4）。ジフェノコナゾール（平均防除価 77）、マンデストロピン（70）、イミノクタジナルベシル酸塩（70）、チウラム（60）の防除効果は同程度であった。ジフェノコナゾールは耐性菌により防除効果が減退したと考えられた（対照の感受性菌の防除価は 95）。一方、マンデストロピンとイミノクタジナルベシル酸塩（95）あるいはチウラムの混用（97）はいずれの単用より防除効果が優れた。また、ジフェノコナゾールとチウラムの混用（92）も防除効果の向上が認められた。さらに、圃場における体系試験を実施した（図-5）。現地慣行防除体系の多くは、開花前と満開 10 日後に DMI 剤、満開後に多作用点阻害剤である（図-5、



図-3 ジフェノコナゾール処理葉に接種したナシ黒星病菌の病徴

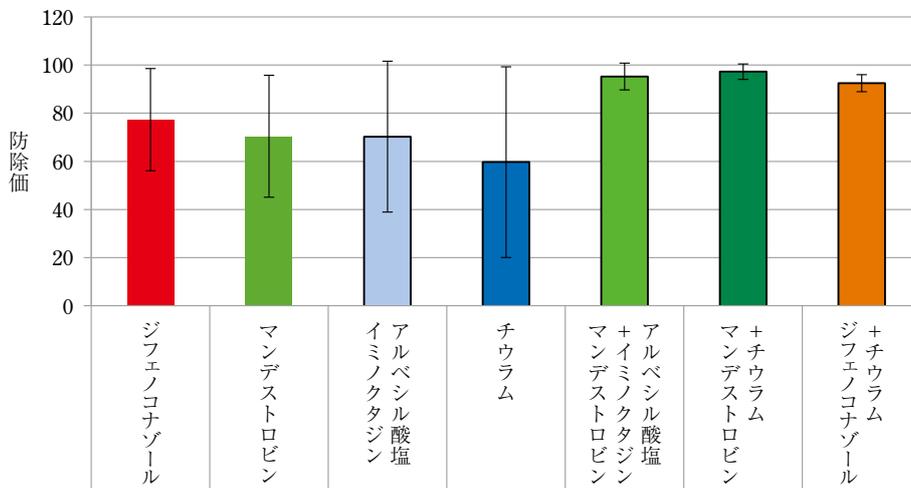


図-4 福岡県で採取されたナシ黒星病菌に対する各種薬剤の防除効果と混用効果

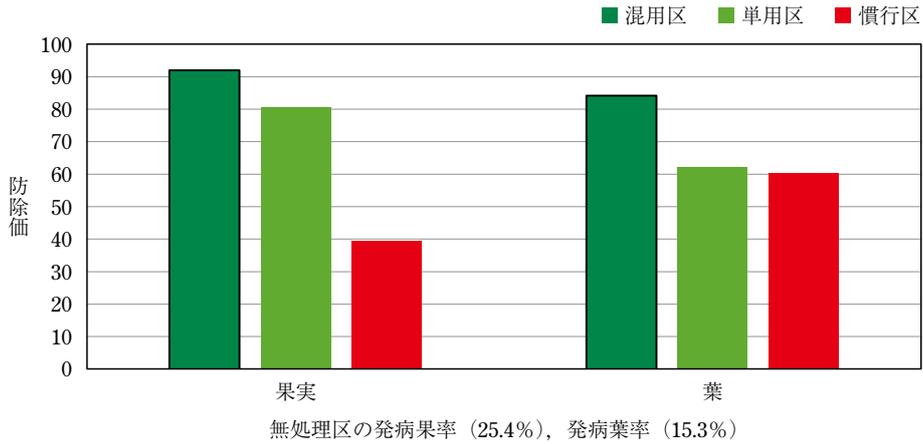


図-5 DMI 剤耐性ナシ黒星病菌発生圃場における各種防除体系の防除効果
 開花前と落弁 10 日後に試験薬剤を散布した。なお、落弁期には無処理区を含めた
 全区にイミノクタジナルベシル酸塩 (IA) を散布した。
 混用区：マンデストロピン+チウラム, IA, ジフェノコナゾール+チウラム
 単用区：マンデストロピン, IA, ジフェノコナゾール
 慣行区：ジフェノコナゾール, IA, ジフェノコナゾール

慣行区)。これに替わる防除体系 (図-5, 混用区：開花前にマンデストロピン+チウラムの混用, 満開後にイミノクタジナルベシル酸塩, 満開 10 日後にジフェノコナゾール+チウラム) を設計した。混用区はチウラムの混用がない単用区やジフェノコナゾールを基幹剤とした慣行区より, 防除効果が優れた。

おわりに

福岡県では, DMI 剤はナシ栽培に 30 年以上使用され, 耐性菌により防除効果が減退したが, それでも, 一部の地域を除くと, 浸透性のない多作用点剤より防除効果が高いため, 現在でも使用が続いている。近年, 本県以外でも DMI 剤感受性検定が実施され, 一部の DMI 剤に感受性の低下が確認されている (岩波, 2016)。本県では耐性菌リスク管理が不十分であったため, 耐性菌の発達を許してしまったと思われる。梅本 (1993) が提唱したように, 薬剤耐性リスク管理を十分に実施していれば, 耐性菌の発達が遅延できたかもしれない。DMI 剤登録から 30 年の間にいくつかの新系統の薬剤が登録さ

れた。これらの薬剤耐性リスクは QoI 剤で高, AP 剤で中, SDHI 剤で中～高である (JFRAC, 2017)。また, これら 3 系統に対してもナシ黒星病菌の類縁菌であるリンゴ黒星病菌で耐性菌が確認されている (LARSEN et al., 2013; TOFFOLATTI et al., 2016; 雪田, 2017)。現在, これら 3 系統は本県の現地で使われているが, 薬剤耐性のリスク管理は十分に実施しているとはいえない。DMI 剤と同様な結果を招かないよう, 使用回数の制限と多作用点阻害剤との混用を進めなければならない。

引用文献

- 1) 井手洋一 (2009): 農薬時代 191: 5~8.
- 2) 石井英夫・菊原賢次 (2007): 第 17 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 49~60.
- 3) 岩波靖彦 (2016): 関東東山病虫研報 63: 129 (講要).
- 4) JFRAC (2017): FRAC コード表: <http://www.jfrac.com/>
- 5) 菊原賢次 (2008): 九州病虫研報 54: 155 (講要).
- 6) LARSEN, N. J. et al. (2013): N.Z. Plant Prot. 66: 293~302.
- 7) TOFFOLATTI, S. L. et al. (2016): Plant Dis. 100: 2324.
- 8) 梅本清作 (1993): 千葉農試特報 22: 1~99.
- 9) 雪田金助 (2017): 北日本病害虫研報 68: 102~107.



CAA 系薬剤耐性菌と薬剤使用ガイドライン

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 いし 井 ひで お
吉備国際大学農学部 石 井 英 夫

はじめに

べと病菌や疫病菌等卵菌類による病害の防除に使用される CAA (Carboxylic Acid Amide, カルボン酸アミド) 系薬剤として、現在我が国ではジメトモルフ、ベンチアバリカルブイソプロピル (高垣, 2009), マンジプロパミド (平田, 2009) の 3 種とそれらを含む混合剤が農薬登録されている。海外ではイプロバリカルブやフルモルフほかも知られ、同じ作用機構を持つこれら CAA 系薬剤の間では交差耐性が認められる (Gisi, 2012)。FRAC Code は 40 である (<http://www.frac.info/>)。

CAA 系薬剤の殺菌スペクトラムは、作用点であるセルロース合成酵素 CerA3 のコドン 1109 のアミノ酸と深い関係があり、バリンを持つ *Peronosporales* (ツユカビ目) には活性を示すが、メチオニンほかを持つピシウム菌には本来活性がない (Blum et al., 2012; Gisi and Sierotzki, 2015)。一方、CAA 系薬剤にもともと感受性の菌が耐性となる場合には、のちに述べるようにコドン 1105 のアミノ酸置換がその原因となる。

海外ではブドウべと病やキュウリべと病で耐性菌が早くから報じられていたため、殺菌剤耐性菌研究会は CAA 系薬剤の耐性菌発達リスクを「中」と位置づけ、「耐性菌対策のための CAA 系薬剤使用ガイドライン」をホームページ (<http://www.taiseikin.jp/>) に公表してきた。ブドウべと病菌については、当研究会のシンポジウムでも取り上げた (尾崎, 2013)。

今回、ガイドラインのさらなる周知徹底を図るため本誌に改めてその背景や内容を紹介する。なお、CAA 系薬剤耐性菌が実験室内のみで取得され、圃場から確かな耐性菌がまだ報告されていない疫病菌 (Bi et al., 2014) については、当面ガイドラインの対象から除外した。また、本稿はシンポジウムの講演要旨 (石井, 2014) に新たな情報を加筆したものである。

Guideline of CAA Fungicides Use Aiming for Resistance Management. By Hideo Ishii

(キーワード: べと病菌, CAA 系薬剤, 卵菌類, 耐性菌, 耐性菌対策)

I 海外における CAA 系薬剤耐性菌の報告

1 ブドウべと病菌 (*Plasmopara viticola*)

ジメトモルフは 1980 年代後半からブドウべと病の防除に使用されているが、1994 年に耐性菌がフランスで最初に見つかり (Chabane et al., 1996), その後もヨーロッパの多くの国で検出されているほか (図-1, Giraud et al., 2012), インドや中国でも報告がある (Sawant et al., 2016; Zhang et al., 2017)。FRAC の CAA Working Group によれば (<http://www.frac.info/working-group/caa-fungicides>), 耐性菌は現在フランス, ドイツ, スイス, イタリア等から高頻度に検出されるが, 予防散布などを徹底すれば CAA 系薬剤の効果は良好であるという。一方, 国立農学研究所 (INRA) が中心となってフランスで毎年実施されている耐性菌モニタリングの報告では, しばしば CAA 系薬剤の効果は不十分とされる (Anonymous, 2018)。ホセチルなど作用機構の異なる他の有効薬剤と混用されるため, CAA 系薬剤の急激な効力低下には気付きにくい (Walker 私信, 2018)。

CAA 系薬剤の作用機構は卵菌の細胞壁成分であるセルロースの合成阻害とされ, ブドウべと病菌の CAA 系薬剤耐性菌には *PvCesA3* 遺伝子 (セルロース合成酵素をコード) に G1105S の変異が見られることが多いが, G1105V や G1105Y が検出されることもある (Sierotzki et al., 2011; Gisi and Sierotzki, 2015; Anonymous, 2018)。絶対寄生菌である本菌の場合, 耐性菌のモニタリングには, 植物を用いた生物検定法 (<http://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/>) とともに遺伝子診

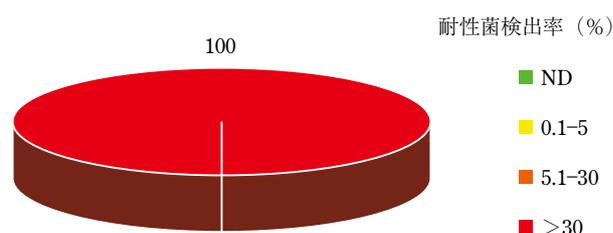


図-1 ドイツ・ルクセンブルグにおけるジメトモルフ耐性ブドウべと病菌の分布 (2011年)

断法 (AOKI et al., 2013 a ; NANNI et al., 2016) もよく用いられる。

2 キュウリベと病菌 (*Pseudoperonospora cubensis*)

本菌も遺伝的変異に富み、かつてフェニルアミド系薬剤メトラキシルに対する耐性菌が問題になったほか、QoI 剤耐性菌も国内外でよく知られる。2005 年にはジメトモルフ耐性菌がチェコで (PAVELKOVÁ et al., 2014), その後 CAA 系薬剤耐性菌がイスラエルで 2006 年に検出されたほか、米国や中国、韓国、スペインでも見ついている (GISI and SIEROTZKI, 2008 ; LEBEDA and COHEN, 2012 ; HAUSBECK, 2015 ; FRAC, 2017)。

チェコでは 2005 年ころまで耐性菌が優占してジメトモルフの効果が低かったが、その後菌の集団中で薬剤感受性の回復が見られ、2010 年には感受性菌がほとんど 100% に達している (図-2, PAVELKOVÁ et al., 2014)。この原因は明らかでないが、CAA 系薬剤の使用回数の減少やベと病菌の pathotype (病原型) の変遷、耐性菌の fitness penalty すなわち何らかの環境適応度が感受性菌に比べて劣ることなどが可能性として考えられる。

キュウリのリーフディスクを用いた検定で、CAA 系薬剤 3 種の EC₅₀ は感受性菌で 3 ppm 以下、耐性菌では 100 ppm 以上となり、resistance factor は 100 倍以上の高度耐性であった。また、*PcCesA3* 遺伝子に G1105V または G1105W の変異を持つ菌株はすべてジメトモルフ、ベンチアバリカルブ、マンジプロパミドに交差耐性を示した (BLUM et al., 2011)。

3 その他

バレイシヨ疫病菌 (*P. infestans*) やレタスベと病菌 (*Bremia lactucae*)、タマネギベと病菌 (*Peronospora destructor*) についてもモニターされているが、CAA 系

薬剤耐性菌はまだ見つかっていない (FRAC, 2017)。

II 国内における CAA 系薬剤耐性菌の報告

海外とは異なり、耐性菌によって圃場で CAA 系薬剤の効力が低下したり、生物検定で耐性菌が確認されたりした例は、2018 年 3 月現在国内ではまだ報告されていない。しかし、山梨県のブドウ園からは以前、1 サンプルのみではあるが *PvCesA3* 遺伝子に G1105S 変異があるベと病菌が見ついている (AOKI et al., 2013 b)。さらにその後、4 つのブドウ園のうち 2 つからこの変異をヘテロに持つ菌が検出された。生物検定の結果、これらはいずれもマンジプロパミドに感受性を示した (AOKI et al., 2015) が、今後の動向を注視したい。とりわけ公的機関や農薬メーカーが防除実態を十分把握しにくい醸造用ブドウにはより注意が必要である。

キュウリベと病やタマネギベと病等の防除にも CAA 系薬剤は使用されるが、これらの病原菌の感受性検定は国内ではほとんど行われておらず、耐性菌分布の有無は不明である。

III ガイドライン作成の必要性

国内各地のブドウベと病菌にも近年 QoI 剤耐性菌が多く検出され、薬効の低下を招いている。それから得た教訓は、海外で報告がある耐性菌はいずれ我が国でも発達する可能性が高いということであった。そこで当研究会は、ブドウとウリ類のベと病を対象とした、耐性菌対策のための CAA 系薬剤使用ガイドラインを作成、公表した。その際、農薬メーカーのみで組織するために自ずと使用制限が難しい FRAC, あるいはブドウベと病で耐性菌が既に広く分布するフランスの公的な recommen-

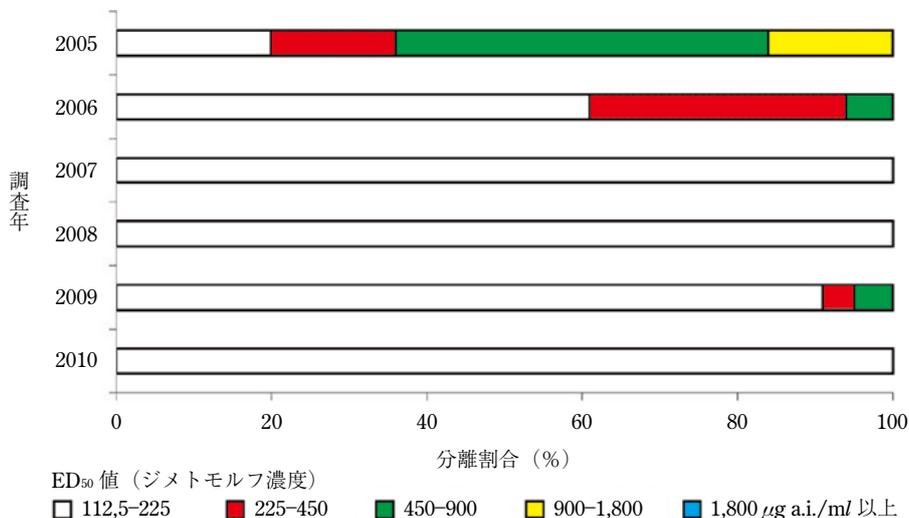


図-2 チェコにおけるジメトモルフ耐性キュウリベと病菌の分布 (2005~10年)

dations に比べてより厳しい内容とすることで、耐性菌発達による被害の発生を今度こそ未然に防止しようと考えた。

IV CAA系薬剤の散布回数と耐性菌の発達

ここで、耐性菌もしくは耐性にかかわる遺伝子変異を持つ菌が検出されるまでに、CAA系薬剤がどのように使用されたのかを見てみたい。Aoki et al. (2013 b) がブドウと病菌で *PvCesA3* 遺伝子の G1105S 変異を 2012 年 9 月に検出した山梨県の圃場では、CAA系薬剤が 2011 年と 2012 年にそれぞれ 2 回ずつ（シモキサニル・ベンチアバリカルブイソプロピルの混合剤 1 回、マンジプロパミド単剤 1 回）散布されていた。一方、2011 年にマンジプロパミド単剤を 1 回散布しただけの圃場からは G1105S 変異菌は見いだされなかった。

中国のキュウリべと病には、保護殺菌剤マンゼブと混用するかあるいは他系統薬剤とローテーションして、CAA系薬剤フルモルフを 1 作当たり最大 3 回の使用とすることが勧められていた。しかし、実際には単剤が 6~8 回散布された場合もあった。ハウスでのモデル試験では、フルモルフの 6 回連続散布で耐性菌が 2.5% 検出されるようになり、マンゼブとの混用でも 8 回の連続散布で耐性菌検出率は 4.8% となった（図-3(a), ZHU et al., 2007)。次いで、耐性菌検出率が当初それぞれ 17%, 5% であったフルモルフ単用、フルモルフとマンゼブの混用試験区で 3 ないし 4 回散布を続けたところ、両試験区とも耐性菌検出率は急速に 100% に達した（図-3(b)）。これに伴って、フルモルフ単用のみならずマンゼブとの混

用の効果も減退した。

モデル試験に採用されたような連続散布は我が国の一般圃場では通常行われないが、マンゼブとの混用でもフルモルフ耐性菌の発達をほとんど抑えていない。また、越年で耐性菌検出率は一度低下したものの、翌年には耐性菌がより発達しやすくなった点にも留意すべきである。

V 耐性菌対策としての薬剤混用の効果と注意点

耐性菌リスクのある薬剤では、連用することなく作用機構の異なる他系統薬剤とローテーション使用しても耐性菌が発達する 경우가少なくない。そこで、耐性菌の発達をさらに遅らせるためには、対象病害に有効な他系統薬剤との混用（混合剤または現地混用いわゆる tank mix）が有効であることは広く認められている。混用のパートナーには一般に保護殺菌剤が使用されることが多い。しかし、残効期間が短い薬剤と混用した場合、CAA系薬剤は途中から実質的には単剤として働くこととなり、耐性菌に選択圧を加え続ける。

また、パートナーの薬剤自体が耐性菌リスクを抱える場合もある。例えば、CAA系薬剤をシモキサニルと混用すると、キュウリべと病に相乗的な防除効果も期待できる (LEBEDA and COHEN, 2012) が、ブドウべと病 (GULLINO et al., 1997; GENET and JAWORSKA, 2013) やキュウリべと病 (PAVELKOVA et al., 2014; WYENANDT et al., 2018) でシモキサニル耐性菌による効力低下も一部で報告されている。このほか、QiI 剤のシアゾファミドやアミスルプロム、QoSI 剤のアメトクトラジンはブドウべと病 (Anonymous, 2016) で、またフルオピコリドはキュウリべと病

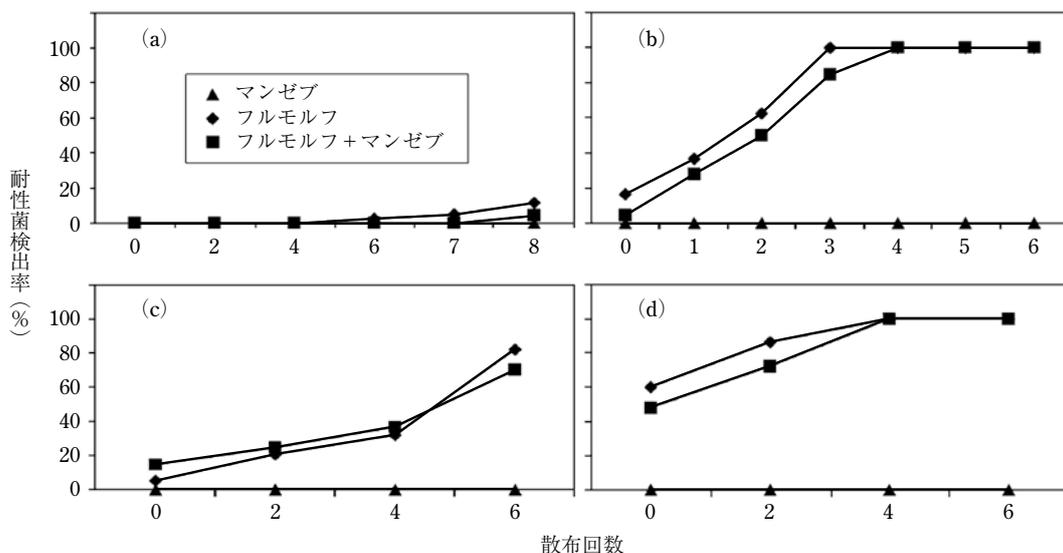


図-3 フルモルフ耐性キュウリべと病の発達

(a) 2004 年の 1 作目, (b) 2004 年の 2 作目, (c) 2005 年の 1 作目, (d) 2005 年の 2 作目。

(HAUSBECK, 2015) でそれぞれまれに耐性菌の発生が報じられている。

VI 海外における CAA 系薬剤の使用制限

フランスでは 2007～09 年にブドウべと病の発病圧が高く、CAA 系薬剤が多用された結果、2009 年には耐性菌がほとんどの圃場に優占した。その後、この系統の薬剤については、予防的な使用で 1 年に 1 回（最大 2 回、ただし連用はしない）の散布とすることが推奨された (Anonymous, 2012)。

しかし、2010 年と 2011 年は発病圧が低く CAA 系薬剤の使用回数が減少したにもかかわらず、依然として耐性菌が広く分布した (図-4, MAGNIEN et al., 2012)。さらに 2012 年の調査では、過去 3 年間 CAA 系薬剤の使用が年平均 1 回以下となっていたが、調査地点の 80～90% にまだ耐性菌が定着していた (Anonymous, 2013)。そこで、予防散布を徹底して他系統薬剤 (例えばホセチル) との混用で 1 年に 1 回に限るとする、より厳しい制限がかけられた (Anonymous, 2014)。現在は、やはり他系統薬剤との混用で 1 年に最大 2 回までとしている (Anonymous, 2018)。

VII 国内における CAA 系薬剤の使用制限

前述の通り、国の内外を問わず他の地域で耐性菌発達が報じられた場合、その情報に基づいて早めに対策を講ずることが重要である。ブドウべと病で QoI 剤耐性菌の問題を経験した山梨県では、フルオピコリドと CAA 系薬剤ベンチアバリカルブイソプロピルの混合剤を発病

初期に使用する場合でも、耐性菌出現を防ぐため年 1 回のみとしている (山梨県ブドウ防除暦 2018 年)。予防的措置を優先した積極的な対策である。

富山県でも最近、QoI 剤耐性のブドウべと病菌が広い範囲に高率で検出され、代替薬剤として CAA 系薬剤も挙げられているが、「CAA 系薬剤や QiI 剤も耐性菌の発生リスクがあることから、年間使用回数を制限するとともに、べと病に効果を有する他系統薬剤との混用を推奨し、これら薬剤の耐性菌の発生リスクを低減する」としている (富山県病害虫防除技術情報第 2 号, 2014)。

VIII 他の病原菌の CAA 系薬剤耐性菌

バレイシヨ疫病菌に代表される *Phytophthora* 属菌ではこれまで、圃場から CAA 系薬剤耐性菌は見つかっていない (KILDEA et al., 2014)。しかし、実験室内ではバレイシヨや野菜等の病原菌となる数種の *Phytophthora* 属菌などで、耐性菌取得について数多くの報告がある (表-1)。

耐性菌の多くは菌糸生育や孢子形成、感染能力が感受性菌より劣るとされるが、fitness の高い耐性菌もあることから、将来圃場でも疫病菌の CAA 系薬剤耐性菌が出現、発達する可能性は否定できない。なお、バレイシヨ疫病菌のマンジプロバミド耐性菌にも *PiCesA3* 遺伝子の G1105V や G1105A 変異が関係しているほか (BLUM et al., 2010), *P. melonis* (CHEN et al., 2012) では CAA 系薬剤に本来非感受性の *Pythium aphanidermatum* (BLUM and GISL, 2012) と同じく *CesA3* 遺伝子に V1109L 変異が見られるなど、*Phytophthora* 属菌の実験室内耐性菌には複数の遺伝子変異が報告されている (PANG et al., 2014)。

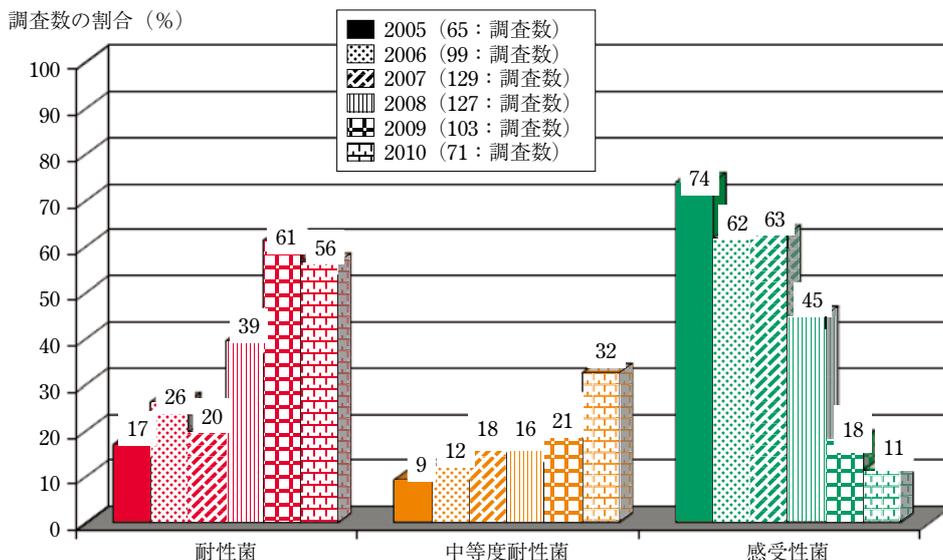


図-4 フランスにおける CAA 系薬剤耐性ブドウべと病菌の分布 (2005～10 年)

表-1 CAA系薬剤耐性 *Phytophthora* 属菌など(実験室内で取得)の報告例(抜粋)

菌の種名	薬剤	報告者	報告年
<i>P. infestans</i>	ジメトモルフ	STEIN and KIRK	2004
<i>P. infestans</i>	フルモルフ	YUAN et al.	2006
<i>P. infestans</i>	マンジプロバミド	BLUM et al.	2010
<i>Peronophythora litchi</i>	ジメトモルフ	WANG et al.	2010
<i>P. capsici</i>	フルモルフ	MENG et al.	2011
<i>P. melonis</i>	フルモルフほか	CHEN et al.	2012
<i>P. capsici</i>	ピリモルフ	PANG et al.	2013
<i>P. sojae</i>	フルモルフ	CAI and LIU	未発表

引用文献

- Anonymous (2012): http://draaf.midi-pyrenees.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Annexe-OSA-resi-mildiou-oidium-vigne_cle4eac79.pdf
- (2013): <http://viticulture.ecophytopic.fr/vt/v-r%C3%A9glementation/note-technique-commune-gestion-de-lar%C3%A9sistance-2013-maladies-de-la-vigne>
- (2014): http://draaf.bourgogne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/note_technique_ommune_Vigne_2014_Vdef_cle0a3ce6.pdf#search='NOTE+TECHNIQUE+COMMUNE+GESTION+DE+LA+RESISTANCE+2014'
- (2016): http://viticulture.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/Note%20technique%20commune%20Vigne%202016_valid%C3%A9.pdf
- (2018): http://www.vignevin.com/fileadmin/users/ifv/2015_New_Site/Home_page/Fichiers/2018/Note_technique_commune_Vigne_2018.pdf#search=%27NOTE+TECHNIQUE+COMMUNE+GESTION+DE+LA+RESISTANCE+2018%27
- AOKI, Y. et al. (2013 a): *Pest Manag. Sci.* **69**: 268~273.
- et al. (2013 b): <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/brief/2013/caa/>
- et al. (2015): *Plant Health Prog.* **16**: 84~87.
- BI, Y. et al. (2014): *Plant Pathol.* **63**: 1365~1373.
- BLUM, M. and U. GISI (2012): *Pest Manag. Sci.* **68**: 1171~1183.
- et al. (2010): *Mol. Plant Pathol.* **11**: 227~243.
- et al. (2011): *Pest Manag. Sci.* **67**: 1211~1214.
- et al. (2012): *Fungal Biol.* **116**: 529~542.
- CHABANE, K. et al. (1996): *Modern Fungicides and Antifungal Compounds (Intercept)*: 387~391.
- CHEN, L. et al. (2012): *PLoS ONE* **7**: e42069. doi:10.1371/journal.pone.0042069
- FRAC (2017): http://www.frac.info/docs/default-source/caa-wg/minutes-of-the-2017-caa-meeting-recommendations-for-2018.pdf?sfvrsn=510e4b9a_2
- GENET, J.-L. and G. JAWORSKA (2013): *Eur. J. Plant Pathol.* **135**: 383~393.
- GIRAUD, F. et al. (2012): *Abstr. 10th AFPP Intr. Conf. Plant Dis. (Tours)*.
- GISI, U. (2012): *Fungicide Resistance in Crop Protection (CABI)*: 96~103.
- and H. SIEROTZKI (2008): *Eur. J. Plant Pathol.* **122**: 157~167.
- and ————— (2015): *Fungicide Resistance in Plant Pathogens (Springer)*: 145~174.
- GULLINO, M. L. et al. (1997): *Plant Pathol.* **46**: 729~736.
- HAUSBECK, M. (2015): *Phytopathology* **105**(Suppl. 4): S4.169.
- 平田哲也 (2009): *EBC 研究会誌* **5**: 34~40.
- 石井英夫 (2014): 第24回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要集: 64~71.
- KILDEA, S. et al. (2014): *PPO Special Rept.* **16**: 221~222.
- LEBEDA, A. and Y. COHEN (2012): *Fungicide Resistance in Crop Protection (CABI)*: 44~63.
- MAGNIEN, C. et al. (2012): *Abstr. 10th Intr. Conf. Plant Dis. (Tours)*.
- MENG, Q. X. et al. (2011): *Plant Pathol.* **60**: 957~966.
- NANNI, I. M. et al. (2016): *Letters Appl. Microbiol.* **63**: 268~274.
- 尾崎剛一 (2013): 第23回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要集: 47~56.
- PANG, Z. et al. (2013): *PLoS ONE* **8**: e56513. doi:10.1371/journal.pone.0056513
- et al. (2014): *Phytopathology* **104**: 269~274.
- PAVELKOVA, J. et al. (2014): *Crop Protect.* **60**: 9~19.
- SAWANT, S. D. et al. (2016): *Plant Dis.* **101**: 259.
- SIEROTZKI, H. et al. (2011): *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI (DPG Selbstverlag)*: 103~110.
- STEIN, J. M. and W. W. KIRK (2004): *Plant Dis.* **88**: 930~934.
- 高垣真喜一 (2009): *EBC 研究会誌* **5**: 29~33.
- 富山県 (2014): 富山県病害虫防除技術情報第2号.
- WANG, H. et al. (2010): *Phytopathology* **100**: 522~527.
- WYENANDT, C. A. et al. (2018): *Plant Health Prog.* **19**: 34~36.
- 山梨県 (2018): 山梨県ブドウ防除暦2018年.
- YUAN, S. K. et al. (2006): *Plant Pathol.* **55**: 258~263.
- ZHANG, H. et al. (2017): *Pest Manag. Sci.* **73**: 1655~1660.
- ZHU, S. S. et al. (2007): *Plant Pathol.* **56**: 967~975.

2018年4月3日現在
日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会

耐性菌対策のためのCAA系薬剤使用ガイドライン

一般的な耐性菌対策

1. 薬剤防除だけに頼るのではなく、圃場や施設内を発病しにくい環境条件にする。
 - 1) 可能ならば病害抵抗性品種や耐病性品種を栽培する。
 - 2) 病原菌の伝染源となる作物残渣や落葉などは速やかに処分する。
 - 3) 作物が過繁茂にならないよう誘引や整枝・剪定を適切に行う。
 - 4) 施設内の温度や湿度管理に気を配る。
 - 5) 土壌や水管理にも気を配り、健苗や健全樹の育成・栽培に心がける。
 - 6) 発病した葉や果実などは、支障がない限り見つけ次第除去する。
 - 7) 関係機関等から薬剤に代わる最新の防除技術について情報を集め、その積極的な導入に努める。
2. 薬剤防除にあたっては、以下の点に留意する。
 - 1) 使用する薬剤がどの系統に属するのかを調べ、耐性菌が発生しやすい薬剤かどうかを確かめる。
 - 2) 同じ系統の薬剤では交差耐性になることが多い。
 - 3) 耐性菌が発生しやすい薬剤はガイドラインが示す回数範囲内で使用し、使用後は効果の程度をよく観察する。
 - 4) 同じ系統の薬剤は連用しない。また、他の系統の薬剤と輪番（ローテーションまたは交互）使用したり現地混用（または混合剤を使用）したりしても、耐性菌の発達は起こることが多いので、過信しない。
 - 5) 防除基準や防除暦等で決められた薬剤の希釈倍数や薬量を守り、作物にムラなく散布する。スピードスプレーやで果樹に散布する場合は、毎列散布とし隔列散布はしない。
 - 6) 新しく開発された薬剤の場合、特に栽培後期の発病の多い時期に特効薬として散布しがちであるが、これでは耐性菌がより発達しやすくなって防除に失敗する恐れがある。薬剤の予防散布を徹底する。
 - 7) 薬剤の効果が疑われる場合は直ちに関係機関に連絡し、耐性菌の検定を依頼するとともに防除指導を受ける。検定で耐性菌の分布が確認された場合は、直ちにその薬剤の使用を中止して効果が確認されるまで使用しない。

薬剤使用回数に関するガイドライン（耐性菌未発生圃場の場合）

ブドウ：CAA系薬剤の単剤は1年1回まで。効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤の場合は1年2回まで。

ウリ科：CAA系薬剤の単剤は1作1回まで。効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤の場合は1作2回まで。

なお、CAA系薬剤普及拡大後の耐性菌発達状況を勘案し、必要に応じて耐性菌発達リスクの再評価を行い、ガイドラインの見直しを行うこととする。



DMI 剤耐性菌と薬剤使用ガイドライン

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会
佐賀県農業技術防除センター

いな
稲

だ
田

みのる
稔

はじめに

この2年の間に、DMI (Sterol Demethylation Inhibitor) 剤耐性のリンゴ黒星病菌 (赤平, 2017) およびテンサイ褐斑病菌 (北海道病害虫防除所, 2017) の発生が国内で新たに報告された。本系統薬剤については、最初の薬剤の上市から30年以上が経過し、現在も主要薬剤として各種作物の安定生産に貢献しているが、一方で国内外の多くの病原菌において耐性菌が発生し問題となっている。

殺菌剤耐性菌研究会では、耐性菌による被害を回避するため、薬剤、病原菌および作物ごとの耐性菌リスク、耐性菌の発生事例等を基に、2008年以降、MBI-D, QoI, SDHI, CAA 剤の使用ガイドラインを策定、公表してきた (<http://www.taiseikin.jp/>)。ここでは、2017年4月に公表したDMI剤のガイドラインについて、その背景や内容を紹介する。DMI剤の本ガイドラインに基づく使用について、各関係機関での指導、取り組みを切にお願いしたい。

I DMI 剤の登録、使用状況

DMI 剤は、糸状菌の細胞膜に含まれるステロールの生合成過程における脱メチル化反応を阻害し病原菌の生育を抑える。我が国で使用されるステロール生合成阻害剤の多くがDMI 剤である。国内で農薬登録を有するDMI 剤の数は多く、同一成分で複数の剤型を有するものや他成分との混合剤を含め、様々な薬剤が上市されている。薬剤間で適用作物は異なるものの、DMI 剤全体として見ると、普通作物、野菜類、果樹類、茶まで幅広い作物をカバーし、イチゴ、リンゴ、ナシ等では使用可能な薬剤が10種類以上にも及ぶ (表-1, ただしすべてのDMI 剤を記載していない)。

薬剤の系統を示すFRACコードが都道府県の防除基準や地域の防除暦に記載されるようになり、耐性菌対策

Guideline for DMI Fungicide Resistance Management. By
Minoru INADA

(キーワード: DMI, 耐性菌, 使用制限, ガイドライン)

として、「同一系統の薬剤は連用しない」、「同一系統の薬剤に偏った防除はしない」ということは常識となった。しかし、ほとんどの薬剤では商品の包装に系統番号が表示されていないため、系統を考慮した薬剤の選択がなされず、結果的に同一系統薬剤の連用や偏った防除となったケースが認められる。特に、DMI 剤は作物ごとの登録薬剤数が多いため、薬剤を選択する際は注意が必要である。耐性菌対策を推進するには、生産者が薬剤を適切に選択できるよう、系統に関する情報がわかりやすい形で提供されることが重要であり、農薬メーカーには薬剤の包装に系統番号を表示するよう改めてお願いしたい。

II DMI 剤耐性菌の現状

DMI 剤に対する耐性菌については、海外では、ムギ類およびウリ科野菜のうどんこ病菌、コムギ葉枯病菌、ムギ類眼紋病菌、リンゴ黒星病菌等、多くの報告がある。

表-1 各種 DMI 剤の適用作物と使用可能回数

薬剤名	適用作物と使用可能な回数											
	水稲	小麦	大麦	大豆	トマト	イチゴ	キュウリ	ナス	リンゴ	ナシ	ブドウ	茶
シメコナゾール G (1.5%)	2											
シメコナゾール WP (20%)				2		3			3	3		1
メトコナゾール DustDL (0.7%)				麦類 3								
テブコナゾール SC (40%)		3	2	3								
テブコナゾール SC (20%)									3	3	3	2
プロピコナゾール EC (25%)		5	1									
ヘキサコナゾール SC (2%)									3	3		
トリフルミゾール WP (30%)	1	麦類 3				5	5	5	5	3	3	3
トリフルミゾール EC (15%)	1	3				5	5	5				
ジフェノコナゾール WG (10%)						3	3	3	3	3		2
フェンブコナゾール SC (22%)									3	3	3	2
トリホリン EC (18%)						3	5	5	5			
ミクロブタニル EC (25%)						3	3					
ミクロブタニル WP (10%)						3	3	5	4	3	3	2

注) 本表は DMI 剤および適用作物を網羅していない。

表-2 国内外における DMI 剤耐性菌の発生状況

作物	病名	病原菌名	報告		参考文献
			国外	国内	
イネ	ばか苗病	<i>Gibberella fujikuroi</i>	○		Phytopathology 101 (6 Suppl): S91 (2011)
コムギ	うどんこ病	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	○		Netherlands Journal of Plant Pathology 92: 21~32 (1986)
	黄斑病	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	○		Applied and Environmental Microbiology 71: 3269~3275 (2005)
	葉枯病	<i>Mycosphaerella graminicola</i>	○		OEPP/EPP Bulletin 41: 149~155 (2011)
ムギ類	赤かび病	<i>Fusarium asiaticum</i> , <i>F. graminearum</i>	○	○	Phytopathology 99: 487~497 (2009) 第 18 回耐性菌研究会シンポジウム講要
	赤さび病	<i>Puccinia triticina</i>	○		Crop Protection 28: 891~897 (2009)
	眼紋病	<i>Oculimacula acuformis</i> , <i>O. yallundae</i>	○		Pesticide Science 23: 119~129 (1988)
オオムギ	うどんこ病	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>	○		Netherlands Journal of Plant Pathology 97: 251~263 (1991)
	雲形病	<i>Rhynchosporium secalis</i>	○		Crop Protection 20: 97~102 (2001)
	網斑病	<i>Pyrenophora teres</i>	○		Phytopathology 84: 515~519 (1994)
ダイズ	さび病	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	○		Abstracts of the Conference Resistance 2011
テンサイ	褐斑病	<i>Cercospora beticola</i>	○	○	Plant Diseases 94: 1272~1282 (2010) 北海道病害虫防除所特殊報 (2017)
ウリ類	うどんこ病	<i>Podosphaera xanthii</i>	○	○	Netherlands Journal of Plant Pathology 89: 185~187 (1984) 日植病報 54: 629~632 (1988)
イチゴ	うどんこ病	<i>Podosphaera aphanis</i>	○	○	Pest Management Science 66: 35~43 (2010) 日植病報 58: 134 (2002) (講要)
トマト, キュウリ	灰色かび病	<i>Botrytis cinerea</i>	○		Plant Pathology 41: 47~54 (1992)
トマト	葉かび病	<i>Passalora fulva</i>		○	植物防疫 71: 99~108 (2017)
ナス	すすかび病	<i>Mycovellosiella nattrassii</i>		○	日植病報 66(2): 78~84 (2000)
リンゴ	黒星病	<i>Venturia inaequalis</i>	○	○	Plant Disease 87: 184~190 (1997) 第 27 回耐性菌研究会シンポジウム講要
ナシ	黒星病	<i>Venturia nashicola</i>	○	○	植物防疫 61: 426~429 (2007)
核果類	灰星病	<i>Monilinia fructicola</i>	○		Plant Disease 92: 415~420 (2008)
	Sour rot	<i>Geotrichum candidum</i>	○		Plant Disease 96: 752~758 (2012)
オウトウ	Leaf spot	<i>Blumeriella jaapii</i>	○		Phytopathology 96: 709~717 (2006)
ブドウ	うどんこ病	<i>Erysiphe necator</i>	○		Canadian Journal of Plant Pathology 23: 337~345 (2001)
	Petri (Esca)	<i>Phaeoacremonium aleophilum</i>	○		Crop Protection 52: 141~150 (2013)
	黒腐病	<i>Guignardia bidwellii</i>	○		Proceedings of 1986 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases
カンキツ	緑かび病	<i>Penicillium digitatum</i>	○		Plant Disease 96: 87~96 (2012)
	青かび病	<i>Penicillium italicum</i>	○		Unpublished (Eckert)
	貯蔵病害の一種	<i>Penicillium cyaneofulvum</i>	○		Mycopathologia 123: 27~33 (1993)
	貯蔵病害の一種	<i>Penicillium variable</i>	○		Mycopathologia 123: 27~33 (1993)
	貯蔵病害の一種	<i>Penicillium rugulosum</i>	○		Mycopathologia 123: 27~33 (1993)
	貯蔵病害の一種	<i>Penicillium minioluteum</i>	○		Mycopathologia 123: 27~33 (1993)
バナナ	Black Sigatoka	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	○		Phytopathology 87: 96~100 (1997)
パパイヤ	炭疽病	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	○		Agronomia Costarricense 19(2): 25~30 (1995)
	軸腐病	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	○		European Journal of Plant Pathology 132: 489~498 (2012)
ペカン	黒星病	<i>Fusicladium effusum</i>	○		Crop Protect 29: 1257~1263 (2010)
コーヒー	炭疽病	<i>Colletotrichum coffeanum</i>	○		Journal of Phytopathology 140: 114~122 (1994)
シバ類	ダラスポット	<i>Sclerotinia homoeocarpa</i>	○		European Journal of Plant Pathology 103: 409~416 (1997)
	炭疽病	<i>Colletotrichum cereale</i>	○		Plant Disease 91: 1547~1555 (2007)
キク	白さび病	<i>Puccinia horiana</i>	○	○	Plant Pathology 50: 792 (2001)

注) 石井英夫氏の表を一部改変。

一方、国内では、前述のリンゴ黒星病菌、テンサイ褐斑病菌のほか、キュウリやイチゴのうどんこ病菌、トマト葉かび病菌、ナスすすかび病菌、ナシ黒星病菌等で報告がなされている（表-2）。

DMI 剤耐性の機構については、① DMI 剤の作用点タンパク質であるステロール脱メチル化酵素遺伝子 *CYP51* の点突然変異によるアミノ酸置換、薬剤結合量の低下、② *CYP51* 遺伝子上流域における挿入配列の存在とこれによる *CYP51* 遺伝子およびステロール脱メチル化酵素の過剰発現、そして③細胞膜に存在する ABC トランスポーター等の活性化による DMI 剤の細胞外排出の関与、が指摘されている（石井，2007）。また、*CYP51* 遺伝子の変異パターンにより、同一薬剤に対する耐性程度が菌株間で異なることが報告されている。久保ら（2007）は、キュウリうどんこ病菌の DMI 剤耐性機構を検討し、耐性菌は耐性程度が高い系統と低い系統の二つに類別され、それぞれ *CYP51* 遺伝子の 4 箇所または 1 箇所に塩基置換があることを確認している。

一般に、病原菌がある薬剤に耐性を示した場合、同系統の薬剤に対しても交差耐性を示すことが多いが、DMI 剤では薬剤間で菌の感受性や薬剤の防除効果に差を生じる場合があることが知られている。石井・菊原（2007）は、ナシ黒星病菌の DMI 剤感受性を接種試験により調査し、フェナリモール剤およびヘキサコナゾール剤の防除効果が低下した耐性菌に対してもジフェノコナゾール剤が有効であることを報告している。ただし、菊原ら（2017）が 2015 年に行った試験によれば、ジフェノコナゾール剤に対しても感受性低下が進行しており注意が必要である。

III 耐性菌対策のための 薬剤使用ガイドラインの活用

耐性菌の発生には、殺菌剤自体の耐性菌発生リスク、

剤型、使用頻度、病原菌の種類等が複合的に関与すると考えられる。殺菌剤耐性菌研究会が設定した DMI 剤の耐性菌リスクは「中」であり、また、圃場での本剤に対する病原菌の感受性低下はベンゾイミダゾール系剤や QoI 剤とは異なり、通常、時間をかけて穏やかに進行するとされる（Ishii et al., 1990）。さらに、耐性菌では感受性菌に比べフィットネス（環境ストレスに対する適応度）が劣る可能性があり、キュウリうどんこ病菌やナスすすかび病菌では、耐性菌が優占した圃場であっても、当該薬剤の使用を中止すれば、耐性菌の比率が低下し薬剤の防除効果が回復する事例が認められている（浅利ら，1994；山口，2003）。これらのことから、DMI 剤については、過度な使用を避け制限を加えて使用すれば、他の耐性菌リスクが高い薬剤に比べ、長期にわたり期待する防除効果を持続できる可能性がある。

いったん耐性菌の発生が拡大すれば、当該薬剤の使用を中止し代替薬剤に切り替えざるを得ず、防除対策上の問題を生じることになる。耐性菌の発生を抑え、被害を未然に防ぐには、薬剤の効果が維持されている段階からの予防的な措置が不可欠であり、各薬剤の系統、病原菌および作物ごとの耐性菌リスクに応じ、ガイドラインに沿った薬剤の使用制限を強く推進する必要がある。

引用文献

- 1) 赤平知也（2017）：第 27 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨：46～54.
- 2) 浅利 寛ら（1994）：関東東山病虫研報 41：69～75.
- 3) 北海道病害虫防除所（2017）：病害虫発生予察情報第 17 号特殊報第 1 号.
- 4) Ishii, H. et al.（1990）：Pestic. Sci. 30：405～413.
- 5) 石井英夫（2007）：植物防疫 61：407～409.
- 6) ———・菊原賢次（2007）：同上 61：426～429.
- 7) 菊原賢次ら（2017）：九州病害虫研究会第 94 回研究発表会講演要旨：9.
- 8) 久保深雪ら（2007）：植物防疫 61：413～416.
- 9) 山口純一郎（2003）：佐賀農研七研報（32）：66～79.

2017年4月29日

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会

耐性菌対策のための DMI 剤使用ガイドライン

【一般的な耐性菌対策】

1. 薬剤防除だけに頼るのではなく、圃場や施設内を発病しにくい環境条件にする。
 - 1) 可能ならば病害抵抗性品種や耐病性品種を栽培する。
 - 2) 病原菌の伝染源となる作物残渣や落葉、剪定枝あるいは周辺の雑草などは速やかに処分する。
 - 3) 作物が過繁茂にならないよう誘引や整枝・剪定に気をつける。
 - 4) 施設内の温度や湿度管理に気を配る。
 - 5) 土壌や水管理にも気を配り、健苗や健全樹の育成・栽培に心がける。
 - 6) 発病した葉や果実などは、支障がない限り見つけ次第除去する。
 - 7) 関係機関等から薬剤に代わる最新の防除技術について情報を集め、その積極的な導入に努める。
2. 薬剤防除にあたっては、以下の点に留意する。
 - 1) 使用する薬剤がどの系統に属するのかを調べ、耐性菌が発生しやすい薬剤かどうかを確かめる。
 - 2) 一般に同じ系統の薬剤では交差耐性になることが多いが、DMI 剤の場合、感受性の低下は徐々に進行し、また、その程度は薬剤によって異なることが多いため、薬剤間で防除効果に差を生じる場合がある。
 - 3) 耐性菌が発生しやすい薬剤はガイドラインが示す回数の範囲内で使用し、使用後は効果の程度をよく観察する。
 - 4) 同じ系統の薬剤は連用しない。
 - 5) 防除基準や防除暦等で決められた薬剤の希釈倍数や薬量を守り、作物にムラなく散布する。スピードスプレーヤで果樹に散布する場合は、毎列散布とし隔列散布はしない。
 - 6) 新しく開発された薬剤の場合、特に栽培後期の発病の多い時期に特効薬として散布しがちであるが、これでは耐性菌がより発達しやすくなって防除に失敗する恐れがある。薬剤の予防散布を徹底する。
 - 7) 薬剤の効果が疑われる場合は直ちに関係機関に連絡し、耐性菌の検定を依頼するとともに防除指導を受ける。検定で「耐性菌の分布が確認された場合」は、直ちに当該 DMI 剤の使用を中止して効果が確認されるまで使用しない。また、「感受性低下菌の分布が確認された場合」でも当該 DMI 剤の使用は控え、効果が確認されている他の DMI 剤に他系統薬剤を混用し最小限で使用するか、又は他系統薬剤のみを使用する。なお、他系統薬剤との混用（または混合剤を使用）又は輪番（ローテーションまたは交互）使用をしても、耐性菌の発達は起こることが多いので、過信しない。

【DMI 剤の使用に関するガイドライン】

■水稲

一般栽培での DMI 剤の使用は、種子消毒を含め 1 作当たり最大 2 回までとする。

種子生産過程（育種、原種、採種圃）における DMI 剤の使用は、種子消毒も含めて最大で年 1 回限りとする。また、育苗箱処理に長期持続型 DMI 剤は使用しない。採種圃の周辺圃場でもこれに準じる。

■麦類

オオムギ及びコムギにおける DMI 剤の使用は、以下のとおりとする。

○オオムギ

- ・種子粉衣は最大 1 作 1 回とする。
- ・散布は最大で 1 作 2 回とする。但し、種子粉衣を実施した場合は、最大 1 作 1 回とする。

○秋播きコムギ

- ・種子粉衣は最大 1 作 1 回とする。
- ・根雪前散布は最大で 1 作 1 回とする。ただし、種子粉衣を実施した場合は、根雪前散布を行わないこととする。
- ・融雪後散布は最大で 1 作 2 回とする。

○春播きコムギ（初冬播きを含む）

- ・融雪後散布は最大で 1 作 2 回とする。

オオムギ及びコムギにおける DMI 剤の使用回数

作物区分	使用パターン	根雪前（前年度）	融雪後（当年度）	1 作中での最大使用回数
オオムギ	①	なし	散布（2 回）	2 回
	②	種子粉衣（1 回）	散布（1 回）	2 回
秋播きコムギ	①	なし	散布（2 回）	2 回
	②	種子粉衣（1 回）	散布（2 回）	3 回
	③	散布（1 回）	散布（2 回）	3 回
春播きコムギ （初冬播きを含む）	①	なし	散布（2 回）	2 回

■野菜類

野菜類での DMI 剤の使用に関するガイドラインについては、防除対象となる病害での耐性菌の発生状況や耐性菌リスクを考慮した。

主要野菜類における耐性菌リスクと DMI 剤使用回数の考え方

作物	主な防除対象	DMI 剤耐性菌の報告	耐性菌リスク			DMI 剤の 1 作中での使用回数		
			DMI 剤 ^{注1)}	防除 ^{注1)} 対象病害	栽培期間中の防除頻度 ^{注2)} （発生及び防除期間など）	使用時期	単剤のみ使用する場合	効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤を使用する場合（単剤使用を併用する場合の回数）
イチゴ	うどんこ病	有	中	高	高（育苗圃～本圃：通年、育苗圃と本圃で実質的には 2 作型）	育苗圃	1 回以内	2 回以内 （このうち単剤使用は 1 回以内）
						本圃	1 回以内	2 回以内 （このうち単剤使用は 1 回以内）
ナス	すすかび病	有		高	高（本圃：10～6 月）	育苗圃～本圃	1 回以内	2 回以内 （このうち単剤使用は 1 回以内）
					高（本圃：10～6 月）	育苗圃～本圃	2 回以内	3 回以内
トマト	葉かび病	有	中	高（本圃：10～6 月）	育苗圃～本圃	2 回以内	3 回以内	
ウリ科	うどんこ病	有	高	高（本圃：通年、年 3 作も有り）	育苗圃～本圃	1 回以内	2 回以内 （このうち単剤使用は 1 回以内）	

注 1) DMI 剤と対象病害の耐性菌リスクは殺菌剤耐性菌研究会 (<http://www.taiseikin.jp>) の資料。

注 2) 栽培期間中の防除頻度は、対象病害の発生期間が長い施設栽培を想定。発生が長期間に及ぶものは短いものに比べ DMI 剤の総使用回数が多くなり耐性菌リスクが高まりやすいと考えられる。

使用に関するガイドライン

○イチゴ

(育苗圃) DMI 剤は、単剤で使用する場合は 1 作 1 回まで、効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤で使用する場合は 1 作 2 回まで、単剤と他系統薬剤との混用もしくは混合剤を組み合わせて使用する場合は単剤 1 回 + 混用または混合剤 1 回まで。

(本圃) 同上

○ナス

DMI 剤は、単剤で使用する場合は 1 作 1 回まで、効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤で使用する場合は 1 作 2 回まで、単剤と他系統薬剤との混用もしくは混合剤を組み合わせて使用する場合は単剤 1 回 + 混用または混合剤 1 回まで。

○トマト

DMI 剤は単剤で使用する場合は 1 作 2 回まで、効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤の場合は 1 作 3 回まで。

注)「混用・混合剤で使用する場合は 3 回以内」とは、DMI 剤を単剤では使用せず、他系統剤との混用または混合剤を使用する場合にのみ 3 回まで使用可能であることを示す。例えば、DMI 単剤を 1 回散布した後に DMI 剤を含む混合剤を 2 回散布する場合は、ガイドラインで規定する使用回数を超過することとなる。

○ウリ科

DMI 剤は、単剤で使用する場合は 1 作 1 回まで、効果が期待できる他系統薬剤との混用もしくは混合剤で使用する場合は 1 作 2 回まで、単剤と他系統薬剤との混用もしくは混合剤を組み合わせて使用する場合は単剤 1 回 + 混用または混合剤 1 回まで。

■果樹類

果樹類での DMI 剤の使用に関するガイドラインについては、防除対象となる病害での耐性菌の発生状況や耐性菌リスクを考慮した。

主要果樹病害における耐性菌リスクと DMI 剤の使用回数の考え方

作物	防除対象	DMI 剤耐性菌の報告	耐性菌 ^{注1)} リスク	DMI 剤の 1 年当たり使用回数	
				単剤のみ使用する場合	効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤を使用する場合(単剤使用を併用する場合の回数)
リンゴ	黒星病	有	高		2 回以内 (単剤は使用しない)
	うどんこ病	有	高		
ナシ	黒星病	有	高		2~3 回以内 (単剤は使用しない)
	うどんこ病	無	(中)		
カキ	うどんこ病	無	(中)	2 回以内	3 回以内 (このうち単剤使用は 1 回以内)
	落葉病	無	(中)		
核果類 (モモ, スモモ, オウトウ, ウメなど)	灰星病	無 (海外: 有) ^{注2)}	中	2 回以内	3 回以内 (このうち単剤使用は 1 回以内)
	黒星病	無	中		
ブドウ	黒とう病	無	(中)	1 回以内	2 回以内 (このうち単剤使用は 1 回以内)
	うどんこ病	無 (海外: 有)	高		
カンキツ	黒点病	無	(中)	1 回以内	2 回以内 (このうち単剤使用は 1 回以内)
	緑かび病	無 (海外: 有)	中		
	青かび病	有	中		

注 1) 防除対象の耐性菌リスクは殺菌剤耐性菌研究会 (<http://www.taiseikin.jp>) および FRAC (<http://www.frac.info>) の情報を参照。これらに記載がないものは暫定的に中とし、カッコ書きで表記した。DMI 剤の耐性菌リスクは中である (殺菌剤耐性菌研究会)。

注 2) モモで報告あり。

使用に関するガイドライン

果樹類病原菌の DMI 剤感受性は徐々に低下する傾向がある。一方、DMI 剤の使用回数は多い傾向があることから、効果が期待できる他系統薬剤との混用または混合剤の使用に努め、単剤の使用は可能な限り控える。なお、開花期に他系統薬剤との混用または混合剤を使用すると受粉に影響する場合がありますので、薬剤の組み合わせや散布時期に十分注意する。

○リンゴ

効果が期待できる他系統薬剤との混用または混合剤で使用し、1年2回まで。

※黒星病、うどんこ病で耐性菌が確認されているため、薬効低下には十分注意する。また、罹病落葉の処分や鱗片発病芽の除去等を行い病原菌密度の低下を図る。

○ナシ

効果が期待できる他系統薬剤との混用または混合剤で使用し、地域の実情に応じて1年2～3回まで。

※黒星病で耐性菌が確認されていることから、薬効低下には十分注意する。また、罹病落葉の処分や鱗片発病芽の除去等を行い病原菌密度の低下を図る。

○カキ

効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤と組み合わせて使用し、1年3回まで（このうち単剤使用は1回以内）。単剤のみ利用する場合は2回以内とする。

○核果類（モモ、スモモ、オウトウ、ウメなど）

効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤と組み合わせて使用し、1年3回まで（このうち単剤使用は1回以内）。単剤のみ利用する場合は2回以内とする。

○ブドウ

効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤で使用し、1年2回まで（このうち単剤使用は1回以内）。単剤のみ利用する場合は1回以内とする。

○カンキツ

効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤で使用し、1年2回まで（このうち単剤使用は1回以内）。単剤のみ利用する場合は1回以内とする。

■チャ

チャでは、「摘採と同様と見なす作業」によって農薬使用回数がりセットされるため、ほ場の栽培管理によって年間の作数が大きく異なる。たとえば、一番茶から三番茶まで摘採する場合は、秋整枝も「摘採と同様と見なす作業」とされるため、年に4作となる。一方、自然仕立て園の手摘み園では、年に1作となる。

以上のことから、年間の最大使用回数を一律に定めることは困難である。なお、「摘採と同様と見なす作業」の具体例については各県で作成された防除基準等を参照されたい。

使用に関するガイドライン

- ・ DMI 剤の1作中における使用回数は1回が望ましい。複数回使用する場合は連用はせず、他系統薬剤との組み合わせで使用する。炭疽病・もち病に関しては、生育初期（萌芽～1葉期）に保護剤（予防剤）、その1週間～10日後に DMI などの治療剤を用いることを原則とする。
- ・ DMI 剤が登録されているチャ病害のいずれも、樹上の罹病葉（葉層内の罹病葉を含む）が主な伝染源となっているので、罹病葉の除去に努める。



種子伝染性病害をめぐる最近の国際動向 2018(1) International Seed Health Initiative-Vegetable (ISHI-Veg) の活動を通じて

日本種苗協会 ISHI-Veg Technical group 日本チーム
(ISHI-TG 日本チーム)

木戸 一孝・塩谷 純一郎・三原 倫尚・
細淵 勇治・加藤 俊彦・草野 新太郎

はじめに

植物病害の発生を防ぐ基本的な方法の一つとして、「健全種子を使用すること」という文章が様々な専門書や農業関連雑誌で述べられている。ここで言われている「健全種子」とは植物病原体に感染していない種子を指す。しかし、健全種子の根拠を如何にして評価するかについて、知らない人も多いのではないだろうか。種子の健全性を担保する手段として、種子採種過程での管理検査 (Field inspection) と採種された種子の健全性を確認する検査 (Seed health test) がある。種子が国際流通する現状から考えると、後者は汚染種子の流通を防ぐという観点から大きな意味合いを持つ。そのため、各国の植物検疫機関や種苗会社は信頼できる検査法を用いて、種子に存在する植物病原体の有無を確認している。そして、種子から病原体の存在を示す結果が得られなければ、その種子は「健全種子」と判断され顧客に供給される。したがって、種子健全性検査法は対象とする種子に関する病原体の有無を正確に判断できる検査法でなければならない。近年、検査機器・技術の発展に伴い、様々な検査技術が用いられるようになった。その一方で、検査方法の違いによる検査結果の相違も起きています。そのため、国際基準となる信頼ある種子検査法が必要となってきた。そこで、国際種子連盟 (International Seed Federation : ISF) の下部組織である国際種子健全性推進機構—野菜部門 (International Seed Health Initiative-Vegetable : ISHI-Veg) は種子健全性検査にかかわる国際的な機関と協力し、国際基準となる種子健全性検査法の策定

に取り組んでいる。本報告では種子伝染性病害に関する最近の国際動向ならびに、これまでの経緯を含めた ISHI-Veg の活動について以下に述べる。

I 種子伝染性病害について

1 種子伝染性病害とは

植物病原体は様々な伝染経路を経て、植物に感染し病気を引き起こす。種子伝染 (Seed borne) は土壌伝染、虫媒伝染、空気伝染等様々な伝染経路の一つであり、植物病原体が種子表面に付着・混在あるいは種子内部に潜伏した種子を介して拡散される伝染を指す。この種子伝染によって引き起こされる病害を種子伝染性病害という。

種子伝染とは包括的な用語であり、植物病原体が種子とともに運ばれることを意味し、汚染種子が起因となって必ずしも病気を発症することを意味していない。これに対して、種子伝搬 (Seed transmission) は汚染種子が運ばれた場所で発芽後に病気を発症することを意味する (大畑ら, 1999)。つまり、種子伝染は種子伝搬を含んだ用語であり、種子伝搬する病原体によって引き起こされる病害が私達にとって注意すべき優先度が高い種子伝染性病害となる。

種子伝染する病原体にはウイロイド、ウイルス、細菌、糸状菌および、線虫等が含まれる。種子伝染性病害は少なくとも次のような三つの特徴を持つ。①汚染種子が第一次伝染源となり、その後の病害発生・拡散の要因となる可能性を持つこと、②種子の移動とともに、病原体が遠隔地 (病害未発生地域を含む) へ運ばれる可能性も持つこと、③種子の保存環境は病原体の生存にとって好適条件であるため、植物病原体に汚染された種子は長期間にわたり種子伝染性病害を引き起こす危険性を孕んでいることが挙げられる。このようなことから考えると、「健全種子の利用」が種子伝染性病害防除の基本になると言える。

The Latest International Trends Based on the Activity of International Seed Health Initiative-Vegetable (ISHI-Veg) for Seed Borne Diseases in 2018(1). By Kazutaka KIDO, Junichiro ENYA, Tomohisa MIHARA, Yuji HOSOBUCHI, Toshihiko KATO and Shintaro KUSANO

(キーワード: 種子伝染性病害, 種子健全性検査法, 国際標準検査法, ISHI-Veg)

2 日本における種子伝染性病害による過去の被害

日本国内において、キュウリ緑斑モザイクウイルス病(小室ら, 1971), トマトかいよう病(村田・沼田, 1976; 植松ら, 1977), キュウリ斑点細菌病(長井・深津, 1970), ウリ類つる割病(竹内ら, 1978; 国安, 1980), トマトモザイク病(大畑ら, 1999), ピーマンモザイク病(長井・竹内, 1980), キャベツ黒腐病(塩見ら, 1991), ウリ類果実汚斑細菌病(小木曾ら, 2005; 堀田ら, 2006)等, 種子汚染の確認もしくは種子伝搬が起因と推定された病害発生事例の報告がある。したがって, 種子はその移動とともに植物病原体を運び, その結果, 被害を及ぼす危険性を孕んでいることを十分に認識することが重要である。

II 種子健全性検査の国際基準の必要性

1 種子の国際移動

野菜・花きの種子はその生産に適した地域(国際的な栽培適地)で栽培採種され, グローバル商品として国際的に流通している。1990年代, 種子が国際流通し始めたころから, 種子伝染性病害が問題になる事例が海外で散見されるようになった。この実情を危惧した国連食糧農業機関(Food and Agriculture Organization: FAO)は各国が協力して病害虫の侵入・まん延を防ぐために, 国際植物防疫条約(International Plant Protection Convention: IPPC)を公布し, 各国が植物検疫措置を行うための国際基準(International Standard for Phytosanitary Measure: ISPM)を策定している。2017年, IPPCは国際植物防疫条約上の重要な「種子の国際移動」に関するISPM38を採択した(FAO, 2018)。これに伴って, 各国の植物検疫機関は病害虫リスク分析(Pest Risk Analysis: PRA)を実施し, 種子の輸出入に関する植物検疫措置を強化することが予想される。そのため, 種苗会社は健全種子を供給するために, 信頼ある種子健全性検査法を利用し, 種子の健全性を確認する努力がこれまで以上に求められる。

2 ISHI-Vegの発足

上記のように, 種子伝染性病害が問題となる事例が国内外で発生し, 国際流通する種子の健全性を確認する検査が要望されるようになった。しかし, 種子伝染性病害が問題となり始めた当時, 種子の健全性を評価する明確な国際標準検査法が少なく, 信頼性の高い検査法を確立する必要性が高まっていた。そこで, 1993年, オランダ, フランスの種苗協会は, 種子健全性検査法を開発するために両国の公的種子検査・登録機関の協力を得て, “Initiative on Seed Borne Disease”を設立した。その2年後となる1995年に, 日本種苗協会, アメリカ種苗協会,

イスラエル大手種苗会社がこの組織に加盟することによって, ISHI-Vegとして, 新たな組織活動を開始した。その後のISHI-Veg活動の変遷については, 同誌にて紹介してきたので参考にさせていただきたい(駒田・浅賀, 1998; 浅賀・駒田, 2000; 塩見ら, 2008; 2014)。現在, ISHI-VegはISFの下部組織となり, 発足当時のフランス, オランダ, 米国, イスラエル, 日本にスペインを加えた主要6か国と協力機関を中心に各国の種苗協会と協力機関が参加して, 国際標準となる種子健全性検査法について協議している。この主要6か国が扱う野菜種子は世界で流通している野菜種子の約70~75%を占めており(ISF, 2018), ISHI-Vegで協議される内容や策定される種子健全性検査法は世界に供給される野菜種子の健全性を確認する方法を提案するものとして重要な意味を持つ。

ISFには植物病害対応を討議する委員会としてPhytopanitary Committee, Subcommittee on Vegetable Seed Health & Related Regulatory Matters (Subcommittee), Pest List Initiative, ISHI-Vegの四つの委員会が存在する。特に, SubcommitteeはPhytopanitary Committee傘下の組織であるが, Pest List InitiativeとISHI-Vegとの連携を促し「種子業界のイニシアティブとして健全な野菜種子の流通を促進する」という重要な役割を担っている(図-1)。この組織体制によって, ISFは「野菜種子の国際移動」に関して, 特に種子伝染性病害が絡んだ問題が発生した場合, 密接な連携のもと迅速な対応を行っている。

このような体制の中, ISHI-Vegには政策調整グループ(Policy Coordinate Group: PCG)と技術グループ(Technical Group: TG)が存在し, PCGでISHI-Vegの方針・組織管理・運営が決議され, TGはPCGの指示やSubcommitteeの承認の下で新しい種子健全性検査法の開発や国際種子検査協会(International Seed Testing Association: ISTA)や米国の種子健全性システム(National Seed Health System: NSHS)等の国際種子検査認証組織との連携活動を行っている。ISHI-Veg TGは四つのコア技術グループ(トマト・ペッパーグループ, 葉根菜類グループ, マメ類・アブラナ科グループ, ウリ科グループ)があり, それぞれのグループに関連する種子健全性検査法について討議を行っている。

日本に関しては, ISHI-Vegに日本種苗協会を代表して, ISHI-TG日本チームのメンバーが参加している(図-2)。近年, ISHI-Veg活動が活発になってきたことを受けて, 日本種苗協会はISHI-TG日本チームの体制強化に取り組んできた。ISHI-TG日本チームは日本種苗協会の国際委員会の下部組織であり, コアメンバー(ISHI-Veg TGに正式参加しているメンバー)とオブザーバーメンバー

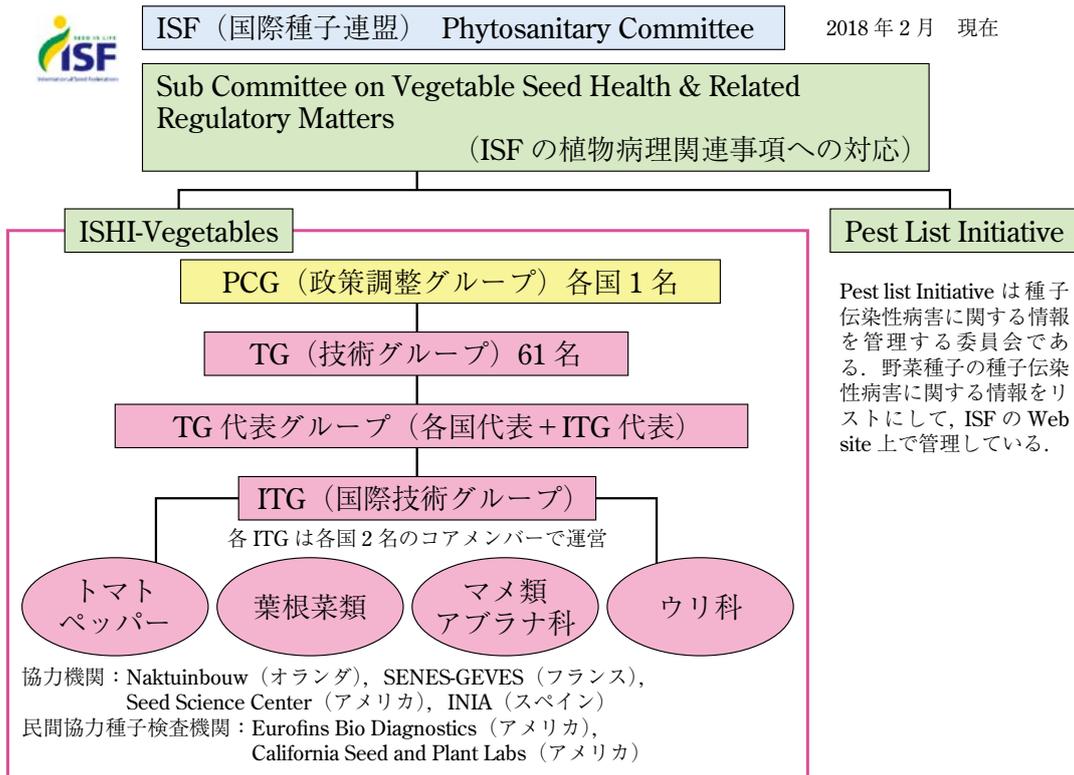


図-1 International Seed Health Initiative-Vegetable (ISHI-Veg) の組織図

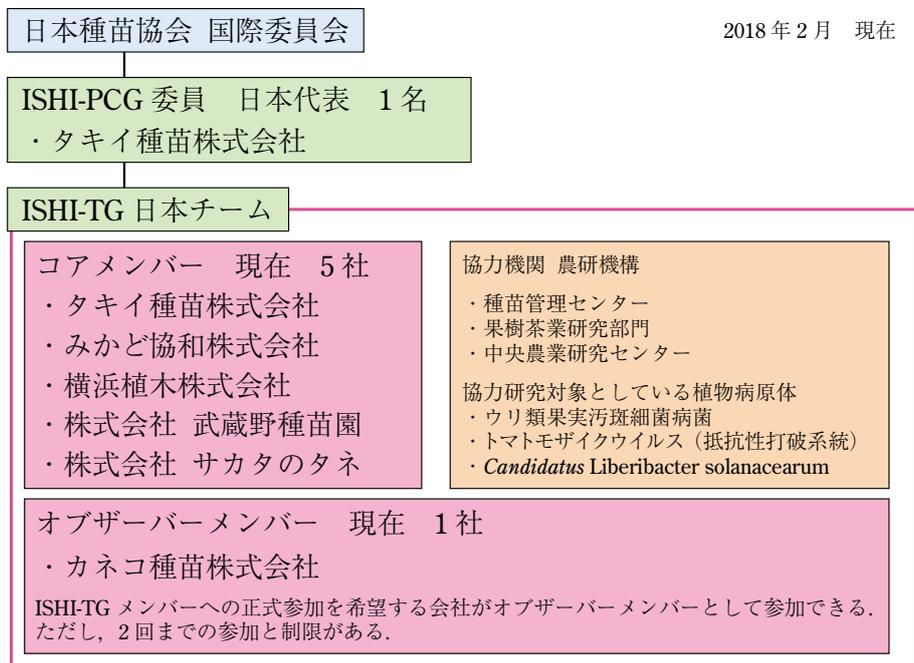


図-2 ISHI-TG 日本チームの組織図

(ISHI-TG コアメンバーとして正式参加を要望するメンバー) で構成されている。現在、ISHI-TG 日本チームのコアメンバーとして「タキイ種苗株式会社」、「みかど協和株式会社」、「横浜植木株式会社」、「株式会社 武蔵野種苗園」、「株式会社 サカタのタネ」から各社の代表者

が参加し、さらにオブザーバーとして「カネコ種苗株式会社」の代表者が参加している。また、2017 年から農研機構が ISHI-TG 日本チームの正式協力組織となった。ISHI-TG 日本チームの体制が充実することで、日本種苗業界の「健全種子供給への取り組みや種子伝染性病害に

対する意見」を国際基準となる種子健全性検査法の策定に反映させていくことが望まれるとともに、健全種子の世界供給に向けて国際社会への貢献が期待できる。

3 国際基準となる種子健全性検査法とは

種子健全性検査を行っている組織は、各国の植物検疫機関、国際的種子検査認証機関、各種苗会社、そして、民間種子検査会社が挙げられる。長年に渡って、各組織で多様な検査方法が開発されてきた。その結果、独自の検査方法が採用され、組織間で異なる結果が導き出されるという事例が散在的に発生している。国際種子取引において、検査結果が異なることにより取引が上手くいかなくなるトラブルも発生している。そのために検査が繰り返され、種子の輸出入が拒否され返品されるなど経済的な損失につながることも少なくない。良好な国際種子取引を行うためには国際基準となる種子健全性検査法が必要となっている。国際基準となる検査法は、他の検査法の信頼性を検証するために用いられるケースと、それ自身を用いて検査することで種子品質を担保するケースの二つが挙げられる。ISHI-Veg で策定される種子健全性検査法はこのようなケースに応えられるものを目指している。

III ISHI-Veg における種子健全性検査法の策定

1 ISHI-Veg における種子健全性検査の考え方

これまで、ISHI-Veg では既知のシンプルな技術を利用して、誰が行っても安定した結果が得られる検査法の確立を目指してきた。しかし、近年、種苗会社が行うべき種子健全性検査が増加・多様化してきたため、ISHI-Veg はこれに対処すべく遺伝子解析技術を利用した正確・迅速・国際認知性を伴う検査法の策定が必須と考えている。これを実現するためには検査のあり方について考え直す必要が出てきた。そこで、ISHI-Veg は各々の検査法の性質を見極め、その特性を生かした検査法を策定するためのガイドラインを 2013 年に作成した (ISF, 2013)。このガイドラインについて下記に説明する。

一般的に種子健全性検査は「種子からの病原体の分離」、「病原体の検出と同定」、「検出された病原体の活性や病原力の確認」といった三つの要素を持つ。これらの要素によって病原体が種子の表面もしくは内部に存在していることを証明する。ISHI-Veg はこれらの要素を直接的に調査する検査法を Direct test として、栽培テスト、プロッターテスト、病原性テストがこれに該当することにした。その一方で、上記要素を病原体の断片情報として検出する間接的な検査法を Indirect test とし、遺伝子解析技術を利用した Conventional-PCR や Real-time

PCR、抗血清を利用した ELISA テストをこれに該当することにした。また、選択培地を利用した希釈平板法テスト（選択培地テスト）については選択培地が病原体を完璧に選択検出できるものではないため Indirect test に含めた。

前者の検査法は病原体の存在を直接的に確認できるため信頼性が高い。しかし、検査結果を得るまでに一定期間を必要とすること、検査を行う担当者の技量に検査結果が影響を受ける場合があるというデメリットもある。後者は診断機器や試薬のキットが発達しているため検査担当者の技量による影響が少なく検査結果の安定度は高い。そして、結果を得るまでの時間は前者に比べ迅速である。しかし、間接的に病原体の存在を確認しているため、生菌（活性病原体）もしくは死菌（不活性病原体）のどちらを検出しているのかを判断できない点や、標的である病原体の近縁種に対して偽陽性が起こりうる可能性があり Indirect test だけで結果を判断できないことが問題となる。そこで、ISHI-Veg は正確・迅速な種子健全性検査法の確立を目指し、種子から病原体を検出する検査（一次検査）と一次検査で陽性となったサンプル（疑わしい病原体）を確認する検査（二次検査）の 2 ステップ制を用いることとした（図-3）。この 2 ステップ制は「一次検査に Direct test を用いる場合は二次検査を不要とできること」、「一次検査で Indirect test を用いた場合は二次検査で Direct test を用いること」、「一次検査と二次検査で Indirect test を利用する場合は異なる手法を用いて検査を行うこと」というルールに基づき定められた。これによって、信頼ある検査法を策定することを目指している。

2 策定した検査法を国際標準化するための活動

これまで ISHI-Veg で策定した種子健全性検査法は 25 種あり、ISF web site (2018) で公開している。ISHI-Veg では策定した検査法を世界的に認知された国際標準法とするために、ISTA や NSHS 等の国際的な種子検査認証機関に ISHI-Veg 検査法を採択してもらうための活動を行っている。その成果として ISTA や NSHS で採択された検査法を表-1 にまとめた。ISHI-Veg は新たな検査法の策定だけでなく、策定された検査法の見直しを定期的に行い、信頼性の高い検査法の改善に努めている。

信頼ある検査法を策定するためには、検査法の妥当性の検証が必須となる。この妥当性要求事項は種子検査認証機関や各国の植物検疫機関で異なっている。そこで、ISHI-Veg は ISTA・NSHS・Naktuinbouw Accreditation Laboratory (NAL)、国際標準化機構 (International Organization for Standardization : ISO) で必要となる妥当性

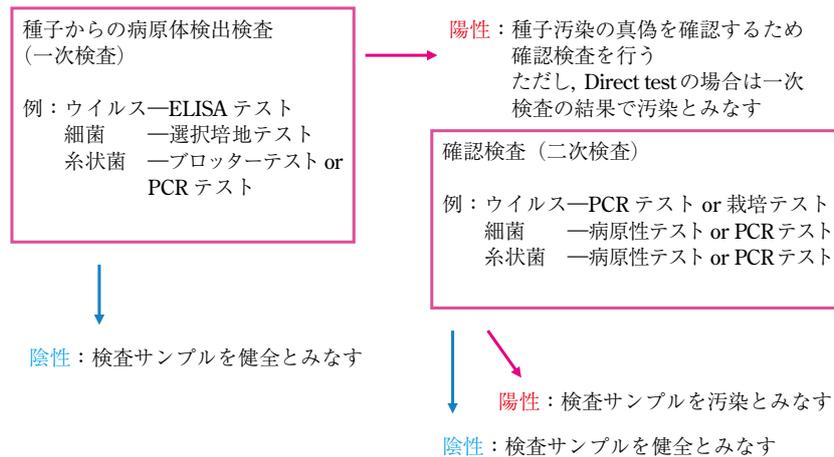


図-3 2ステップ制を用いた種子健全性検査法

2ステップ制の種子健全性検査は、一次検査に Direct test を用いると二次検査を不要とできる、一次検査で Indirect test を用いると二次検査で Direct test を利用しなければならない、一次検査と二次検査で Indirect test を利用する場合は異なる手法を用いることというルールに基づき運用される。Direct test：プロッターテスト、病原性テスト、栽培テスト、Indirect test：ELISA テスト、選択培地テスト、PCR テスト (Conventional-PCR と Real-time PCR を含む) が属する。

要求事項すべてを満たすことができるようにガイドラインを作成している。主な妥当性要求事項として、特異性 (SPECIFICITY)、検出感度 (SENSITIVITY)、選択性 (SELECTIVITY)、反復性 (REPEATABILITY)、再現性 (REPRODACTIVITY)、診断性確認 (POST-IMPLEMENTATION SURVEILLANCE) 等があり、これらについて検査法の能力を検証し、妥当性を評価する。そして、妥当性が認められた検査法は世界的に認知された国際標準検査法になっていくことが期待できる。

3 種子伝染経路が明確でない (Pathway Not Proven : PNP) 病原体に対する種子健全性検査法の策定について

ISHI-Veg では学術的知見が少なく、実験レベルでの種子伝染が証明されても自然界での種子伝染の事実 (種子を介した病気の発生) が確認されていない病原体を PNP と位置づけている。しかし、各国の植物防疫機関は、自国に被害を及ぼす可能性を持つ病原体であれば、たとえ伝染経路が不明瞭な PNP 病原体であっても植物検疫要求事項の対象とする場合がある。このような植物検疫要求事項に対応するために、種子健全性検査法を確立する必要がある。

このようなケースに対して、ISHI-Veg は PNP 病原体が種子伝染しない可能性があることを定義したうえで、種子健全性検査法の開発に着手している。そして、PNP 病原体に対して、次の三つの取り組みを行っている。それらは、① PNP 病原体を植物検疫措置対象としている

国に対して、植物検疫措置の必要性を再検討することを提案するように ISF 意見書を提出する、② PNP 病原体の種子健全性検査を行っている民間種子検査機関に対して、PNP 病原体であることを前提に種子健全性検査サービスを行っていることを明確にするように働きかける、③ ISHI-Veg では「PNP 病原体が種子伝染しない」という事実や情報を集め公表できるように努力していく、ことである。

現在、ISHI-Veg はセリ科植物に病原性を持つ *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) を PNP 病原体として取り上げ、Lso を検疫対象としている植物検疫機関と話し合いを行っている。これに関しては次号同誌の別報にて詳細を報告する。

遺伝子診断技術の発達に伴い、植物病原体の検出感度が向上している。その一方で、病原体の遺伝子の一部が種子から検出されただけで種子伝染が疑われ、新たな PNP 病原体の可能性が懸念されている。遺伝子診断の場合、活性を失った病原体 (死菌を含む) の遺伝子を検出している可能性もあるため、種子伝染の真偽には慎重な対応が要求される。今後、科学的な知見に基づき PNP 病原体に対して真摯な対応が求められる。

IV 今後の課題

全世界へ供給される種子の使用用途は一般栽培、有機栽培、植物工場栽培等、多様化しつつある。このような背景から健全種子のニーズはより一層高まってくること

表-1 ISHI-Veg で開発された種子健全性検査法において ISTA*や NSHS**で採択された対象病害(病原体)と検査法

作物	検査対象となる病名あるいは病原体名	ISHI-Veg 公表最新 version	種子健全性検査法		ISTA 採択	NSHS 採択
			検出試験 (一次検査)	確認試験 (二次検査)		
ニンジン	黒葉枯病 (<i>Alternaria dauci</i>)	July 2017	blotter test (胞子形態同定を含む)	-	7-001a	Standard A
			malt agar (胞子形態同定を含む)	-	7-001b	
	黒斑病 (<i>Alternaria radicina</i>)	July 2017	blotter test (胞子形態同定を含む)	-	7-002a	Standard A
			malt agar (胞子形態同定を含む)	-	7-002b	
斑点細菌病 (<i>Xanthomonas hortorum</i> pv. <i>carotae</i>)	Version 1.0.1, July 2017	選択培地テスト	病原性テスト、もしくは Conventional-PCR test	7-020	Standard A	
アブラナ科	黒腐病 (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>)	August 2017	選択培地テスト	病原性テスト、もしくは Conventional-PCR test	7-019a (untreated seeds)	-
	黒腐病 (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>)	July 2016	選択培地テスト	病原性テスト、もしくは Conventional-PCR test	7-019b (disinfected seeds)	Standard A (disinfested/ disinfected seeds)
	根朽病 <i>Leptosphaeria maculans</i> (= <i>Phoma lingam</i>)	Version 3, July 2017	blotter test、もしくは malt agar (胞子形態同定を含む)	-	7-004	-
インゲン	葉焼病 (<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>)	Version 2, July 2017	選択培地テスト	病原性テスト、もしくは Conventional-PCR test	7-021	-
	かさ枯病 (<i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>phaseolicola</i>)	July 2017	選択培地テスト	病原性テスト	7-023	Standard A
エンドウ	モザイク病 (<i>Pea early browning virus</i> : PEBV), (<i>Pea seed-borne mosaic virus</i> : PSBMV)	July 2017	ELISA test	-	7-024	Standard A
	つる枯細菌病 (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>pisii</i>)	July 2017	選択培地テスト	細菌性状による同定テスト (オプション: 病原性テスト)	7-029	Standard A
ウリ類	モザイク病 <i>Squash mosaic virus</i> : SqMV, <i>Cucumber green mottle mosaic virus</i> : CGMMV, <i>Melon necrotic spot virus</i> : MNSV	Version 2, July 2017	ELISA test	SqMV に限り栽培テスト	7-026	Standard B
	ウリ類果実汚斑細菌病 (<i>Acidovorax citrulli</i>)	Seed extraction- PCR method Version 1.0, July 2017	Real-time PCR test	栽培テスト	-	Standard A
		Grow-out method July 2017	栽培テスト	分離菌の病原性テスト	-	Standard A
トマト	モザイク病 Tobamo viruses (<i>Tobacco mosaic virus</i> : TMV), (<i>Tomato mosaic virus</i> : ToMV)	July 2017	<i>Nicotiana tabacum</i> による 生物検定 (オプション: ELISA test による プレスクリーニング)	-	7-028	Standard B
	かいはよう病 <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	Version 4.3.1, July 2017	選択培地テスト	分離菌の Real-time PCR test と 病原性テスト	-	Standard A
	<i>Pepino mosaic virus</i> : PepMV	Version 4, July 2017	<i>Nicotiana benthamiana</i> による生物検定	ELISA test	-	Standard B
トウガラシ	モザイク病 Tobamo viruses (<i>Tobacco mosaic virus</i> : TMV), (<i>Tomato mosaic virus</i> : ToMV), (<i>Pepper mild mottle virus</i> : PMMoV)	Version 5, July 2017	<i>Nicotiana tabacum</i> による 生物検定 (オプション: ELISA test による プレスクリーニング)	-	-	Standard B
コーンサラダ	Bacterial black spot (<i>Acidovorax valerianellae</i>)	Version 1.0.1, July 2017	栽培テスト	分離菌の Real-time PCR test	7-030	Standard A
レタス	モザイク病 <i>Lettuce mosaic virus</i>	Version 4.3, July 2017	ELISA test	-	-	Standard A
ハウレンソウ	バーティシリウム萎凋病 <i>Verticillium dahliae</i>	Version 1.0, July 2017	blotter test、もしくは NP-10 agar (胞子形態同定を含む)	-	7-032	-

ELISA test について、現在は Indirect test の一つとなっているが、2017 年 1 月までは direct test の一つとなっていた。そのため、確認検査法がまだ確立されていないものがある。そのため、現在検討中である。

選択培地テストとは、選択培地を利用した希釈平板法テストを示す。

Standard A : NSHS が正式に採択した検査法、Standard B : NSHS が一時的に採択した検査法を示す。

* ISTA (International Seed Testing Association) 国際種子検査協会。

** NSHS (National Seed Health System) アメリカ合衆国種子健全性システム。

が予想される。このニーズに応えるためにも、より迅速・正確な種子健全性検査法を開発・策定していかなければならない。そして、上記の PNP 病原体に関する種子伝染の真偽を明らかにすることは急務な課題と言える。

また、国際的に多種多様な野菜・花き種子の供給が望まれており、その中には小規模栽培の品目も含まれる。そのような種類の種子の国際取引量は少量であり、その少量種子の健全性を評価する基準（検査サンプルサイズ、検査法等）も必要となっている。

各国の植物検疫機関と ISHI-Veg は「健全種子の安定供給」という意味で同じ目標を持つ。しかし、立場の違いから検査結果の捉え方や基準が異なることがある。このような相違点を補う活動も今後の課題となっている。日本において、ISHI-TG 日本チームは農林水産省 消費・安全局 植物防疫課や横浜植物防疫所からご協力をいただいているが、今後はより強固な協力関係を築くことが望まれる。

おわりに

ISHI-Veg 活動にあたり、貴重なご意見、ご協力をいただいた農研機構の佐藤仁敏博士、藤川貴史博士、久保田健嗣博士、農林水産省 消費・安全局 植物防疫課の皆様、横浜植物防疫所の皆様、カネコ種苗株式会社の上山

絃美氏に厚く感謝するとともに、ISHI-TG 日本チームに多大なご配慮を賜った日本種苗協会役員の皆様、タキイ種苗株式会社、みかど協和株式会社、横浜植木株式会社、株式会社 武蔵野種苗園、株式会社 サカタのタネに深く感謝する。

引用文献

- 1) 浅賀宏一・駒田 旦 (2000): 植物防疫 54: 429~433.
- 2) FAO (2018): Adapted Standards (ISPMs), <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/#publications>
- 3) 堀田治邦ら (2006): 日植病報 72: 82.
- 4) ISF (2013): ISF viewpoint on indirect seed health tests, http://www.worldseed.org/wp-content/uploads/2015/10/Indirect_Seed_Health_Tests_2013.pdf
- 5) — (2018): Phytosanitary Matters, <http://www.worldseed.org/our-work/phytosanitary-matters/seed-health/ishi-veg/>
- 6) 駒田 旦・浅賀宏一 (1998): 植物防疫 52: 23~30.
- 7) 小室康雄ら (1971): 日植病報 37: 34~42.
- 8) 国安克人 (1980): 同上 46: 607~614.
- 9) 村田明夫・沼田 巖 (1976): 千葉農試報 17: 41~48.
- 10) 長井雄治・竹内妙子 (1980): 関東東山病虫研報 27: 45~46.
- 11) ———・深津量栄 (1970): 同上 17: 47.
- 12) 小木曾秀紀ら (2005): 日植病報 71(3): 290.
- 13) 大畑貫一ら 編 (1999): 種子伝染病の生態と防除—健全種子生産を目指して—, 日本植物防疫協会, 東京, p.9, p.266~268.
- 14) 塩見敏樹ら (1991): 野茶試報 58: 419~423.
- 15) 塩見 寛ら (2008): 植物防疫 62: 213~216.
- 16) ———ら (2014): 同上 68: 264~268.
- 17) 竹内昭士郎ら (1978): 農事試研報 28: 49~76.
- 18) 植松 勉ら (1977): 日植病報 43(4): 412~418.

登録が失効した農薬 (30.4.1~4.30)

掲載は、**種類名**、登録番号：**商品名**（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

- テブフェノジド・ブプロフェジン粉剤
18693：アプロードロムダン粉剤 DL（日本農薬）18/4/8
- ジフルベンズロン・ダイアジノン水和剤
17825：アップデート水和剤（アグロカネショウ）18/4/17

「殺菌剤」

- メトミノストロピン粒剤
21687：ホクコーイモチエース 1 キロ粒剤 10（北興化学工業）18/4/5
- カスガマイシン粒剤
18648：アグロスカスミン粒剤（住友化学）18/4/8
- ジクロシメット粒剤
20359：デラウス粒剤（住友化学）18/4/28
- ジクロシメット粉剤
20362：デラウス粉剤 DL（住友化学）18/4/28
- ジクロシメット水和剤
20365：デラウスフロアブル（住友化学）18/4/28

「殺虫殺菌剤」

- クロチアニジン・ジクロシメット・チアジニル・フラメトピル粒剤

- 21671：プロパック箱粒剤（住友化学）18/4/5
- ブプロフェジン・BPMC・イソプロチオラン粉剤
23648：アスリード EX 粉剤 DL（日本農薬）18/4/8
- MEP・ジクロシメット粉剤
20378：デラウススミチオン粉剤 DL（住友化学）18/4/28
- BPMC・MEP・ジクロシメット粉剤
20381：デラウススミバッサ粉剤 DL（住友化学）18/4/28

「除草剤」

- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
21678：ゴウワンジャンボ（北興産業）18/4/5
- ベンチオカーブ乳剤
22363：ボレロンエース乳剤（クミアイ化学工業）18/4/8
- カフェンストール・ダイムロン・ベンスルフロンメチル水和剤
19633：ラクダー H フロアブル（デュボン・プロダクション・アグリサイエンス）18/4/10
- フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロンメチル水和剤
21700：バイエルイノーバ DX アップフロアブル（バイエルクロップサイエンス）18/4/19

{ 日植防シンポジウムから }

指導機関に寄せられる相談と対応の現状 について

岐阜県農業技術センター **あまの野昭子**

はじめに

都道府県が行う植物防疫に関連した情報提供や指導は、様々な立場の方に対し、研修会や資料配布等様々な手立てで行われている。岐阜県においても、各地域の農林事務所や病害虫防除所、あるいは農政や環境、生活衛生等の行政担当が、生産者への病害虫防除や農薬の安全使用に関する研修会、各種資料の提供、販売者等への農薬取締法や安全な農薬の取扱いについての周知、消費者へ向けての教育や情報発信等、それぞれの立場で連携しながら対応にあたっている（表-1）。

特に農薬使用については、農薬取締法第12条の三において、「農薬使用者は、農薬の使用にあたっては（略）普及指導員若しくは（略）病害虫防除員又はこれらに準ずるものとして都道府県知事が指定する者の指導を受けるよう努めるものとする」こと、また同法第12条の四において「（略）都道府県知事は、農薬について、その

使用に伴うと認められる人畜、農作物等若しくは水産動植物の被害、水質の汚濁又は土壌の汚染を防止するため必要な知識の普及、その生産、使用に関する情報の提供、その他その安全かつ適正な使用の確保と品質の適正化に関する助言、指導その他の援助を行うように努めるものとする」と明記されており、これを根拠に農薬の使用者に対して指導、支援が行われている。

I 農薬に関する相談事例

植物防疫に関する対応では、先に述べた研修会など県自らが情報発信する取り組み以外に、生産者や農薬販売者、一般県民等から多くの問い合わせや相談が寄せられる。今回は農薬に関する問い合わせを中心に、具体例をあげながら、対応における課題や問題点等について紹介していきたい。

1 農薬の使用方法について

農薬取締法の改正によって、農薬を使用する者への規制が強化され、使用基準の遵守が義務付けられたことから、農薬の安全使用に関する研修などにおいても、ラベルをよく読んで使用するよう繰り返し呼びかけ、注意を促している。

(1) 適用作物

ラベル表示に関して、生産者から多くの確認や問い合わせを受けるのが「適用作物」に関するものである。「自分は〇〇を栽培しているが、どの農薬が使えるのか」という問い合わせに対し、「農薬の登録申請に係る試験成績について」の運用について（平成13年10月10日付け13生産第3986号農林水産省生産局生産資材課長通知）の別表1-1に従い、適用範囲を確認して回答している。農林水産省からも、別途、誤認しやすい適用作物が例示されるなど注意喚起がなされてきたが、特定の地域でのみ栽培される特産農産物や限られた地域で使われる別称等もあり、JAなど指導的立場にある機関からの問い合わせも少なくない。また、これらの問い合わせに対して特に注意を要する点として、出荷部位や出荷時期の確認がある。例としては豆類での「未成熟（莢つき）」か「種実」

表-1 県が行う農薬関連の情報伝達の例

提供する情報など	対象者
病害虫防除に関すること (研修会や資料配布)	生産者、生産指導者
農薬安全使用について (研修会)	生産者、生産指導者、 販売者、ゴルフ場管理 者等
国からの通知の伝達 (文書・資料配布、研修会) ・住宅地周辺における農薬安全使用 ・無人ヘリコプター防除に係る安全運行 ・短期暴露評価の導入と使用基準の変更	施設・公園管理担当、 生産者、生産指導者、 販売者等
県農業大学校、就農希望者への講義 一般向け就農支援ゼミ	学生、新規就農者 一般受講者
食品安全に関する情報提供 (資料配布、講習会) ・残留農薬検査結果の公表	一般消費者など

Consultation on Agricultural Chemicals to the Prefectural Institution. By Shoko AMANO

(キーワード：農薬取締法、農薬安全使用、農薬管理指導士)

か、あるいは「両方の出荷」を希望するのかによって、使用基準が異なってくる。相談者からよく話を聞き、適用外使用が起きないように慎重に回答をする必要がある。

(2) その他の使用方法

使用方法に関する問い合わせには、適用作物以外にも様々な事項がある。記憶に新しいものを四つほど例として以下に列記した。状況を把握するには、もう少し詳細な解説を必要とするものもあるが、ここではご容赦いただきたい。

- ①育苗時に農薬を施用した。定植前から結実していたものを出荷してもよいか。
- ②播種時に農薬を処理した。定植時使用の登録がないが、欠株を苗で補植してよいか。
- ③散布農薬が幼苗の茎葉に付くと薬害が心配される。農薬を散布後に定植してよいか。
- ④人工培土を用いた栽培法を導入する。農薬の土壌混和使用は、従来通りでよいか。

栽培現場ではそれぞれの栽培規模や新しい栽培方法、あるいは気象等の環境要因によって、農薬登録時には想定されないような事情が発生する。その一方で、例えば③にあるような「散布」というごく当たり前に見える用法であっても、その言葉の定義が正しく理解されていないものもある。すなわち、農薬の使用方法にある「散布」とは、「立毛中の作物体への施用」であり、この相談事例にある定植前の使用は「土壌処理（土壌全面散布）」にあたるため、登録外の使用方法になる。指導現場では農薬使用基準に関連し、こうした用語解説など指導用の手引書を要望する声も少なくない。

次に④の事例は、これまでの土耕栽培にかわる新しい栽培システムとして開発された「養液栽培」で、人工培土を用いた栽培法を導入する際に寄せられた相談である。図-1のように、少量の人工培土を用いて栽培管理



図-1 人工培土を用いたイチゴ養液栽培システム

を行うシステムが、イチゴやトマト等の園芸品目で開発・導入されている。粒剤を中心とした定植時の土壌混和处理など「土壌」と記載されている使用方法が、やしながら培地などの人工培土に当てはめても問題ないかがポイントであった。農水省へ確認したところ、

- ・土以外の培地は登録時に想定されていない。
- ・薬効、薬害、残留の観点から、指導上よいとは判断できないが、使用基準違反は問えない。
- ・県で安全性などを確認のうえ、登録の範囲内で使用することは差支えない。

との回答を得たことから、定植時の土壌混和・植穴処理および株元処理について県で作物残留試験などを実施し、安全が確認できた農薬について栽培マニュアルに記載することとした。しかしながら、すべての登録農薬について対応できてはいない。同様の他の都道府県での取り組み事例も集約されておらず、なかなか情報共有できていないのが現状である。

先に例示した農薬の使用方法に関する相談は、いずれも普及指導員はじめ、指導的立場にある方から寄せられたものである。こうした実際の使用現場から拾い上げられた疑問や問題点について、一つ一つ確認し改善していくことが、農薬における事故防止につながると考える。

(3) 使用者への周知について

生産現場からの問い合わせの中で、「ラベルに従って農薬を使用したけど、出荷先から適用外使用であると指摘を受けた」との相談が一時増加した。これは、平成26年に導入された短期暴露評価により、一部の農薬で使用基準が見直され、適用作物や使用濃度等が変更されたことに起因する。手元の農薬のラベルに従って使用する、いわゆる“ラベル主義”により、使用基準が変更されても旧ラベルに従った使用は違法ではない。しかしながら、直売所などでは出荷農産物の農薬使用履歴をチェックしており、その時点での使用基準に合っているかを確認しているため、旧使用基準で使用したものが返品される事案も発生した。

使用基準の変更、特に適用が削除された作物については、早急に使用者へ周知する必要が生じたが、ひとくちに「周知徹底」とは言うものの、広く末端まで情報を届けることは容易ではない。国からの通知文書は都道府県から各市町村、あるいは生産者団体へと伝達されるが、組織に入っていない生産者への対応など、広く農薬使用者へ伝えるにはどうしたらよいか、その対応策には多くの自治体が少なからず苦慮したことと思う。

岐阜県では生産者向けのチラシを作成し、各地域の普及担当や行政窓口、各種研修会や会議で配布するととも

に、県のホームページにも情報を掲載して広報に努めた。また、県内のすべての農薬販売店にも販売者向けのチラシを配布して、新しいラベルの添付を確認するよう依頼した。これにより、各生産現場から様々な問い合わせが多数寄せられ、制度変更に係る使用基準の変更についての情報が広まっていると感じたが、一方で「使用禁止農薬」あるいは「使用した生産物は出荷停止」等、誤解や混乱も一部で生じており、「迅速」かつ「わかりやすく」、また「正しく」伝達することの難しさを改めて実感した。

2 住宅地周辺での農薬使用について

農薬の使用に関連する相談は、生産者のみならず一般県民からも多く寄せられる。特に「住宅地等における農薬使用について」（平成15年9月15日付け15消安第1714号農林水産省消費・安全局長通知）が示されて以降、住宅地周辺での農薬使用に関する相談や苦情が増加してきた。よくある例は、

- ①自宅近くで使用された農薬が飛散している。
- ②事前周知なく農薬が使用された。
- ③除草剤（毒劇物）の使用・管理について指導して欲しい。

等、使用者への配慮を求める声が多くを占める。農薬使用者が農業生産者の場合には病虫害防除所などの農政部門機関が、その他業者あるいは一般の場合には環境部門の担当と連携して、研修会での注意喚起など、住宅地など通知の周知を徹底するとともに、場合によっては個別に指導・立入りを行うなど対応にあたっている。しかし農薬取締法の改正により、指導対象が防除業者から農薬を使用する個人に広がったこと、あるいは、取締りの対象外である非農耕地用除草剤の使用に対する苦情等、対応に苦慮する場面も増えている。

住宅地周辺での農薬使用に関しては、住民以外に市町村担当者からも相談が寄せられる。

- ①学校や公園での農薬使用の注意点や、農薬以外の防除方法について。
- ②事前周知の方法と、事後の周知について。
- ③新聞報道などに対する情報提供について。

等、県に寄せられる相談とよく似た内容ではあるが、特に学校や公園管理に関する対応に苦慮するケースが多く見受けられる。岐阜県ではこれまでに、市町村担当を対象とした講習会を開き、環境省から講師を招いて「公園・緑地管理マニュアル」の説明や具体的な対応事例の紹介を行う等、担当者間の情報共有を図ってきた。一方で、農薬の空中散布や発がん性、あるいは蜜蜂への影響に関する事等、新聞などでセンセーショナルに報道さ

れた内容については、一般からの問い合わせのほか、議会で取り上げられる場合もある。これらについては、背景や根拠となるデータあるいはその出典等、情報が少ない場合が多く、対応に苦慮する場面も少なくない。

3 農薬の周辺への影響や安全性について

使用された農薬の周辺環境への影響については一般県民の関心は高く、前述の通り農薬が報道で取り上げられるたびに、様々な質問や問い合わせが寄せられる。なかでも、蜜蜂などへの影響については、新聞やテレビでの連日の報道に加え、県内での事故事例も重なり不安が広がった。そのため、

- ①蜜蜂の死亡原因は農薬散布ではないか。
- ②ネオニコチノイド系農薬の使用を禁止するべきではないか。
- ③巣箱が近くにあるが、農薬の選定、使用について相談したい。

といった意見や相談を、水稻栽培地域の生産者や指導者、あるいは養蜂家から多く受けた。

農林水産省は、農薬による蜜蜂の事故を回避するため、農薬を使用する農家と養蜂家との間で、巣箱の位置や設置時期、農薬の散布時期等の情報を共有し、巣箱を対比するなどの対策を講じるよう指導している。岐阜県でも、相互の情報共有の体制作りをはじめ、「養蜂・蜜蜂」についての理解促進、あるいは必要に応じて養蜂組合との意見交換の場を設ける等、地域ごとの事情に合わせた対応を図ってきたところである。巣箱周辺での散布方法、あるいは剤型の変更等被害軽減のための積極的な取り組みを進める地域もあり、こうした対応事例を各農林事務所間で共有する試みも行った。

その他の農薬安全に関連する問い合わせに、疑義資材の問題がある。農薬を使わない栽培に取り組む生産者から

- ①自然抽出物をうたった資材があるが使用できるか。
- ②天然の資材で防除に使えるものはないか。

という主旨の問い合わせが寄せられる。あるいは、直売所などでも病虫害防除を目的とした木酢などの資材が販売されているのを見かけることがある。化学合成農薬の使用を好まない生産者の多くは、農薬取締法はじめ、関連する情報に触れる機会が少ない。安全使用はもとより、「無登録農薬」や「疑義資材」への注意事項が届いておらず、過去には事故につながった事例もある。そこで安全啓発の試みとして、有機栽培に取り組む生産者を対象に、農薬の安全性に関する講演会を開催した。農薬そのものへの拒否反応もあり、講演会自体に賛否両論はあったものの、「なぜ木酢は特定農薬に指定されないか」など具体的な事例を紹介して「天然物でも安全とは言え

ない」ことを解説した結果、大きな反響を得ることができた。

4 残留農薬について

作物中の残留農薬に関する相談は、ポジティブリスト制度導入以前より生産者あるいは指導機関から多く寄せられてきた。

- ①使用基準に従って使用したが、残留農薬検査で基準値超過（もしくは基準値近接）の指摘を受けた。何故、残留値が高くなるのか。
- ②残留基準値未満だが、使用していない農薬が検出された。
- ③使用歴のない適用外の成分が微量に検出された。出荷してもよいか。

等が挙げられるが、やはり規制強化以降は③のような出荷の可否を問うものが多くなっている。

同じ作物であっても、現場ごとに栽培の方法や圃場条件、気象条件は異なっており、残留値は変動する。低温、曇天、生育不良等いくつかの悪条件が重なれば、残留値が高くなる可能性もある。また、日々新しい栽培技術が開発、導入されている。先の人工培土を利用した養液栽培の例のように、登録時の残留試験の条件と大きく異なる場合も含め、使用農薬について改めてその効果、薬害、残留を確認する必要があるものも見受けられる。これまで岐阜県では、実際の栽培方法に沿った作物残留試験結果を基に、成分によって低温時の使用を控えるよう注意喚起をした事例や、使用基準の見直しを求めた事例もある。これについても、他県の情報をもっと共有し、活用できればと考える。

ポジティブリスト制度導入以降、残留農薬については生産者などによる自主検査が全国的に定着し、使用農薬の残留量を生産者側が把握できるようになってきた。基準値を超えるか超えないかだけでなく、これらのデータを解析することで、残留しやすい条件や防除の改善点に気付くきっかけになる場合もある。

II 農薬管理指導士の養成

農薬の適正使用の啓発にあたり、農薬取締法はじめ農薬に関する正しい知識を一人でも多くの方に理解し広めてもらうため、「農薬管理指導士」の養成を行っている。これは、農薬取扱業者の能力向上と農薬の安全使用を推進するため、農薬に関する専門的な研修と試験を実施し、その合格者を岐阜県農薬管理指導士として認定するものである。岐阜県ではその対象者を、農薬販売業者、防除業者、ゴルフ場の農薬使用管理責任者および農薬使用者、その他の農薬適正使用指導者とし、農業大学の

表-2 岐阜県農薬管理指導士養成研修の内容

講義内容	講義時間
植物防疫一般、農薬管理指導士の任務	60分
関係法令 農薬取締法、毒物劇物取締法、食品衛生法	180分
農薬一般、安全性評価、各種基準の設定	60分
農薬の安全使用、危害防止対策	60分
病虫害雑草防除（病害、虫害、雑草）	180分

学生も対象としている。毎年、100名程度の受講があり、現在では1,500名近くが認定を受けている。

新規希望者を対象とした認定のための養成講習は2日間に渡って行っており、関係法令から農薬の安全性評価、安全使用、病虫害雑草防除まで幅広い内容となっている（表-2）。

また認定者に対しては3年ごとに更新研修を行い、常に新しい情報を取得してもらっている。農薬使用者に確実に情報を周知することが困難である中、農薬管理指導士の方々が先頭に立って正しい情報伝達に努め、農薬の危害防止、安全啓発につなげていただければと願っている。

おわりに

以上のように、都道府県には様々な立場の方から多くの相談、問い合わせが寄せられる。今回は農薬に関連した事例を中心に紹介してきたが、「植物防疫」は植物に有害な動植物のまん延を防ぐため、国内および輸出入に係る検疫や病虫害・雑草の防除、またそのための農薬の適正使用等、広範囲に及ぶ分野である。しかしながら、職員の定数削減などによる人手不足に加え、人材育成が進まない等、専門性や技術力の維持もまた大きな課題となっている。岐阜県の研究機関では、病害担当2名、害虫担当3名、農薬担当1名の6名が植物防疫を担当しているが、これまで以上に病虫害防除所、行政、および農業革新支援専門員等との連携が重要になっている。

農薬の規制制度改革が進められる中、同じ組織内でも、病虫害の担当と農薬・行政の担当の間で情報に偏りが生じている事例も見受けられる。農薬適正使用について指導を行うときに、実際の使用場面、防除を必要としている現場が思い描けているか。また逆に、病虫害防除方法について指導する場合にも、農薬の安全使用や危害防止に十分配慮できているか。今回のシンポジウムにあたり、これまでの対応事例を整理する中で、担当者間の連携と情報共有の重要性について改めて認識した次第である。

{ 日植防シンポジウムから }

農業普及組織における植物防疫分野の人材育成の実態と課題

—宮城県農業普及組織における事例—

宮城県亘理農業改良普及センター **伊 藤 博 祐**

はじめに

農業普及組織において植物防疫に係る情報・技術の習得が求められているが、その習得への対応は自治体によって大きく異なる。本稿では、筆者が宮城県職員としての経験から、農業普及組織における植物防疫分野の技術・知識習得の現状と農業普及組織における研修のあり方、普及指導センター職員のあり方を提案する。なお、本稿は、2018年1月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「植物防疫をどう教えるか」での講演内容をまとめたものである。

I 普及指導員および普及指導センターと植物防疫行政

普及指導員は農業改良助長法（以下、助長法）に基づいて配置されており、「試験研究機関、市町村、農業に関する団体、教育機関等と密接な連絡を保ち、専門の事項又は普及指導活動の技術及び方法について調査研究を行うこと」、「巡回指導、相談、農場展示、講習会の開催その他の手段により、直接農業者に接して、農業生産方式の合理化その他農業経営の改善又は農村生活の改善に関する科学的技術及び知識の普及指導を行うこと」と、普及指導員の位置付けが助長法第8条第2項に規定されている。

普及指導センターも助長法第12条に基づいて設置されており、「普及指導員が第8条第2項各号に掲げる事務を行うことにより、得られた知見の集約その他農業経営及び農村生活の改善に関する科学的技術及び知識の普及指導を総合するための活動を行うこと」、「農業者に対し農業経営又は農村生活の改善に関する情報を提供する

こと」、「新規就農を促進するための情報の提供、相談その他の活動を行うこと」が普及指導センターの事務とされている。

このように、普及指導センター職員（以下、普及職員）は、多岐にわたる分野を対象に業務に当たっている（農林水産省、2016）。なお、普及指導員は国家資格であり、一定の学歴および実務経験を経て受験資格を得ることができる。そのため、普及職員が自動的に普及指導員となるわけではない。

普及指導員の果たすべき機能は、助長法に基づいて定められた「協同農業普及事業の運営に関する指針（以下、運営指針）」第1の1（農林水産省、2015a）で、「直接農業者に接して農業経営及び農村生活の改善に関する科学的技術及び知識の普及指導を行うこと等により、主体的に農業経営及び農村生活の改善に取り組む農業者の育成を図りつつ、農業の持続的な発展及び農村の振興を図ろうとするもの」、「直接農業者に接して支援を行う普及指導員（農業革新支援専門員を含む）が、その特性を十分に発揮し、技術を核として、農業者と地域の関係者等との結び付きの構築等を通じて農業者の所得の向上と地域農業の生産面・流通面等における革新を総合的に支援する役割を果たすよう、今後の協同農業普及事業の運営を行う」と、具体的に示されている。さらに、植物防疫分野が農産物生産を行ううえで必須の技術・知識の一つであることも踏まえると、普及職員には植物防疫分野の技術・知識の習得が求められている。

また、農薬取締法第12条の3に、「農薬使用者は、農薬の使用に当たっては、助長法第8条第1項に規定する普及指導員若しくは植物防疫法第33条第1項に規定する病害虫防除員又はこれらに準ずるものとして都道府県知事が指定する者の指導を受けるように努めるものとする」と、植物防疫行政からみた普及指導センターの役割が規定され、植物防疫行政組織の一つとして、農業生産現場におけるアドバイザー役やサポーター役が期待されている。こうした役割を期待されること自体は間違っ

The Actual Situation and Issue of Personnel Training on Plant Protection in the Agricultural Extension Organization. By Hirosuke Itoh

（キーワード：植物防疫，人材育成，農業改良助長法，協同農業普及事業，農業普及組織，宮城県）

いないと思われるが、普及指導センターはあくまで助長法に基づいて設置された組織であり、病虫害防除のように植物防疫法や農薬取締法に基づく業務を直接担う組織でないことは留意すべきである。ただし、先にみたように、普及職員や普及指導センターの業務には、植物防疫分野に係る専門性が求められる。

II 農林水産省における普及職員に対する植物防疫分野の知識習得

普及職員研修において、植物防疫分野はどの程度用意されているのだろうか？ まず、国段階の研修として、農林水産省主催の普及指導員等研修がある。「協同農業普及事業の実施についての考え方（以下、ガイドライン）」の「別紙2 普及指導員の研修体系」では、専門指導力の確立期に国段階で実施する研修として、「全国的に解決すべき緊急課題に係る高度な知識・技術の習得等の課題解決力の向上に関する研修」が含まれている（農林水産省，2015b）。ガイドライン「別紙1 協同農業普及事業において重点的に推進する取組」では、「総合的病虫害・雑草管理（IPM）の導入等による栽培管理等の合理化支援」、「地球温暖化に対応するための適切な病虫害防除体系の確立」、「国際的に通用する農業生産工程管理（GAP）の導入及びその実践等による生産工程の改善の取組に対する支援」、「（運営）指針・ガイドラインに沿った有害化学物質・微生物による汚染の防止・低減対策、カドミウム低吸収性イネの技術実証の推進、農薬の適正使用等、農畜産物の安全性向上に向けた取組に対する支援」が挙げられており、植物防疫分野の技術・知識の習得が“高度な知識・技術の習得”に含まれている。

表-1で示すように、2017年度農林水産研修所主催の普及指導員等研修計画で示されている31の研修のうち、植物防疫分野の研修である病虫害防除に関する技術研修は、選択研修として二つ計画されているのみである（農林水産省，2017）。農業普及業務全般の研修（表-1で「一般」に分類）で取り上げられる可能性もあるが、研修計画に示されている主な研修内容をみる限り、植物防疫分野に関する内容は確認できない。これらのことから、協同農業普及事業推進のために必要な植物防疫分野に関する知識、特に農薬取締法や植物防疫法等の法令について習得する機会はないと判断される。技術習得についても、選択研修であることから問題意識を持った職員のみが対象となり、普及職員全体が習得する機会を用意されていない。ガイドラインに沿って協同農業普及事業を推進する観点から、植物防疫行政とのかかわりを普及職員が深めるような研修が必要であろう。

表-1 普及職員を対象とした研修（2017年度宮城県の場合）

	宮城県	農林水産省	全国農業普及支援協会（eラーニング）	合計
一般	7	10	1	18
地域コーディネート		3	2	5
経営	3	1	3	7
新規就農・青年農業者		1		1
環境保全型農業（有機農業、GAP含む）		3		3
普通作物	2	1		3
野菜	2	2		4
果樹	2	1		3
花	2			2
6次産業化	3	3	4	10
鳥獣被害	1	1		2
病虫害防除	1	2	1	4
ICT		1		1
輸出		1		1
農作業		1		1
合計	23	31	11	65

※分類は筆者による。

※研修には必修・選択の別があるが、ここでは区別せず集計した。
 ※「全国農業普及支援協会（eラーニング）」は、過去に全国農業普及支援協会が普及職員向けに実施したeラーニングの教材を、会員制ウェブサイトEK-SYSTEMで公開しているもの。

III 宮城県における普及職員に対する植物防疫分野の知識習得

1 普及職員に対する植物防疫分野の知識習得

宮城県における普及指導センター（宮城県では「農業改良普及センター」と呼称、県内9箇所設置）の組織体制は、センター所長の下、地域農業班（主な業務：地域の農業振興に係る計画支援等）および先進技術班（主な業務：経営管理高度化や生産技術改善の普及指導等）の2組織体制となっている（図-1）。先進技術班には農作物保護担当が配置されているが、専属ではなく兼務業務として位置付けられている。

運営指針に基づき、宮城県でも普及職員の資質向上のために研修が準備されている（表-1）（宮城県，2015；宮城県農林水産部農業振興課，2017）。国段階の研修同様、様々な分野の業務に対応できるように研修は多岐にわたる。宮城県では23の研修が用意されているが、植物防疫分野は一つである。これは2017年度から新設された研修で、2016年度までは県段階研修に植物防疫分

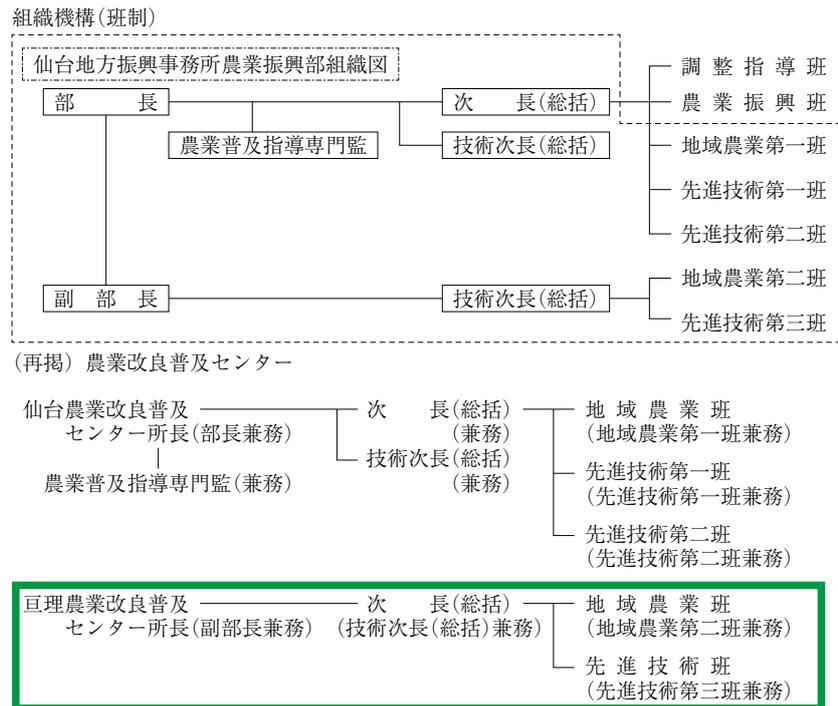


図-1 宮城県仙台地方振興事務所農業振興部の組織体制図
(実線で囲んだ部分が巨理農業改良普及センター)

表-2 2017年度宮城県農業管理指導士養成研修カリキュラム(予定)

時間	研修科目	主な内容
1 9:40~10:40	・植物防疫一般関係法令他 ・管理指導士の任務	・植物防疫, 農業行政に関する一般的事項や最新情報 ・農業取締法, 毒劇物取締法に基づき, 農業取扱業者が遵守すべき事項 ・農業管理指導士の位置づけ役割など
2 10:50~12:00	・農薬安全使用および危被害防止対策	・作業, 周辺環境に対する安全確保, 保管管理方法等
3 13:00~14:00	・農薬一般 ・農薬の安全性評価および各種基準	・農薬の種類, 特性, 役割等 ・安全性評価の方法, 各種基準設定の趣旨および設定方法に関する基礎的事項
4 14:10~15:10	・病害虫・雑草防除	・病害虫・雑草防除, 農薬散布技術等に関する基礎的事項

野研修は用意されていなかった。この植物防疫分野研修は、普及指導センター勤務おむね3年目職員を対象として宮城県農業管理指導士養成研修(新規取得希望者対象研修)を受講するもので、既存の研修を活用して普及職員の資質向上を図るものである。この研修は、日本植物防疫協会発行「農薬概説」をテキストとして、4科目について習得する研修で、約4時間の研修となっている(表-2)(宮城県農林水産部農産園芸環境課, 2017)。

また、2年目普及職員の必須研修として、30日間(2017年度)の試験研究機関研修が設けられている。果樹・野菜・花き担当普及職員の場合、農業・園芸総合研究所で研修を受けるが、その際に園芸環境部虫害チーム・病害チームで研修を受ける。年度によって研修日数に違いはあるが、毎年両チーム合わせて4~7日程度の研修とな

っている。この研修で基本的な技術習得は可能だが、研修期間が短いのが難点となっている。また、技術研修であるため、関連法令についての知識は習得できない。

2 農業革新支援専門員および農業革新支援センターと植物防疫分野

2011年度に行われた協同農業普及事業の見直しによって、農林水産省では、先進的な農業者への相談対応や総合的支援を行うと同時に、普及職員を総括・指導し、各機関と農業普及組織との連携に中心的な役割を担うため、2012年度から全国に農業革新支援専門員の配置と農業革新支援センターの設置を行うこととなった(農林水産省, 2011; 内田, 2012)。宮城県においても、2015年度から農業振興課に農業革新支援チームが設置された。農業革新支援専門員は、2004年度まで配置されて

いた専門技術員の役割と共通する部分が多い。そこで、2004年度以降の宮城県における専門技術員および農業革新支援専門員体制を表-3にまとめた。2004年度の助長法改正によって普及職員の一元化が図られた後も（農林水産省，2003；2004；内田，2008），宮城県では2009年度まで普及指導チームを農業振興課に設置して，普及職員の総括・指導を行ってきた。その後，2010～14年度は普及職員の総括・指導する組織は設置されなかった。2015年度に農業革新支援専門員が農業振興課に配置され，併せて農業革新支援チームが設置された。植物防疫分野担当職員の配置についてみると，2007年度までは病害虫担当が配置されていたが，2015年度の農業革新支援チーム設置の際には植物防疫分野担当の農業革新支援専門員は配置されず，現在に至っている。

こうした中，普及職員の病害虫診断・防除に関する支援は，品目ごとの農業革新支援専門員が担うこととなっているが，専門技術員とは異なり試験研究機関職員が兼務している。そのため，兼務職員は本務である試験研究業務の間を縫って農業革新支援専門員の業務を行わなければならないが，また，植物防疫専門職員でもないため，きめの細かい支援は難しい。このような体制上の問題もあって，普及指導センターの植物防疫分野の支援は，試験研究機関の植物防疫分野（古川試験場作物保護部，農業・園芸総合研究所園芸環境部虫害チームおよび病害チーム）や病害虫防除所が行っている。植物防疫行政の推進のために，普及指導センターと試験研究機関および病害虫防除所の連携は必要だが，農業普及組織が主体的に植物防疫分野を担う専門職員を配置・育成する必要がある。

3 宮城県農業普及組織における情報共有の取組

農業振興課がメディアテック株式会社(宮城県石巻市)

と協同して，サイボウズ株式会社 kintone をベースとしたウェブアプリケーション「みやぎ普及指導員情報共有システム」を作成し，2017年度に運用を開始した。本システムは，農業革新支援専門員を含む農業普及組織の情報共有ツールとして整備された。本システムのメニューの中には「普及指導員情報共有アプリ」があり，生産現場の病害虫に関する情報共有も図ることが可能となっている。

本システム運用のため，宮城県内の全普及指導センターに，iPad mini (Wi-Fi+Cellularタイプ) 2台が整備されたが，セキュリティ上の制約から本システムにアクセスできるのは整備されたこのiPad mini と事前に指定された各事務所PC1台のみとなっている。また，農業革新支援専門員にもiPad mini が整備されているものの，兼務となっている試験研究機関職員には整備されていない。こうした制約から，本システムに病害虫に関する質問を掲載しても回答を得られるとは限らず，活用しにくいのが現状である。システム自体は情報共有ツールとして期待できるので，運用面での改善が求められる。

4 普及職員の植物防疫分野対応の課題

これまで説明してきたような研修体制であっても，普及職員が問題意識を持って自ら技術・知識習得していれば，農業者に対して適切な指導が可能であり，研修の充実度は必ずしも問題とはならない。しかし，現実には，“普及指導センター段階で確定診断可能な病害虫サンプルを試験研究機関に持ち込み，農業者への情報提供まで必要以上に時間を要した”，“うどんこ病の発生が拡大した圃場の防除対策に，予防剤であるバチルス剤の使用を農業者に勧めてしまい，十分な防除効果が得られなかった”，“年2作体系圃場の防除指導で，ジアミド剤を1作3回使用する防除体系を農業者に提示してしまった”な

表-3 宮城県における普及職員の総括・指導体制（2004年度以降）

年度	組織名称	配置された担当
2004	専門技術員	野菜・いも，土壌・肥料，作物，農業経営，畜産，花き， 病害虫 ，普及，果樹（兼務），農村振興・農産加工（兼務），青少年（兼務）
2005	普及指導チーム	野菜，土壌・肥料，作物，農業経営，畜産，花き， 病害虫 ，普及，果樹（兼務），農村振興・農産加工，青少年
2006	普及指導チーム	野菜，土壌・肥料，作物，農業経営，畜産，花き， 病害虫 ，普及，果樹（兼務），農村振興，養蚕・農産振興，青少年（兼務）
2007	普及指導チーム	野菜，作物，農業経営，畜産，花き， 病害虫 ，普及，果樹（兼務），農村振興，蚕業・農村振興，青少年
2008	普及指導チーム	野菜，作物，農業経営，畜産，花き，普及，果樹（兼務），農村振興，蚕業・農村振興
2009	普及指導チーム	野菜，作物，農業経営，畜産，花き，普及，果樹（兼務），農村振興，蚕業・農村振興
2010～14		（普及職員を総括・指導する組織の設置なし）
2015～17	農業革新支援チーム	土地利用型，6次産業化，経営，野菜（兼務），果樹（兼務），花き（兼務），土壌肥料（兼務），畜産（兼務），農産物利活用（兼務）

ど、一部の普及職員が不適切な対応を行ったことが認められている。これらは、対象となる病害虫や薬剤の基本特性を理解していれば適切な指導が可能である。このように、普及職員が植物防疫分野の技術・知識習得を図ることは、喫緊の課題であるといえる。

IV 普及職員の植物防疫分野の技術・知識習得手段

これまで概観してきたように、宮城県農業普及組織で用意されている研修メニューでは、植物防疫分野の技術・知識の習得は容易ではないため、普及職員が個人的にこれらの知識・技術を習得する必要がある。日常の農業普及業務の中でも、農業者や関係機関からの相談に対応しながら植物防疫分野の技術・知識を習得する機会はあるが、できれば相談を受ける前に、基本的な技術・知識は習得しておきたい。考えられる手段として、次のようなものが挙げられる。

1 学会や研究会の研究発表会への参加

日本植物病理学会や日本応用動物昆虫学会等の全国各地で開催している団体、各地域の研究会（北日本、関東東山、北陸、関西、九州）のように地域内で開催している団体がある。すべての研究発表会へ業務として参加するのは難しいが、業務上の課題や問題と照らし合わせて、必要に応じて研究発表会に参加し情報を収集し、研究者と意見交換することで自己研鑽を図ることができる。

2 行政機関や関係機関主催の研究会や研修会への参加

農研機構が各地域で開催する研究会や現地検討会、各都道府県植物防疫協会主催の研修会等がある。宮城県植物防疫協会では、2016年度から植物防疫に関する研修会を開催し、宮城県内の植物防疫の動向や全国的な問題・課題をテーマとした研修が行われている。これまで宮城県では、行政機関、JA、NOSAI、農薬メーカー、農薬販売店、防除業者等の植物防疫関係者が一堂に会する機会がなかったことから、今後も継続して開催することを期待したい。

ほかに、年2回開催されている日本植物防疫協会主催の植物防疫研修会（日本植物防疫協会、2017）がある。この研修会は、1974年に全国農薬協同組合の組合員を対象として始められたもので、その後、受講対象者を農薬工業会会員や県・市町村の防除指導者等にも拡大し、2017年10月開催で第88回を数える。研修受講者の多くは全国農薬協同組合や農薬工業会の関係者だが、普及職員などの自治体職員も受講可能である。この研修会は植物防疫行政から病害虫・雑草の防除まで植物防疫の主な分野を網羅しており、充実した研修内容となっている。

3 資格試験や検定試験の受験

植物防疫分野における資格や検定に、技術士（農業部門・植物保護）、農薬管理指導士、緑の安全管理士、日本農業検定（植物防疫分野を含む）、日本農業技術検定（植物防疫分野を含む）等がある。いずれも特徴ある資格や検定だが、それぞれの出題範囲をみる限り、植物防疫分野を広く対象としているのは、農薬管理指導士と緑の安全管理士である。技術士は科学技術分野での最高位とも評される国家資格だが、公開されている2017年度過去問題をみるかぎり、植物防疫行政分野からの出題はほとんどない。農薬管理指導士（自治体によっては別称）は各都道府県が認定している資格であり、一定の研修を受け認定試験に合格することで取得できる。1～2日間の研修受講後、認定試験を受験することとなっている。研修内容は、一般社団法人日本植物防疫協会主催の植物防疫研修会とおおむね同じだが、研修期間が短いため概要にとどまる。経験年数の短い普及職員向けの基礎研修として位置付けられる。緑の安全管理士は緑の安全推進協会が認定する民間資格で、農耕地分野と緑地・ゴルフ場分野の2分野がある。このうち農耕地分野は、先に紹介した日本植物防疫協会主催の植物防疫研修会を修了することで資格申請することができる。

4 文献資料の検索

インターネットの普及により、先に紹介した学会などの会誌の多くがインターネットで全文閲覧できる。これらは信頼性の高い一次資料に位置付けられる。ほかにも、各試験研究機関から公表されている技術資料がインターネットを通じて入手することができる。一般書籍についても、インターネット検索することで店頭にはない書籍情報も入手することができ、調べたい内容に沿った書籍を購入することができる。ただし、一般書籍の中には農薬疑義資料を好意的に取り上げているものがあるなど、利用する場合は植物防疫分野の知識が必要となる。植物防疫行政に関する資料についても、法令をはじめ官公庁や関係機関の公表資料の多くがインターネット上で閲覧でき、行政分野の一次資料を確認することも可能である。

文献資料ではないが、宮城県では、病害虫防除所、試験研究機関、普及指導センターから、日本植物防疫協会運営のJPP-NETにアクセスできる。JPP-NETは会員制の有料のインターネットサービスであり、全国の病害虫防除所が発行している病害虫発生予察情報、病害虫画像ライブラリー、全国のアメダスデータ、農薬登録情報、日植防委託試験総合判定等、様々な情報を閲覧することができる。2017年度からの新たなサービスとして、薬剤情報バンクが追加された。これは、地域における病害

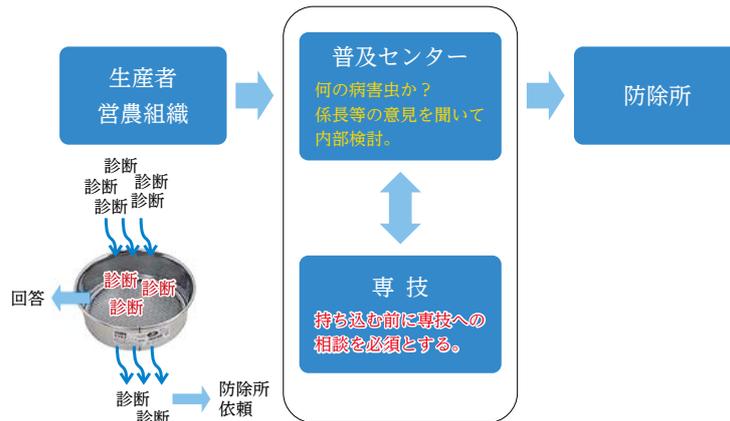


図-2 福岡県における病害虫診断業務システム（見直し後）（成山，2016）

虫防除指導を支援するため、農薬登録試験などのデータを検索できるようにしたもので、日植防委託試験の成績書が閲覧できるようになった。ただし、JPP-NETにこうしたサービスが用意されていることを知らない普及職員も多く、農薬登録情報サービスの利用にとどまっている場合が多いのが残念である。試験研究機関や農薬メーカーに農薬に関する問合せをする場合、事前にJPP-NETサービスを活用して下調べをしておけば、要点を絞った情報交換ができると思われる。

おわりに

今回のようなテーマを考えると、2016年1月に開催されたシンポジウム「病害虫診断を考える」で発表された福岡県の事例が思い出される（成山，2016）。福岡県では、病害虫防除所の人員削減を契機に病害虫診断業務システムを見直し、普及指導センターで一次診断すること、普及職員の病害虫診断スキル向上のため普及職員全体を対象とした研修を行っていることが報告された（図-2）。こうした取組事例が、情報共有等の参考になろう。

普及職員における植物防疫分野の資質向上のために必要なことは、自ら問題意識を持つことである。充実した研修メニューが用意されていても、問題意識を持って研修を受けないと技術・知識は習得できない。普及職員が農業者を支援するうえで、植物防疫分野の技術・知識が必須であることを自覚する必要がある。農業生産現場には、植物防疫分野の技術・知識習得につながる材料が多く存在する。そうした材料を十分活かして技術・知識の習得の場とすれば、無理なくスキルアップすることができるであろう。

また、普及職員の人材育成プログラムの中に植物防疫分野を位置付ける必要性を、農業普及組織が自覚することも必要である。近年は、東京オリンピック・パラリン

ピック対応も想定して、GAP導入やGAP認証取得が国を挙げて叫ばれている。いずれのGAP認証スキームにおいても、農薬の適正使用、農薬の適切な管理、IPM技術導入は必須とされている。一方、農薬の適正使用、農薬の適切な管理、GAP推進は、運営指針およびガイドラインにも明記されており（農林水産省，2015a；2015b），こうした点からも、植物防疫分野の技術・知識習得は、普及職員として必須であることは明らかである。

普及職員および農業普及組織がそれぞれ主体的に問題意識を持ち、そのうえで試験研究機関や病害虫防除所等の関係機関と連携して植物防疫行政に携わっていく、そうした関係が望まれる。それが、運営指針で普及指導員に求められている“科学的技術及び知識の普及指導”の一端を果たすことにもなろう。

引用文献

- 1) 宮城県（2015）：協同農業普及事業の実施に関する方針。
- 2) 宮城県農林水産部農業振興課（2017）：平成29年度普及指導員等研修計画一覧。
- 3) 宮城県農林水産部農産園芸環境課（2017）：平成29年度「宮城県農業管理指導士」認定取得案内。
- 4) 日本植物防疫協会（2017）：植物防疫研修会開催要領。
- 5) 農林水産省（2003）：農業改良助長法の一部改正のポイント（検討骨子）、普及職員資格試験制度等検討会（第1回）参考資料3-4。
- 6) ————（2004）：農業改良助長法の一部を改正する法律案（概要）について、普及職員資格試験制度等検討会（第4回）参考資料2。
- 7) ————（2011）：普及事業の新たな展開について（普及事業の見直し結果）。
- 8) ————（2015a）：協同農業普及事業の運営に関する指針。
- 9) ————（2015b）：協同農業普及事業の実施についての考え方（ガイドライン）。
- 10) ————（2016）：協同農業普及事業をめぐる情勢。
- 11) ————（2017）：平成29年度普及指導員等研修計画。
- 12) 成山秀樹（2016）：福岡県における病害虫診断の取組一現状と課題一、シンポジウム病害虫診断を考える講演要旨：13～27。
- 13) 内田多喜生（2008）：農業改良普及事業の最近の動向、農中総研調査と情報，6：4～5。
- 14) ————（2012）：協同農業普及事業の現状、農中総研調査と情報，32：10～11。

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-6

イネもみ枯細菌病の発生生態と防除

高知大学総合科学系生命環境医学部門

ひき
曳ち
地やす
康ふみ
史

大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科

か
甲い
斐けん
建じ
次

はじめに

「昭和」から「平成」になった1989年に、イネ苗腐敗症に対する種子処理剤として、オキシリニック酸が登録され、*Burkholderia glumae*による苗腐敗症ともみ枯細菌病に対する体系防除が、全国の現場研究者の総力により、本格的に開始された。その結果、1973年から続いた経済の安定成長期に、我が国の稲作に猛威を振るった両病害の発生は、1993年のバブルの崩壊に合わせたように、停滞し、21世紀に入るころには、現場にて、それらの発生を見ることはまれとなった。

筆者の一人である曳地が、住友化学株式会社加西試験農場で、もみ枯細菌病の研究を開始した際に、加藤 肇先生から「イネがいつ開花するのかがわからなければ、圃場研究はできないよ」とご教授を受けた。また、朝9時に鈴木穂積先生を訪問した際、「圃場でひと仕事してきました」とあいさつを受けた。いもち病の圃場研究の達人から受けた言葉は、住友化学株式会社が在籍中、日の出から日没まで、慢性の腰痛に悩まされながら、筆者を、水田の中を這いつくばらせることになった。出穂期の早朝に筆者が歩いた道筋で、もみ枯細菌病の発病が拡大することや、計算上1個の*B. glumae*細胞を開花日の小穂内に注入すると、5日後には 10^6 細胞まで増えることに驚かされた。

1990年代前半に、もみ枯細菌病は東北地方で見るとはまれであると言われていた。1993~96年の夏に、北東北地方の温泉めぐりの際に、もみ枯細菌病が防除水準を超えて発病していることと、現場研究者と生産者が穂いもちと勘違いしていることを体験した。これらの多くが、新しい品種で、沖縄県などで世代促進を行った東北地方の県独自の品種であった。改めて、品種開発段階からの健全種子生産と、現場研究者の眼力、そして生産者への正しい知見の普及の重要性を認識した。

Disease Development of Bacteria Grain Rot Caused by *Burkholderia glumae* and Its Control. By Yasufumi HIKICHI and Kenji KAI
(キーワード: イネもみ枯細菌病, 発生生態, 病原性機構, 防除)

それから20年、もみ枯細菌病を主たる研究対象とする研究者は極めて少なくなっている。かくいう曳地も、現在は、青枯病菌 *Ralstonia solanacearum* の病原性機構の解明を行っており、*B. glumae*を培養するのは、日本植物防疫協会が主催する新農薬実用化試験のときだけである。イネもみ枯細菌病に対する効果試験担当者の中で、曳地は最古参のようであり、両病害を後代に伝える役割を仰せつかった。我が国が世界に誇るべき両病害の発生生態と防除の研究成果について記させていただく。

I イネもみ枯細菌病事始め

1 「今は昔、イネもみ枯細菌病といふ難防除病害が日の本にありき」

イネもみ枯細菌病の病徴は、主に、出穂後の穂に生じる(図-1A)。穂揃期の小穂(もみが便宜上使われているが、植物学用語として適切である小穂を用いる)の基部で淡黄色~褐色の病変として現れた初期の病徴(図-1B)は、急速に小穂上部へ拡大する(図-1C)。枝梗が健全であることがもみ枯細菌病の特徴である。発病が激しい場合には、着生小穂の多くが不稔もしくは稔性が不完全となるために、穂は淡紅色を呈した黄褐変となり、傾斜せず直立する。そのため、著しい収量減少とともに収穫もみの品質低下を招く。もみ枯細菌病が激発した水田では、重症穂を有する茎の葉鞘に黒褐色の不定形の斑紋が認められる。

1950年、佐賀県にて、小穂が淡褐色に変色し、乳熟期以後の穂の下垂が認められないイネが確認された(茂木, 1984)。同様のもみ枯症状の発生が、1954年福岡県で、出穂後の品種‘ベニセンゴク’に確認され、1955~56年にかけて、九州北部に発生が拡大した。この症状が、イネもみ枯細菌病 Bacterial grain rot と命名され(後藤・大畑, 1958)、1966年に病原細菌が同定された(当初は *Pseudomonas glumae* で、現在では *Burkholderia glumae*; 栗田・田部井, 1967)。イネもみ枯細菌病の発生が、1958年に、九州以外の香川県、愛媛県、山口県および静岡県で確認された。その後、イネもみ枯細菌病は、九

州地方を中心とした西南暖地で年次変動の激しい発病を繰り返したが、1970年代になると全国的に発生が確認されるようになった。1890年代後半には全国で発生が確認された。特に、西南暖地で発生が多く認められた。イネもみ枯細菌病に対して卓抜した防除効果を示す薬剤が未開発であったために、九州地域では、1983年の大発生を契機に実被害ではいもち病に次ぐ主要病害となった。さらに、インドネシア、タイ、マレーシア、韓国お

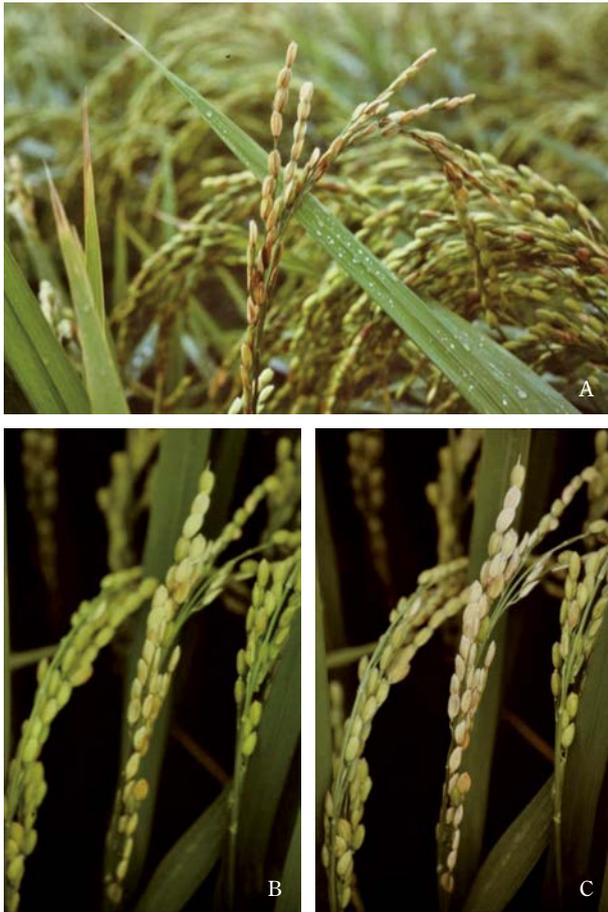


図-1 *Burkholderia glumae* によるイネもみ枯細菌病

よび台湾等のアジア諸国のイネ栽培においても、年々、被害を増大させていった（茂木，1984）。

2 「今は昔、イネ苗腐敗症といふ難防除病害が日の本にありき」

イネ苗腐敗症の病徴は、催芽時の幼芽や出芽時の鞘葉に認められる（図-2A）。罹病した幼芽はあめ色～褐色に変色し、腐敗症状を呈する（図-2B）。腐敗症状を呈さず、出芽した芽は、細く湾曲して地表部に現れ、その後、次第に腐敗症状を呈する。そのため、腐敗苗の育苗土壌は悪臭を発する。イネ苗腐敗症の発生は、移植苗の不足をもたらすばかりでなく（図-2B）、無発病の苗からも *B. glumae* が検出される（曳地，1996）ことから、本田におけるイネ苗腐敗症の発生の要因となる。

1976年に、福島県で、箱育苗中の苗に立ち枯れ症状が確認された（茨木ら，1976）。*B. glumae* が原因細菌であることが明らかにされ、イネ苗腐敗症 Bacterial seedling rot と命名された（植松ら，1976）。当初は、イネ苗腐敗症の発生は、東北地方や北陸地方で多く認められたが、種子の流通および加温による箱育苗と機械移植栽培の普及に伴い、1980年代には日本全国で認められるようになった。

II 発生生態

B. glumae の伝染源として、苗腐敗症については栽培水が、もみ枯細菌病については本田に放置された罹病もみやわらおよび周囲の雑草が報告されている（十河・都崎，1983）。しかし、遠藤（1990）による苗腐敗症の発生生態と對馬（1990）によるもみ枯細菌病の発生生態についての先駆的な研究から、主たる伝染源は、*B. glumae* 感染種子であることが明らかとされた（図-3）。

イネ種子の穎内に感染している *B. glumae* は、浸種や催芽期間中にいったん種子から外部の水の中に出た後に、幼芽の表皮に侵入し、激しく増殖する（HIKICHI et al.,

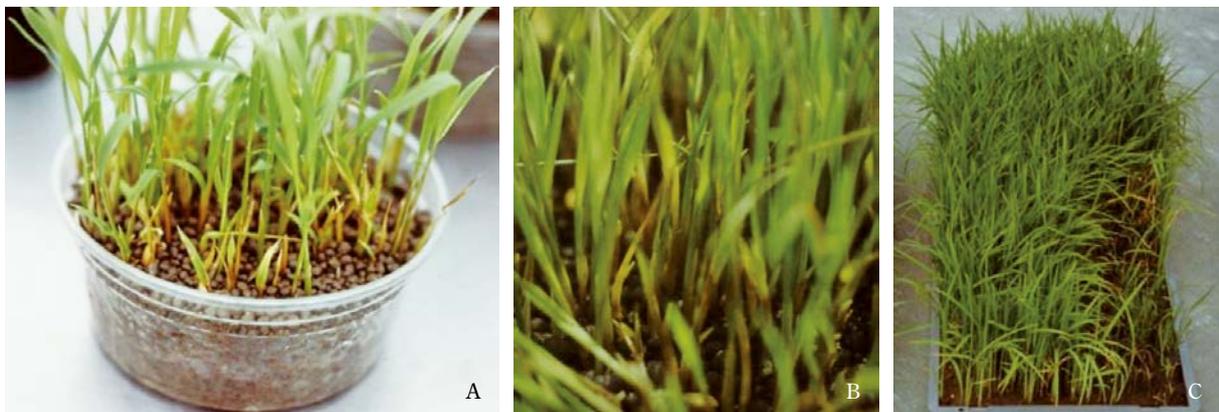


図-2 *Burkholderia glumae* によるイネ苗腐敗症

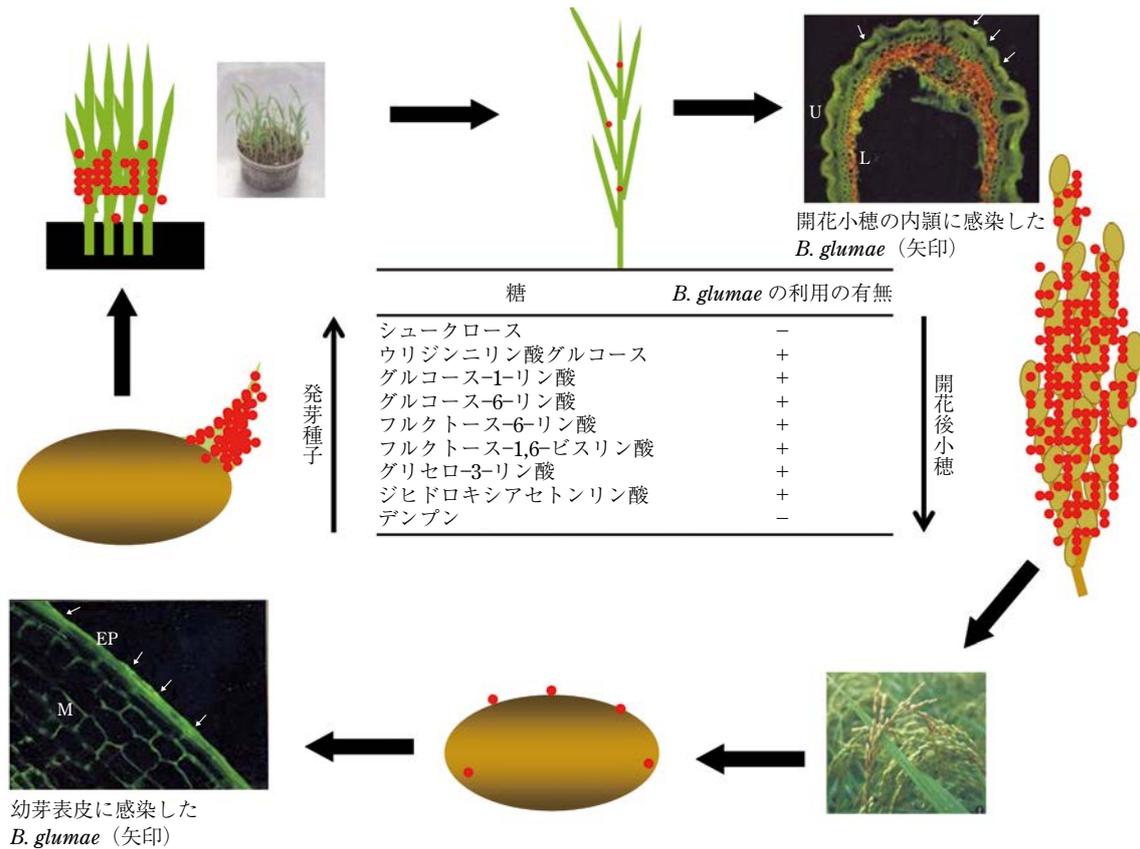


図-3 *Burkholderia glumae* のイネにおける伝染環とデンプン生成中間代謝糖の利用
赤印丸は *B. glumae* を示す。幼芽と開花小穂の内穎における *B. glumae* の感染は、幼芽と開花小穂の内穎を FITC 標識した *B. glumae* に対する抗体で染色し、蛍光顕微鏡下で観察により解析した。

1993 ; 1995)。幼芽は、*B. glumae* 感染に対する感受性が高く、この幼芽での *B. glumae* の活発な増殖は、高温での育苗により助長される。そのため、浸種中や育苗箱内、特に出芽中に、*B. glumae* が感染した種子と幼芽から、健全な種子と幼芽へ *B. glumae* は二次感染する (曳地, 1993 b)。

移植後から穂ばらみ期まで、*B. glumae* は一定以下の細菌数で根や地際部の下位葉鞘に生存している場合、イネに対して病原性を示さないが、接種などによって生存する *B. glumae* 細菌数が増えた場合、葉鞘に病徴が生じることが報告されている (乙藤ら, 1988 ; Tsushima et al., 1996)。したがって、*B. glumae* の病原性は細菌数に依存しており、通常は、一定以下の細菌数で、根や地際部の葉鞘では腐生的生存を、上位葉鞘では居住型生存を行う。そして、環境条件が整い著しい増殖が行われた場合に、イネに対して病原性を示すようになる。止葉葉鞘から開花小穂に感染した *B. glumae* は、開花後5日間、活発に増殖する (Hikichi et al., 1993 ; 1994)。早く開花した小穂で増殖した *B. glumae* は、露などの小穂表面の水分を介して、遅れて開花した周囲の小穂に二次感染す

る (Hikichi et al., 1995)。そのため、水田において、重症穂を中心に坪状に発病が拡大する。また、開花時の降雨や風は、本田における発病の拡大を助長する。

III 体系防除の開発

イネもみ枯細菌病に対する真性抵抗性を示すイネ品種がなく、その発病が気温と降水量等の環境要因に左右されやすいために、圃場抵抗性の強弱を解析することが困難で、卓抜した防除効果を示す薬剤が未開発であった。そのため、1980年代以降、防除薬剤と耕種の防除を併用した体系防除の開発が緊迫した課題であった。

1983年の九州地域でのもみ枯細菌病の大発生を契機に、もみ枯細菌病防除薬剤として、グラム陰性細菌に高い抗菌活性を示すキノロン系化合物オキソリニック酸 (5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid ; Hikichi et al., 1989) の日本植物防疫協会委託試験が全国各地で実施された。さらに、1986年には、農林水産省の新農薬開発促進事業として、オキソリニック酸の開発が取り上げられた。そして、オキソリニック酸が、1989年に苗腐敗症防除を対象とし

た種子処理剤として、1991年にもみ枯細菌病防除を対象とした本田処理剤として登録された。オキシリニック酸種子処理は幼芽における *B. glumae* の増殖（曳地, 1993 a; HIKICHI et al., 1995）を、オキシリニック酸本田処理は開花後の小穂における *B. glumae* の増殖を抑制（HIKICHI et al., 1993; 1994）し、苗腐敗症ともみ枯細菌病それぞれに卓抜した防除効果を示した。さらに、比重1.1以上の塩水選により、*B. glumae* が高い細菌数で感染している種子の除去ができ、オキシリニック酸の種子処理と本田処理との併用により、*B. glumae* の伝染環の切断につながることを示された（曳地・江上, 1995）。そこで、1990年代に、採種用のイネ栽培にて、種子の塩水選とオキシリニック酸による種子処理を行い、高温下での育苗を避けることが指導された。さらに、本田では穂ばらみ期から出穂期にかけてのオキシリニック酸処理を徹底することが指導された。その結果、採種種子における *B. glumae* 感染種子の割合は激減した。収穫用イネ栽培においても、オキシリニック酸による種子処理が徹底され、過去にもみ枯細菌病の発生が認められた本田においては、穂ばらみ期から出穂期にかけてのオキシリニック酸処理が行われた。その結果、苗腐敗症ともみ枯細菌病の発生は激減した。

これまでに、苗腐敗症防除用の種子処理剤としては、オキシリニック酸とともに、銅剤、銀剤およびチウラム剤と、*Trichoderma atroviride*、*Bacillus simplex* および *Talaromyces flavus* 等を利用した生物農薬が農薬登録されている。もみ枯細菌病防除薬剤として、育苗箱施用ではカスガマイシン剤とプロベナゾール剤のほか、チアジニル剤、イソチアニル剤、トルプロカルブ剤および酢液が農薬登録されている。さらに、本田散布剤としては、オキシリニック酸のほか、プロベナゾール剤、カスガマイシン剤、バリダマイシン剤、トルプロカルブ剤、ピロキロン剤およびフェリムゾン剤が農薬登録されている。育苗時に種子の塩水選と薬剤による種子処理あるいは育苗箱処理を徹底するとともに、高温下での育苗管理を避け給水にも注意することが指導されている。さらに、本田では降雨の多い時期に出穂しない品種の利用や薬剤防除を徹底することが指導されている。その結果、*B. glumae* による病害の恐怖からイネ栽培を開放し、我が国では、*B. glumae* による病害が過去のものとなっている。

IV 病原性機構

1 病原細菌の増殖と毒素産生

B. glumae のイネ体での挙動について、乙藤ら（1988）などのすぐれた研究はあったが、抵抗性品種がなく、か

つ防除法がなかったために、*B. glumae* のイネ体での挙動と病原性との関係については不明であった。オキシリニック酸種子処理と、穂ばらみ期から出穂期にかけての本田処理それぞれが、幼芽表皮と開花後の小穂における *B. glumae* の増殖を抑制し、苗腐敗症ともみ枯細菌病に卓抜した防除効果を示したことから、幼芽表皮と開花後の小穂における激しい増殖が、*B. glumae* の病原性に不可欠であることが明らかとなった（曳地, 1993 a; 1993 b; HIKICHI et al., 1993; 1994; 1995; HIKICHI, 1995）。では、なぜ、*B. glumae* は出芽時の幼芽と開花後の小穂で激しく増殖するのだろうか？*B. glumae* は糖として、シュークロースとデンプンを利用できない（HIKICHI et al., 1994）。一方、開花後の小穂で行われるシュークロースからデンプンを生合成する過程の中間代謝糖を、*B. glumae* は利用できる。これらの中間代謝糖がイネ体で局在するのは、出芽時の種子と開花後の小穂である。すなわち、*B. glumae* が、幼芽の表皮と開花後の小穂それぞれで激しく増殖できるのは、デンプンをシュークロースに分解する過程とシュークロースからデンプンを生合成する過程の中間代謝糖を利用するためである（図-3）。

接種などによって生存する *B. glumae* 細菌数が増えた場合、葉鞘に褐変症状が生じる。なぜ、活発に増殖した *B. glumae* はイネに病原性を示すのだろうか？この疑問を解決する糸口を、鈴木ら（SUZUKI et al., 1998 a; 1998 b; 2004）と米山ら（YONEYAMA et al., 1998）の先駆的な研究が示した。*B. glumae* は、非特異的な毒素トキシフラビンを生産する。*B. glumae* ゲノムには、トキシフラビン産生に関与する *toxABCDE* オペロンが存在することが明らかにされた。トキシフラビン産生能欠損株の多くはイネに対する病原性を失ったことから、トキシフラビンは主たる病原力因子であると考えられた（図-4）。しかし、日本分離株の中には、トキシフラビン産生能を喪失させてもイネに対する病原力を保持する株が存在したことから、トキシフラビン以外の病原力因子が存在すると考えられた。

2 オミクス解析による研究展開

我が国の稲作で、苗腐敗症ともみ枯細菌病の発生が激減し、本病に関する発病生態に関する研究が終息を迎えた2000年代になって、韓国をはじめとするアジア諸国のみならず、米国や南アメリカ諸国の稲作で、もみ枯細菌病が深刻な被害をもたらすようになった。我が国でもみ枯細菌病の急速な拡大には、省力でかつ多収・高品質な稲作栽培を目指した栽培環境の均一化と種子の流通が大きな要因となった。これらの国々におけるもみ枯細菌病の発生の急速な拡大にも、同様の原因が考えられる。

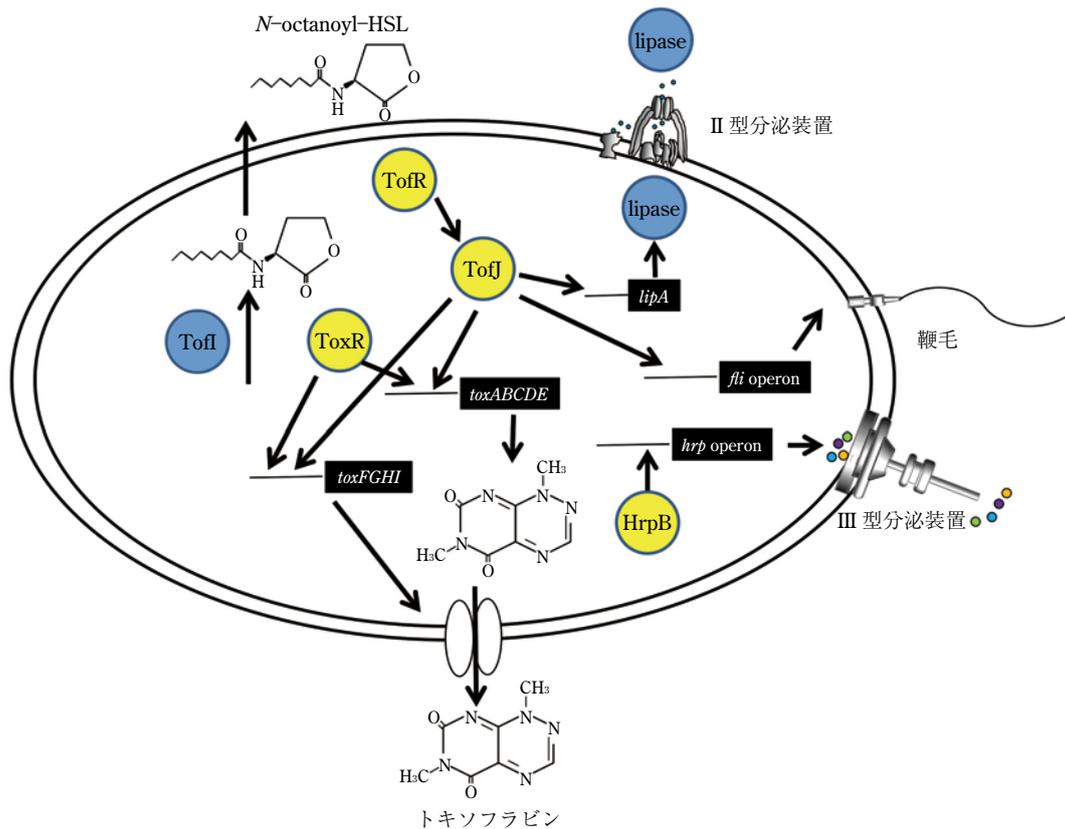


図-4 *Burkholderia glumae* の病原性にかかわるシグナル伝達系
黄印は酵素を、青印は転写制御因子を示す。

Molecular Plant Pathology に, “*Burkholderia glumae* : next major pathogen of rice?” と題した Pathogen profile が掲載された (HAM et al., 2011)。我が国では, 重症穂を有する茎の葉鞘で, まれにしか観察されなかった褐変も認められているようであり, 種子の *B. glumae* の汚染度はひどく高いようであった。オキソリニック酸は, 人間・動物薬からの転用であった (HIKICHI et al., 1989) ことから, 米国などでは用いることができなかった。そのため, 米国や韓国を中心に, 新たな防除技術を開発するための基盤研究として, オミクス解析による *B. glumae* の病原性機構の解明がモーレツなスピードで行われている。

3 菌密度依存の病原力因子

細菌は, 周囲の菌密度の変化に応じて, 行動を集合的に変化させることを可能にする, 細胞間でのコミュニケーションであるクオラムセンシングと呼ばれる菌密度依存の菌体内シグナル伝達系を起動する。同種菌の生産するクオラムセンシングシグナル物質の菌体外濃度を感知することで, 同種菌の菌密度を感知し, それに合わせて, 特定の遺伝子発現や表現型をコントロールする。*B. glumae* では, ToxI タンパク質によりクオラムセンシングシグナルとして, アシルホモセリナクトン *N*-octanoyl-

L-homoserine lactone (*N*-octanoyl-HSL) が産生される (HAM et al., 2011; KIM et al., 2004; NAUGHTON et al., 2016; 図-4)。そして, それを細胞膜受容体 TofR タンパク質により受容する。*N*-octanoyl-HSL を受容した TofR は, 転写制御因子 ToxJ をコードする *toxJ* 遺伝子に発現を誘導する。ToxJ は, ToxR とともに, *toxABCDE* オペロンの発現とともに, トキソフラビンの細胞外への分泌にかかわる *toxFGHI* オペロンの発現誘導を行う。すなわち, *B. glumae* が激しく増殖し, ToxI/ToxR クオラムセンシングが起動すると, *B. glumae* はトキソフラビンを細胞外に分泌することになる。

トキソフラビン以外の ToxI/ToxR クオラムセンシングに支配された病原力因子として, II 型分泌装置を介して細胞外に分泌されるリパーゼ (DEVESCOVI et al., 2007) と化学走性を含む鞭毛運動を介した運動能 (KIM et al., 2007; NICKZAD et al., 2015) がある。特に, リパーゼはトキソフラビンとともに主要な病原力因子である。また, III 型分泌装置が, *B. glumae* の病原性にかかわるが, 病原性にかかわるイネ細胞内に分泌されるエフェクターは特定されていない (KANG et al., 2008)。*B. glumae* の III 型分泌装置の構成タンパク質をコードしている遺伝子の

発現は、*R. solanacearum* と同様に、転写因子 HrpB により制御されている。*B. glumae* では不明であるが、*R. solanacearum* では、*hrpB* 遺伝子を含む *hrp* レギュロンの発現は、活性化したクオラムセンシングにより制御される (YOSHIMUCHI et al., 2009)。激しい増殖により活性化する TofI/TofR クオラムセンシングにより *B. glumae* の病原性が支配されていることは、幼芽と小穂における激しい増殖が *B. glumae* の病原性に不可欠であり、種子の浸種→催芽→出芽にかけての栽培水と開花時の露等の小穂表面の水分により *B. glumae* の二次感染が発生を拡大させることを実証している。

おわりに

1960年代の後半から1990年代にかけて行われてきた先駆的な発生生態研究を基にしたオキシリニック酸と耕種の防除を組合せた体系防除の構築と生産現場への普及、さらには健全種子生産を継続し続けることで、*B. glumae* による苗腐敗症ともみ枯細菌病を我が国の稲作で見ることがまれとなってきた。さらに、優れた発生生態研究は、研究技術の発達に伴い、*B. glumae* の病原性機構の解明をもたらそうとしている。その結果、TofI/TofR クオラムセンシング阻害剤やトキソフラビン分解酵素等の開発が試みられている。いずれにせよ、*B. glumae* は種子伝染性細菌であり、健全種子を生産し、用いることが肝要であることに変わりはない。

最後に、病徴写真の掲載をご許可いただきました住友化学株式会社に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) DEVESECOVI, G. et al. (2007): Appl. Environ. Microbiol. **73**: 4950~4958.
- 2) 遠藤頼嗣 (1990): イネもみ枯細菌病—発生と防除対策—, 住友化学株式会社, 東京, p.82~98.
- 3) 後藤和夫・大畑貫一 (1958): 日植病報 **23**: 155 (講要).
- 4) HAM, J. H. et al. (2011): Mol. Plant Pathol. **12**: 329~339.
- 5) 曳地康史 (1993 a): 日植病報 **59**: 441~446.
- 6) ——— (1993 b): 同上 **59**: 447~451.
- 7) ——— (1996): 植物防疫 **50**: 46~50.
- 8) HIKICHI, Y. et al. (1989): Jpn. Pestic. Inf. **55**: 21~23.
- 9) ——— et al. (1993): J. Pesticide Soc. **18**: 319~324.
- 10) ——— et al. (1994): ibid. **19**: 11~17.
- 11) ——— (1995): ibid. **20**: 329~331.
- 12) ——— et al. (1995): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **61**: 134~136.
- 13) 曳地康史・江上 浩 (1995): 日植病報 **61**: 405~409.
- 14) 茨木忠雄ら (1976): 北日本病虫研報 **27**: 117 (講要).
- 15) KANG, Y. et al. (2008): Proteomics **8**: 106~121.
- 16) KIM, J. et al. (2004): Mol. Microbiol. **54**: 921~934.
- 17) ——— et al. (2007): ibid. **64**: 165~179.
- 18) 栗田年代・田部井英夫 (1967): 日植病報 **33**: 111 (講要).
- 19) 茂木静夫 (1984): 農業および園芸 **59**: 679~682, 782~788, 899~903.
- 20) NAUGHTON, L. M. et al. (2016): Environ. Microbiol. **18**: 780~790.
- 21) NICKZAD, A. et al. (2015): PLoS ONE **10**: e0128509.
- 22) 乙藤まりら (1988): 九州病虫研報 **34**: 1~14.
- 23) 十河和博・都崎芳久 (1983): 四国植防研究 **18**: 15~20.
- 24) SUZUKI, F. et al. (1998 a): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **64**: 75~79.
- 25) ——— et al. (1998 b): ibid. **64**: 276~281.
- 26) ——— et al. (2004): J. Gen. Plant Pathol. **70**: 97~107.
- 27) 對馬誠也 (1990): イネもみ枯細菌病—発生と防除対策—, 住友化学株式会社, 東京, p.99~126.
- 28) TSUSHIMA, S. et al. (1996): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **62**: 108~113.
- 29) 植松 勉ら (1976): 日植病報 **42**: 310~312.
- 30) YONEYAMA, K. et al. (1998): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **64**: 91~96.
- 31) YOSHIMUCHI, T. et al. (2009): J. Bacteriol. **191**: 3424~3428.

農林水産省プレスリリース (30.4.12~30.5.14)

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。

<http://www.maff.go.jp/j/press/syouan> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

◆ 「平成 30 年度病害虫発生予報第 1 号」の発表について
(4/18) /syokubo/180418.html

◆ 「平成 30 年度農薬危害防止運動」の実施について
(4/25) /nouyaku/180425.html

植	物
防	疫
講	座

虫害編-6

ツマグロヨコバイの発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター

ひら え まさ ひろ
平 江 雅 宏

はじめに

ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* (Uhler) (カメムシ目:ヨコバイ科) (図-1) は、国内では東北以南で発生する。本種は、イネを吸汁加害し、イネ萎縮病、イネわい化病を引き起こすウイルスや、イネ黄萎病を引き起こすファイトプラズマを媒介する害虫として知られる。また、北陸地方や東北地方では本種発生量の年次変動が大きく、イネの出穂前後から多発生した場合、茎葉や穂を吸汁したり、上位葉や穂に付着した排泄物にすす病が発生して黒く汚し、不稔や登熟不良、品質低下などの被害をもたらす (図-1)。本種の発生面積は近年減少傾向にあるものの、依然として全国的に発生が見られる (図-2)。イネ萎縮病、イネ黄萎病は 1960~70 年代に国内で多発生したが現在はほとんど発生が見られない (図-2)。

I ツマグロヨコバイの発生生態

1 形態・発育

ツマグロヨコバイ成虫の体長は、雌は 6 mm、雄は 4~5 mm である。翅は緑色で、雌の翅端はうすい褐色であるのに対し雄では黒色である。卵はバナナ型でイネの葉鞘内に数粒~十数粒ずつ並べて産卵される。温度 25℃、長日条件下において卵期間は 10~11 日、幼虫は 5 齢を経て雌は 18~19 日、雄は 17~18 日程度で成虫になる (奈須, 1963)。年間発生回数は地域によって異なり、南九州では 5~6 回、西日本では 4~5 回、関東では 4 回程度、東北では 2~3 回である。本種はイネ以外にもスズメノテッポウ、エノコログサ等多くのイネ科植物を寄主とする。幼虫休眠し、主に 4 齢幼虫が水田畦畔や雑草地等にあるイネ科植物で越冬する。越冬世代成虫は 3~5 月に出現し、早期水稻やイネ科雑草に飛来し産卵する。



図-1 ツマグロヨコバイ雌成虫 (上) とすす病の被害 (下)

2 近縁種

国内におけるツマグロヨコバイの近縁種としては、九州以南で見られるタイワンツマグロヨコバイ *N. vire-scens* やクロスジツマグロヨコバイ *N. nigropictus* が知られる。タイワンツマグロヨコバイは熱帯アジアではイネツングロ病を引き起こすウイルスを媒介する重要害虫とされている。

3 休眠・越冬生態

ツマグロヨコバイの休眠は、日長条件が主動的役割をもち (奈須, 1958)、温度条件も関与している (KISIMOTO, 1959)。日長感受期は、眼点形成期の卵であり、幼虫ふ化前の 3 日間に短日になると休眠が誘起され、短日条件

Ecology and Management of Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps*. By Masahiro HIRAE

(キーワード: 水稻害虫, ツマグロヨコバイ, 発生生態, 被害様式, 管理法)

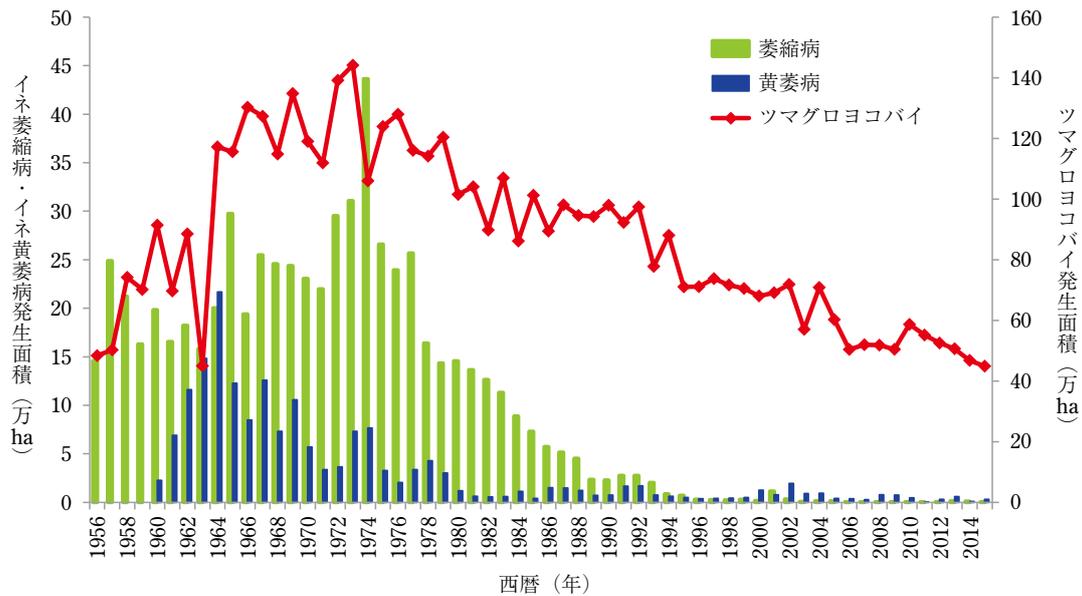


図-2 ツマグロヨコバイとイネ萎縮病、イネ黄萎病の発生面積
日本植物防疫協会資料より作図。

が継続することによって休眠が維持される（大矢，1978）。休眠は幼虫期間の延長として現れ，休眠幼虫は各齢の発育が遅延し，特に4齢期の延長が顕著に現れる（奈須，1958）。休眠には地域性があり，奄美大島産のツマグロヨコバイ個体群はほとんど休眠せず，福井市産個体群と筑後市産個体群は休眠するが，北方の福井産ではより長日条件で休眠が維持される（奈須，1963）。新潟県上越市産個体群の休眠誘起の臨界日長は12.5時間であり，野外では9月1日前後のふ化幼虫から休眠現象を示し，10月下旬までにふ化した幼虫が越冬可能とされる（大矢・鈴木，1973；大矢，1975；1978）。越冬時の休眠幼虫は，呼吸量の減少など生理的活性が低下し，ある程度の低温耐性や絶食耐性を備える。冬期の低温や餌植物の有無等は越冬幼虫の死亡要因となり，若齢幼虫ほどその影響が大きい。東北地域では冬期の気温が死亡要因として強く関与している（腰原，1972）。北陸地域などの積雪地ではさらに冬期間の積雪量および積雪期間が死亡要因として働いており，積雪期間が長くなると越冬虫の生存率が低下し，多雪年はツマグロヨコバイの発生量が少くない（川瀬，1958；OTAKE, 1966；常楽・嘉藤，1974等）。

4 発生の地域的差異

ツマグロヨコバイでは発生密度がある程度高くなると，個体間干渉による成虫の分散などによって世代間の増殖率が低下し密度調節が働く（久野，1968；KIRITANI et al., 1970；法橋，1972）。この密度調節が九州・四国などの西日本では増殖初期に現れるため，ピーク世代の密度の変化が少なく安定している。一方，東北・北陸な

どの北日本では越冬後の初期密度が低いために個体間干渉がなく密度調節が働かないか，あるいは遅れて働くため密度安定化までには至らず，高い増殖率のまま世代を経過し本田後期に急激に密度が上昇する場合がある（常楽ら，1983；城所，2013等）。

イネの品種・生育ステージと本種の増殖には密接な関係が見られる。本種はイネの出穂後に産卵数が著しく増加し（SATOMI, 1993），出穂期の早い早生品種ほど出穂期以降の密度が高まる（嘉藤・若松，1979a；関口ら，1979；常楽ら，1983等）。東北・北陸地域では，7月下旬～8月上旬に出穂する品種が多く栽培され，西日本では8月下旬～9月中旬に出穂する品種が多く栽培される（那波，1979）。このため，本種の第2世代成虫の発生時期が，北日本では主な品種の出穂期後に当たるのに対し，西日本では出穂期前であることが両地域においてピーク世代密度の違いが現れる主要因の一つと指摘されている（SATOMI, 1993；HIRANO and FUJII, 1995）。

II ツマグロヨコバイによる被害

1 イネに対する吸汁様式とその被害

ツマグロヨコバイのイネ株上における生息部位について，若齢期の幼虫は主に株元の葉鞘に生息し，発育が進むにつれて上部の葉身に移行し吸汁加害する。また，成虫はイネの出穂前は株全体に分布するが，出穂後は止葉を中心とした上部に多く生息し，主に葉身を吸汁加害し，穂については枝梗・穂軸を加害するが籾への加害は少ないようである（大兼・滝田，1979）。

ツマグロヨコバイによるイネの吸汁害については、加害時期・加害量、地域、イネ品種の早晩性、移植時期等の栽培条件や登熟期間中の気象条件等の様々な要因が関与している。本種によるイネの被害は、穂ばらみ期から出穂期ころの加害による収量への影響が大きい（田村，1957；山口・藤本，1969；大矢，1970；嘉藤・若松，1979b等）。また、本種の吸汁加害に対するイネの補償作用の大小から、東日本では低密度の加害による減収割合が高く、出穂期に株当たり成虫10~20頭で減収となることがある。一方、西日本の早生品種では株当たり成虫20頭が要防除密度となるが、中生や晩生品種では株当たり成虫約100頭までは減収しないと見積もられている（那波，1979；1991）。本種加害による減収程度は年次によって異なり、イネの登熟期間中に高温・多照など良好な登熟条件の場合の被害は小さくなる（斎藤ら，1980；成瀬・新田，1998）。

2 イネのウイルス病などの媒介

イネ萎縮病はイネ萎縮ウイルス（*Rice Dwarf Virus*, RDV）をツマグロヨコバイが媒介することによってイネが感染し引き起こされる。罹病イネからウイルスを獲得したツマグロヨコバイは、通常12~25日の潜伏期間を経て永続的に媒介するようになる。また、ウイルスは経卵伝染するため次世代以降も永続的にウイルスを媒介する。イネ萎縮病にイネが感染し発病すると、葉色が濃くなり、株全体が萎縮して分げつ数が多くなる。また、葉脈沿いに白色の斑点を生じる。イネの生育初期に感染すると萎縮が激しく出穂しないことがある。出穂しても稔実不良となり減収する。

イネ黄萎病の病原体はファイトプラズマであり、ツマグロヨコバイが罹病イネを吸汁後、一定の潜伏期間後に永続的に媒介されるが、経卵伝染はしない。前年秋に保毒したツマグロヨコバイ越冬幼虫が翌春羽化後に苗代や田植直後のイネを吸汁し感染させる。感染したイネ株は潜伏期間を経て株が萎縮し分げつが増加し、葉が黄化する。また、感染株では収穫後の再生稲（ひこばえ）が黄緑~黄白色に変色して萎縮する。

III ツマグロヨコバイの管理方法

1 薬剤などによる防除

イネ萎縮病、イネ黄萎病の防除対策としては、苗代期から本田初期の防除を行い、媒介虫であるツマグロヨコバイの密度を低減させて、保毒虫からイネへのウイルスの媒介や罹病イネからのウイルス獲得を未然に防ぐことが重要である。機械移植では育苗箱施薬剤の使用が有効である。また、本種の越冬場所となる水田や畦畔を耕

起・除草して越冬幼虫の密度を下げる耕種的防除を組合せると効果的である。

吸汁害対策としての本種の防除適期はイネの出穂期から登熟前半期になる。本種の多発生による被害が予測される場合は散布剤による防除を行う。

本種の薬剤抵抗性については、1960年ころから有機リン剤に対しツマグロヨコバイ個体群の薬剤感受性が低下する事例が報告され、その後使われ始めたカーバメート剤に対しても抵抗性を示す事例が次々と報告された（浜，1992）。薬剤防除を実施する際には、地域によって有効な薬剤が異なる可能性があるため、その地域の薬剤感受性の動向を把握し、適切な薬剤を選定する必要がある。

2 ツマグロヨコバイに対するイネの品種抵抗性

ツマグロヨコバイに対するイネの品種抵抗性については、1960年代に外国稲品種の中から本種に抵抗性を示す品種が見いだされ（井上，1966）、抵抗性検定法の確立や抵抗性品種の検索、抵抗性機構の解明、抵抗性遺伝様式の解明とともに抵抗性遺伝子の日本稲への導入が進められた。抵抗性は単一の優性遺伝子、あるいは2または3対の優性補足遺伝子によって支配されており（岸野ら，1987など）、分子マーカーを利用した解析によって現在までに *Grh1*~*Grh6* の6種類の抵抗性遺伝子の染色体上の位置が明らかにされ、これら遺伝子を導入した中間母本、育成系統が開発されている（表-1）。ツマグロヨコバイ抵抗性品種はイネ萎縮病にも抵抗性を示す（朱宮ら，1984など）。近年はツマグロヨコバイ抵抗性だけでなく他の病害虫抵抗性を付与した複合病害虫抵抗性品種の‘彩のかがやき’、‘彩のきらびやか’（*Grh1* 保有）や‘大地の風’、‘ゆめまつり’（*Grh3* 保有）が育成されているほか、‘コシヒカリ’、‘キヌヒカリ’等の良食味品種に抵抗性を導入した同質遺伝子系統が開発されている（表-1）（中嶋ら，1998）。

抵抗性遺伝子を導入した系統は野外において極めて強い密度抑制効果を示す（図-3）（平江，2010a）。ツマグロヨコバイ抵抗性はイネの生育ステージによって変動することが知られているが（岸野・安藤，1979）、抵抗性が弱くなるイネの出穂期以降もツマグロヨコバイ生息密度を低く抑えており、抵抗性品種の実用性は高いと考えられた。

ツマグロヨコバイはイネの篩管と導管の両方を吸汁する摂食習性をもつ。抵抗性品種では、イネ体からの篩管液吸汁が抑制されることでイネへの定着を阻害し、成虫の生存率や産卵率の低下、幼虫の致死や発育の遅延を引き起こす（河部，1979など）。抵抗性イネから採取した篩管液に本種は吸汁阻害活性を示さないことから吸汁阻害

表-1 ツマグロヨコバイ抵抗性遺伝子と抵抗性品種・育成系統・中間母本

抵抗性遺伝子	遺伝子給源品種	中間母本	育成系統等	品種
<i>Grh1</i>	Pe-Bi-Hun	中母農 2 号	中国 105 号 北陸 IL5 号	彩の夢 彩のかがやき 彩のきらびやか 夢十色
	IR 24			
<i>Grh2</i>	C-203-1		西海 164 号 西海 182 号	
<i>Grh3</i>	Rantai Emas 2		愛知 42 号 愛知 80 号 愛知 97 号 北陸 IL6 号	大地の風 ゆめまつり 彩のほほえみ
	Tadukan	関東 PL6		
<i>Grh2, Grh4</i>	C203-1 Lepe Dumai DV 85	中母農 5 号 中母農 6 号	西海 IL1 号	
<i>Grh5</i>	<i>Oryza. rufipogon</i>			
<i>Grh6</i>	SML 17 <i>O. nivara</i>	関東 PL10		
<i>Grh1, Grh3</i>			西海 IL2 号	(彩のきずな) ^{a)}

a) 系譜から *Grh1* または *Grh3*, もしくは両方を保有すると考えられる (荒川ら, 2013).

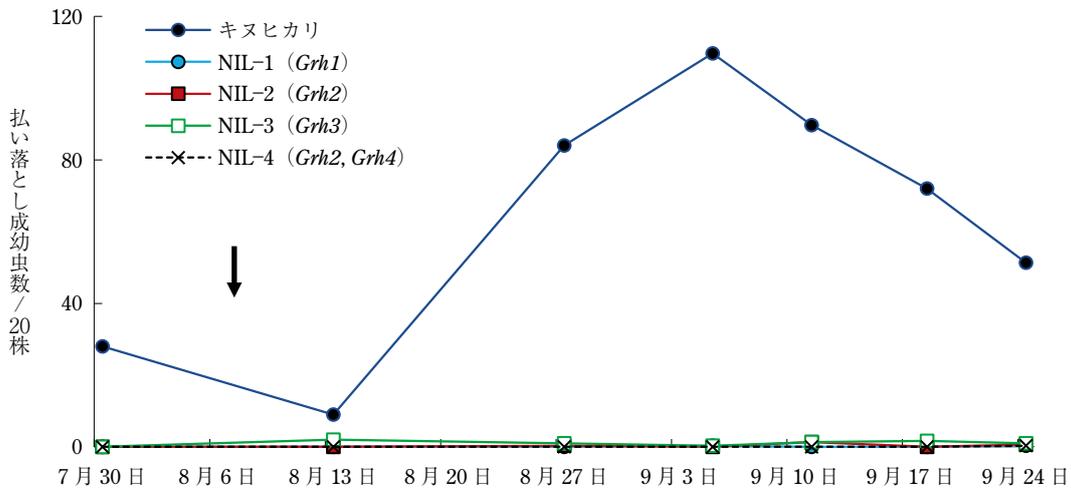


図-3 ツマグロヨコバイ抵抗性準同質遺伝子系統におけるツマグロヨコバイ生息密度の推移 (平江, 2010 a) NIL-1~NIL-4 は 'Kinuhikari' の準同質遺伝子系統を示し, カッコ内は導入した遺伝子名を示す. 矢印は出穂期を示す.

物質の存在は考えられず, 本種が篩管組織に口針を挿入することによって篩部特異的な抵抗性因子が誘導されて吸汁阻害を引き起こすと考えられている (服部, 2006).

抵抗性品種を利用するうえでの大きな問題点として, 抵抗性品種を加害する新しい虫の個体群 (バイオタイプ) が現れ, 抵抗性が崩壊してしまうことがあげられる。ツマグロヨコバイについては, 抵抗性品種の栽培によってバイオタイプが出現した例は現在までのところ報告されてない。しかし, 実験室内で特定の抵抗性品種で累代選

抜することにより, それぞれ発育・増殖可能なツマグロヨコバイ選抜系統が得られており (表-2), バイオタイプ発生の可能性が示された (平江, 2010 b)。

抵抗性品種に対する加害性は地域個体群によって異なり, 九州の個体群中には *Grh1* を持つ品種・系統を加害できる個体変異が存在する (SATO and SOGAWA, 1981; 寒川・佐藤, 1981)。筑後市個体群中には *Grh1* だけでなく *Grh2* を加害できる個体変異が存在していると考えられるため (平江, 2010 b), 本地域で *Grh1* あるいは *Grh2*

表-2 ツマグロヨコバイのバイオタイプの抵抗性品種に対する反応^{a)}

品種	抵抗性遺伝子	無選抜系統 ^{b)}		選抜系統 ^{b)}					
		日本晴	Biotype 1			Biotype 2		Biotype 3	
			IR 24	中国 105 号	西海 164 号	西海 182 号	関東 PL 6	愛知 80 号	
日本晴	抵抗性遺伝子なし	S	S	S	S	S	S	S	
IR 24	<i>Grh1</i>	R	S	S	R	R	R	R	
中母農 2 号	<i>Grh1</i>	R	S	S	R	R	R	R	
中国 105 号	<i>Grh1</i>	R	S	S	R	R	R	R	
Pe-bi-hun	<i>Grh1</i> など	R	R	R	R	R	R	R	
西海 164 号	<i>Grh2</i>	R	R	R	S	S	R	R	
西海 182 号	<i>Grh2</i>	R	R	R	S	S	R	R	
中母農 5 号	<i>Grh2, Grh4</i>	R	R	R	R	R	R	R	
中母農 6 号	<i>Grh2, Grh4</i>	R	R	R	R	R	R	R	
関東 PL 6	<i>Grh3</i>	R	R	R	R	R	S	S	
愛知 80 号	<i>Grh3</i>	R	R	R	R	R	S	S	

^{a)} S: 加害性が高い, R: 加害性が低い (平江, 2010 b を改変).

^{b)} それぞれの品種上で累代飼育した系統.

を保有する抵抗性品種を栽培する際には加害個体の割合が増加しないよう、安定的な抵抗性品種利用方策が求められる。

おわりに

ツマグロヨコバイは、我が国の水稻栽培ではウンカ・ヨコバイ類との総称で重要害虫の 1 種として扱われ、古くから多くの研究・調査が行われてきた。その研究蓄積は膨大であり、ウイルス、共生細菌、捕食性あるいは寄生性天敵との相互作用や腹部振動による雌雄間の交信等、本稿では紹介できなかったトピックも多く残される。本種は過去にイネの害虫ニカメイガの防除に使用されていた殺虫剤 BHC の多用による天敵クモ類の密度減少などの影響から異常発生した経緯も知られる (桐谷, 2004)。化学合成農薬による防除は今後も害虫管理の有効な手段として位置づけられると考えられるが、過去の教訓を活かし、水田生態系の調和を図りつつ、持続的農業の発展に貢献できる技術開発を進めていく必要がある。

引用文献

- 1) 荒川 誠ら (2013): 埼玉農総試研報 12: 1~9.
- 2) 浜 弘司 (1992): 害虫はなぜ農薬に強くなるか—薬剤抵抗性のしくみと害虫管理, 農山漁村文化協会, 東京, 189 pp.
- 3) 服部 誠 (2006): 農業技術 61: 153~157.
- 4) 平江雅宏 (2010 a): 植物防疫 64: 530~535.
- 5) ——— (2010 b): 中央農研研究報告 15: 51~93.
- 6) HIRANO, K. and K. FUJII (1995): Res. Popl. Ecol. 37: 259~267.
- 7) 法橋信彦 (1972): 九州農試報告 16: 283~382.
- 8) 井上 斉 (1966): 応動昆虫中国支部報 8: 17~19.
- 9) 常楽武男・嘉藤省吾 (1974): 北陸病虫研報 22: 30~31.
- 10) ———ら (1983): 応動昆虫 27: 146~151.
- 11) 嘉藤省吾・若松俊弘 (1979 a): 北陸病虫研報 26: 12~17.
- 12) ——— (1979 b): 同上 26: 18~21.
- 13) 河部 暹 (1979): 植物防疫 33: 193~199.
- 14) 川瀬英爾 (1958): 同上 12: 401~404.
- 15) 城所 隆 (2013): 宮城古川農試報 11: 93~114.
- 16) 桐谷圭治 (2004): 「ただの虫」を無視しない農業—生物多様性管理, 築地書館, 東京, 192 pp.
- 17) KIRITANI, K. et al. (1970): Res. Popul. Ecol. 12: 137~153.
- 18) 岸野賢一・安藤幸夫 (1979): 応動昆虫 23: 129~133.
- 19) ———ら (1987): 東北農試研報 76: 1~11.
- 20) KISIMOTO, R. (1959): Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 3: 49~55.
- 21) 腰原達雄 (1972): 北日本病虫研報 23: 71~77.
- 22) 久野英二 (1968): 九州農試彙報 14: 131~246.
- 23) 那波邦彦 (1979): 植物防疫 33: 200~203.
- 24) ——— (1991): 広島農試報 54: 1~12.
- 25) 中嶋泰則ら (1998): 愛知農総試研報 30: 57~61.
- 26) 成瀬博行・新田 朗 (1998): 富山農技セ研報 18: 27~43.
- 27) 奈須壮兆 (1958): 植物防疫 12: 387~404.
- 28) ——— (1963): 九州農試彙報 8: 153~349.
- 29) 大兼善三郎・滝田泰章 (1979): 栃木農試研報 25: 17~26.
- 30) OTAKE, A. (1966): Res. Popul. Ecol. 8: 62~68.
- 31) 大矢剛毅 (1970): 北日本病虫研報 21: 76 (講要).
- 32) 大矢慎吾 (1975): 北陸病虫研報 23: 37~41.
- 33) ——— (1978): 応動昆虫 22: 108~114.
- 34) ———・鈴木忠夫 (1973): 北陸病虫研報 21: 61~64.
- 35) 斎藤浩一ら (1980): 栃木農試研報 26: 65~70.
- 36) SATO, A. and K. SOGAWA (1981): Appl. Entomol. Zool. 16: 55~57.
- 37) SATOMI, H. (1993): ibid. 28: 207~216.
- 38) 関口 亘ら (1979): 北陸病虫研報 27: 23~27.
- 39) 朱宮昭男ら (1984): 愛知農総試研報 16: 1~14.
- 40) 寒川一成・佐藤昭夫 (1981): 応動昆虫 25: 280~285.
- 41) 田村市太郎 (1957): 植物防疫 11: 79~82.
- 42) 山口福男・藤本 清 (1969): 兵庫農試研報 17: 41~43.

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門 リンゴ研究拠点 リンゴ研究領域 リンゴ病害虫ユニット

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門（略称果樹茶部門）リンゴ研究拠点は岩手県盛岡市にあり、リンゴなどの寒冷地果樹にかかわる研究を行っています。リンゴ研究拠点には世界に誇るリンゴ品種‘ふじ’の原木があります。昭和14年に「国光×デリシャス」の交配で得られた2,004粒の種子の中から選抜・育成された‘ふじ’の原木は今年で満78歳を迎えます。リンゴ研究拠点にはリンゴ育種、リンゴ栽培生理、リンゴ病害虫の各ユニットが置かれており、研究員が14名配置されています。病害虫ユニットは病害担当2名、虫害担当2名の研究員がリンゴの重要病害虫の発生生態、診断技術、防除技術にかかわる研究を行っています。以下、当ユニットで実施している主な研究内容について紹介します。

リンゴ腐らん病の泥巻きに関する研究：リンゴ腐らん病は、子のう菌 *Valsa ceratosperma* の感染によって起こる枝幹病害です（図-1）。治療は病斑が小さいうちに削りとり、殺菌剤ペーストを塗布する方法が一般的に行われていますが、民間療法として泥巻き法が知られています。この方法は、土壌に水を加えて泥状に練ったものを



図-1 腐らん病
(胴腐らん)



図-2 黒星病（成熟果での発病状況）



図-3 ナミハダニ雌成虫

病斑部に塗布し、ビニールシートなどで1年間程度被覆します。治療効果を示す要因として、泥の生物性（土壌微生物など）の影響が推察されていますが、まだ科学的な解明は行われていません。室内実験系において土壌と病斑伸展の関係を解析し、泥の病斑伸展抑制効果にかかわる要因を明らかにするとともに、治療効果を高めるための土壌調製法の開発に取り組んでいます。

DMI 剤感受性低下リンゴ黒星病菌の遺伝子解析と迅速技術の開発：リンゴ黒星病は世界的なリンゴの最重要病害で、主に葉と果実に発病します（図-2）。2016年青森県ではDMI剤に対する感受性の低下により、果実被害が出るほどの大発生がありました。DMI剤に対する感受性低下の要因として標的遺伝子のコード領域上の非同義置換（アミノ酸に変異を生じる置換）の関連が考えられています。標的遺伝子の変異とDMI剤感受性の関連について解析を行っています。

土着天敵を活用したハダニ類の効果的防除技術の開発：リンゴで問題になるのはナミハダニ（図-3）とリンゴハダニです。ハダニ類は殺ダニ剤に対する薬剤抵抗性の発達が早く、防除効果の高い薬剤が不足しているのが現状です。そこで、リンゴ園に生息する土着天敵カブリダニ類（主にジェネラリストカブリダニ）を活用した防除技術の開発を進めています。カブリダニはハダニに比べ殺虫剤に対する感受性が高いため、天敵として活用するには悪影響の小さい殺虫剤を利用して防除体系を構築する必要があります。また、カブリダニの定着を促進するための適切な下草管理も必要です。そのため、カブリダニの農薬感受性検定や下草の管理技術の検討を行っています。

このほか、リンゴの輸出促進にかかわる事業にも参画し、残留農薬問題やモモシンクイガをはじめとする輸出検疫対象病害虫の防除について取り組んでいます。また、昨年から訪花昆虫による送粉サービスの評価手法の検討を行っています。

（ユニット長 柳沼勝彦）

研究室紹介

富山県農林水産総合技術センター 農業研究所 病理昆虫課

富山県は、飛騨山脈などの山々から流れ込む、いくつもの大河川の扇状地が、主要な農耕地です。古くは水害と闘いながらも、治水や基盤整備がすすめられ、水資源に恵まれた水田地帯が形成されました。水田率は95.5%（全国1位）で、水稻に特化した農業構造となっています。美しい田園風景が広がる地域ですが、コメの消費、価格が低迷していく中、水稻を中心としつつも、畑作、園芸を組入れた水田農業のありようが問われており、当センターの技術開発もこれに呼応したものとなっています。

病理昆虫課のスタッフは、病害担当2名、虫害担当1名、予察担当2名の計5名で、試験研究と病害虫防除所の業務を行っています。その担当分野は多岐にわたりますが、園芸研究所と密接に連携しながら、それら課題に取り組んでいます。以下、研究部門の主要な研究課題とその背景・ねらいを紹介します。

「水稻の健全種子生産技術の開発」

本県は国内の種籾受託生産量の約60%を占める主要な種籾生産県であり、かねてより種子伝染性病害の防除技術の高度化に取り組んでいます。産地では40品種以上の種籾が栽培されており、多様な品種（ロット）の用途・生産量、病害発生リスクに応じた防除メニューの最適化が必要な状況です。

「斑点米カメムシ類の広域的管理技術の開発」

カメムシ類による斑点米がしばしば問題になります。これまでの研究により、個別の対策技術は整いましたが、地域の発生リスクに応じた意思決定の仕組みづくりが今後の課題となっています。また、抵抗性品種育成のための基礎的な研究にも取り組んでいるところです。

「殺菌剤耐性菌の対策」

様々な病害について耐性菌のモニタリング調査を行っており、近年では、ナシ黒星病、ブドウべと病、ダイズ紫斑病等を対象に実施しました。なお、イネいもち病のQoI耐性菌の発生は未確認ですが、県外からの持込み防止やガイドラインの遵守等、未然の発生防止策を重視しています。

「園芸微小害虫の管理技術の開発」

ネギアザミウマではネオニコチノイド剤に抵抗性の個



子供たちを招いての科学教室（昆虫の観察）

体群が発生しており、防除体系の見直しを急いでいます。また、ニセナシサビダニの被害が顕在化してきており、早急な発生状況の把握と対応策の策定が必要となっています。

「水田転換畑における土壌伝染性病害対策」

水田圃場は構造的に排水が不良なため、これを好む土壌病害が大きな問題になります。ダイズは省力・低コストが技術開発の出発点にあることから、黒根腐病の防除対策は栽培管理技術の改変による被害の回避を、さらに、タマネギべと病も含め、各種土壌病害の発生履歴や土壌診断の結果をデータベース化し、発生リスクに応じた土地利用を地域全体で考えていく仕組みを構築したいと考えています。

かつての水稻単作地帯は、今や様々な品目を組み入れた水田農業を標榜しており、水稻も有機、減農薬、飼料用、加工用、様々な直播栽培等「多様なイネ栽培」が広まっています。これら多様な価値観に対応するには、専門性にとらわれない高い課題解決能力が求められています。また、従前の問題解決型の研究ばかりではなく、正しく将来予測し、未然に被害を防ぐための計画立案が必要だと考えられます。

（現 企画管理部 守川俊幸）

学会だより

○シンポジウム「施設野菜栽培におけるアブラムシ類防除のため天敵利用技術」

日時：平成30年8月2日（木）13:00～18:00
 会場：都久志会館（福岡市中央区天神4丁目8-10）

《プログラム》

序論

「アブラムシ類への天敵利用技術の普及上の課題」
 中央農業研究センター・長坂幸吉

アブラムシ低密度条件下で働く寄生性天敵の活用技術

「ジャガイモヒゲナアブラムシに対応できるギフアブラバチとバンカー法」野菜花き研究部門・太田 泉
 「バンカー法を簡便化する次世代型バンカー資材キット」宮城県農業・園芸総合研究所・関根崇行

アブラムシ増殖期に対応した捕食性天敵の活用技術

「施設野菜類のアブラムシ防除における飛ばないナミテントウの役割」西日本農業研究センター・世古智一
 「ヒメカメノコテントウの特性と上手な使い方」住化テクノサービス・巽 えり子

現地への普及に向けた先進的 IPM 事例

「イチゴの輸出を支えるアブラムシ類防除技術「次世代型バンカー法」の現地実証」福岡県農林業総合試験場・鍋谷 霞
 「寄生性天敵および捕食性天敵を複合的に活用した「ハイブリッド・バンカー法」の生産地での実践」鹿児島県農業開発総合センター・柿元一樹
 「飛ばないナミテントウとアブラバチを活用した半

広告掲載会社一覧（掲載順）

- 住友化学(株) ……主要品目
- 三井化学アグロ(株) ……主要品目
- サンケイ化学(株) ……主要品目
- バイエルクロップサイエンス(株) ……オルフィン
- イソクラスト協議会 ……イソクラスト
- 日産化学工業(株) ……スターマイト
- 日本農薬(株) ……フェニックス
- 日本曹達(株) ……ピシロック
- アグロカネシヨウ(株) ……土壌消毒剤・線虫防除剤

促成栽培ナスのアブラムシ防除」大阪府立環境農林水産総合研究所・金子修治

総括

「アブラムシ類に対する天敵利用技術の適用場面とさらなる技術開発」西日本農業研究センター・安部 順一郎

大会事務局：中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 生物的防除グループ長 長坂幸吉

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18

Tel：029-838-8939 Fax：029-838-8837

問い合わせ E-mail：Tenteki-sympo2018@ml.affrc.go.jp

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/narc/080818.html

次号予告

次号30年7月号の主な予定記事は次のとおりです。

ネギ類の混植によるハウレンソウ萎凋病の抑制	清水将文
農業の消長からみた水稲育苗箱施用殺虫剤のイネ縞葉枯病に対する防除効果	望月 証
イソプロチオランによるイネの割れ籾発生抑制と斑点米被害軽減	田嶋崇吉
土地利用情報を用いた被害予測モデルによる斑点米被害ハザードマップ	田淵 研
中国の農業関連の課題と方向性	佐藤祐二
国内におけるジャガイモシロシストセンチュウの発生について	奈良部 孝
種子伝染性病害をめぐる最近の国際動向 2018(2) International Seed Health Initiative (ISHI) で議論している種子伝染性病害	木戸一孝

シンポジウムから 大学における植物防疫教育の現状と課題	巢山弘介
植物防疫研修に係る課題と実践的なプログラムの構築	曾根信三郎
植物防疫講座 病害編 イネ稲こうじ病	芦澤武人
植物防疫講座 虫害編 イネ カメムシ類	高橋明彦
植物防疫講座 農業編 GABA 作動性塩素イオンチャネルブロッカー	瀬古隆司
新剤の紹介：シクラニリプロール	森田雅之
研究室紹介：農研機構 中央農業研究センター 水田利用研究領域 北陸病害虫防除グループ	
福島県農業総合センター果樹研究所 病害虫科	

植物防疫

第72巻 平成30年5月25日印刷
 第6号 平成30年6月1日発行
 (通算858号)

平成30年
 6月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 上路 雅子
 印刷所 三美印刷(株)
 東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価947円
 本体877円

平成30年分購読料
 前払10,800円、後払11,364円
 (送料サービス、消費税込み)

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)
 振替 00110-7-177867番

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。

吸汁性害虫防除に、新規スルホキシミン系のチカラ!



抵抗性アブラムシ類に!



アカスジカスミカメに!



抵抗性コナジラミ類に!



ミナミアオカメムシに!



クワコナカイガラムシに!



クモヘリカメムシに!



ヤノネカイガラムシに!



トビイロウンカに!

野菜・果樹の大切な実りを、
吸汁被害から守りぬく!

野菜・果樹用殺虫剤

トランスフォームTM
フロアブル



アブラムシ、カイガラムシ、
コナジラミに優れた殺虫効果
を発揮! 吸汁性害虫防除
のスペシャリストが、ついに
誕生。速効力と持続力で、作
物づくりをサポートします。



ストレッチ症状
(ワタアブラムシ・タバココナジラミ)

水稻の大敵、
斑点米カメムシ類を徹底阻止!

水稻用殺虫剤

エクシードTM
フロアブル



水稻の大敵、斑点米カメムシ類
や、ウンカ類、ツマグロヨコバイ
に優れた殺虫効果を発揮! 吸汁
性害虫防除のスペシャリストが、
ついに誕生。速効力と持続力で、
お米づくりをサポートします。



ストレッチ症状
(クモヘリカメムシ・トビイロウンカ)

このマークが
ついた画像は、
AR動画でも
ご覧いただけます。
「COCOAR2」アプリ(無料)で動画
をご覧いただけます。

「COCOAR2」
無料アプリの
使用方法

iPhoneやiPadは「Apple Store」から、Android端末は「Google Play」から、「COCOAR2」
を無料でダウンロードできます。アプリを起動し、スキャン画面内に写真の青い枠が入るよ
うに端末をかざすと動画がスタートします。*Wi-FiまたはLTE環境を推奨します。

ISOCLAST^{ACTIVE}
「インクラスト」は、一般名:スルホキサフロルの商標です。

インクラスト普及会/日産化学工業株式会社 北興化学工業株式会社 ダウ・アグロサイエンス日本株式会社*
*事務局:東京都品川区東品川2丁目2番24号

★池田二三高氏撮影 ©TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標

作用点まで しっかり届く!

殺ダニ剤
スターマイト[®]
70777ル



殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから…

- **抵抗性ハダニにもきちんと効く**
殺ダニ成分「シエノピラフェン」が、ハダニ体内にある「電子伝達系複合体II」にしっかり届き、その働きを阻害するので抵抗性ハダニにも優れた効果を発揮します。
- **卵から成虫まで、ハダニの全ステージにしっかり効く**
卵・幼虫・若虫・成虫とあらゆる生育ステージが混在して発生するハダニ類。全ステージに効くので、ハダニの様々な発生状況に対応できます。

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

 **日産化学工業株式会社**

商品に関する問い合わせは
農業化学品事業部 **03-3296-8141**

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1
<http://www.nissan-agro.net/>

チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

フェニックス®

®は登録商標



顆粒水和剤

68作物に登録。
幅広く使えて、効きめが長く続く!

フロアブル

果樹・茶のチョウ目害虫、
枝幹害虫の防除にも(ヒメボクトウ、フタモンマダラメイガ等)



日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号
ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>

- 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。
- 使用後の空容器・空袋等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

新発売

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル



🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)

【登録作物】

キャベツ、はくさい、ブロッコリー、レタス
非結球レタス、ほうれんそう、きゅうり、メロン
すいか、ミニトマト、たまねぎ、だいこん



HPはこちらから



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
☎(03)3245-6178 FAX(03)3245-6084
<http://www.nippon-soda.co.jp/hougyo/>



®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圃場などに放置せず、適切に処理してください。

ここから、ここ作物。



アグロカネショウの土壤消毒剤

で土壤を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壤病害・雑草防除に!

土壤センチウ防除に!



ネマキック®
粒剤



バスアミド®
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウ
の
土壤分析

化学性や生物性の土壤診断を行います。

土壤の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壤分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壤分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係
04-2944-1117

