

植物防疫

Plant Protection

7

2020
VOL.74



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



理想の水田管理を、 あなたに。

茎葉処理用

ロイヤント™ 乳剤

Rinskor™ active

水稲用除草剤

- すばやい効果発現
効果が早く現れるので、安心して他の作業に集中できます。
- 5葉期のノビエと大きな広葉雑草に優れた効果
散布適期の幅が広く、生育の進んだ雑草※を取りこぼしません。
- 散布2時間後の雨でも効果を発揮
もしもの雨でも再散布の必要がなく、計画通り作業を進められます。



※草種によって防除できる大きさは異なります。

湛水散布用

ウィードコア™ 1キロ粒剤

Rinskor™ active

水稲用除草剤

- すばやい効果発現
効果が早く現れるので、安心して他の作業に集中できます。
- 4葉期のノビエと大きな広葉雑草に優れた効果
散布適期の幅が広く、生育の進んだ雑草※を取りこぼしません。
- ノビエ、SU抵抗性を含む広葉雑草、
多年生雑草まで同時防除
圃場ごとに防除雑草がちがっても、この剤ひとつで防除できます。



新発売

無人航空機
に対応!

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

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイド® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジン® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ヒカット® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シュファイデン® 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

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

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

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

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/>

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

農薬概説 2020 7月10日発売予定

農薬概説 2020

一般社団法人 日本植物防疫協会

B5判, 価格:2,750円(税込)
送料サービス

只今, Webでご注文を
頂けるよう準備中

本書は、行政情報、農薬の安全性や適正使用、防除対象となる病害虫・雑草に関する基礎知識までを網羅した解説書です。

農薬管理指導士を目指す方はもちろんのこと、植物防疫に携わる指導者、生産者の皆様に最適な教科書です。

2020年版では、

- ・農薬取締法改正（令和2年4月施行まで）に伴う追加試験やリスク評価等について最新の内容に変更、使用者曝露や環境影響に関する解説も充実。
- ・「施用技術」では、施用に関する基礎的な内容を充実、散布機器の写真を掲載してより解りやすく内容を組替え。
- ・各章に収録している統計資料、データは最新に更新。

◆お問い合わせとご注文は下記にお願いします◆

〒114-0015 東京都北区中里2-28-10
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
問い合わせ先: Mail: order@jppa.or.jp
注文先: HP: <http://www.jppa.or.jp/>

目次

巻頭言

生物の生き残り戦略における多様性 内野 彰 1

研究報告

割れ粉がカスミカメ 2 種による斑点米被害に与える影響
— 広域リスク評価に向けた 8 品種の比較 — 田淵 研・櫻井民人 2

ホオズキのウイルス病の発生実態と弱毒ウイルスによる防除技術の開発 富高 保弘 8

トピックス

宮城県におけるフタオビコヤガの発生生態 横堀 亜弥 12

鹿児島県のアボカドに発生した害虫 西 菜穂子・宮路克彦 18

青森県のダイズにおけるダイズクキタマバエ (*Resseliella soya*) の発生 對馬 佑介 24

新技術解説

封筒法によるハダニ類の簡易な薬剤感受性検定 藤原 聡 29

ペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性検定法 湯谷 智・櫻井誠也・小原敏明 34

日植防シンポジウム

ツマジロクサヨトウの日本への侵入状況と生態 秋月 岳 40

植物防疫講座

病害編-31 *Ralstonia* 属細菌による病害の発生生態と防除 堀田 光生 44

虫害編-27 ダイズカメムシ類の発生生態と防除 遠藤 信幸 49

農薬編-30 核酸合成を阻害する殺菌剤—フェニルアミド殺菌剤・芳香族ヘテロ環・カルボン酸— 赤野 史岳 54

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 西日本農業研究センター
生産環境研究領域 病害管理グループ 川上 顕 59

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 十勝農業試験場
研究部 生産技術グループ 三宅 規文 60

農林水産省プレスリリース (2020.5.8~2020.6.5) 58

新しく登録された農薬 (2020.5.1~5.31) 61

登録が失効した農薬 (2020.5.1~5.31) 33

発生予察情報・特殊報 (2020.5.1~5.31) 61

【表紙写真】

上段：アカスジカスミカメ (左) とアカヒゲホソミドリカスミカメ (右)
下段左：ミナミアオカメムシ幼虫 (上) とダイズカメムシ類の加害による被害粒 (下)
下段右：ホオズキのウイルス感染様症状、葉のモザイク症状 (上) とがくのえそ症状 (下)

果樹・野菜の病害防除に**新戦力!**

攻守に優れた
ミラクルアシスト!!

殺菌剤

ファンタジスタ®

顆粒水和剤

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標



- 広範囲の病害に対して高い防除効果を示す総合殺菌剤です。
- 予防効果に加えて病斑進展阻止効果を有します。
- 各種作物への汚れや薬害発生リスクが少ない剤です。
- 葉の内部への浸達性、莖部から上位葉への浸透移行性を有します。
- 有用昆虫(天敵・訪花昆虫)への影響が少ない薬剤です。

大幅に
適用拡大!




適用拡大に
なった作物
(2018.2.28)

小粒核果類(うめ、あんず、すもも)、豆類(未成熟)、
はくさい、ブロッコリー、アスパラガス、ねぎ、にんじん 〈抜粋〉

ファンタジスタ普及会

日本曹達株式会社 クミアイ化学工業株式会社(事務局)


 巻頭言

生物の生き残り戦略における 多様性

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

うち
の
野

あきら
彰



私は1990年代半ばから除草剤抵抗性の研究を始め、10年ほど前から有機農業の雑草防除研究も行っている。基本的に水田雑草の防除研究にかかわってきたわけであるが、長く雑草防除にかかわってきて感じるのは雑草の「個体群」としての生命力の強さである。雑草は「個体群」として農耕地にしつこく生き残るが、個々の個体については意外と弱い。個としての雑草は環境ストレスに弱く、例えば研究のために雑草を育てようとするとなかなか難しい。人が育てるには作物のほうがよほど適しており、(主観ではあるが)雑草は作物よりよほど弱々しく、病気や虫に負けて枯れることがしばしばである。しかし個としてはさほど強くない雑草が、実際の農業場面では「個体群」として非常にやっかいものとなり、生産者にとっては悩みの種となる。

個体群としての雑草の強さは、その個体群が内包する多様性に由来する。つまりひとつひとつの雑草個体は抜き取ろうとすれば、容易に抜き取ることができる。しかしすぐに次の個体が生えてくる。あるいは作物の陰になって生き残る個体もある。個体群の中で出芽時期をずらすことにより、あるいは多様な環境下に生えることにより、ある個体が防除されても別の個体が生き残ることによって、集団としての生き残りを図ることができる。除草剤抵抗性の問題も同様で、除草剤抵抗性変異(抵抗性個体)は多様な自然変異の一つとして集団内に存在すると考えられている。抵抗性の問題は、もともとごく低頻度で存在していた抵抗性個体が、同一除草剤の連用によって特異的に増殖し、その結果、圃場内に蔓延して問題化したものと理解することができる。このように、個体群内に内在する多様性は雑草防除圧に対抗するための適応力の源となる。これは雑草に限らず、おそらく病原菌や害虫も同様で、生物の生存戦略としては普遍的なものであろう。

それでは個体群内の多様性の増加(=適応力の増加)は何に由来するのであろうか。一般論として、個体群内への自然変異の蓄積が多様性を増加させると考えられる。しかし、多様性の蓄積にはまず一定の集団サイズが必要となる。すなわち個体数の多さ、雑草の場合は埋土種子数(圃場内に生存する種子数)の多さが多様性の増加に必要となる。種子の多さが個体群の適応力を増すのだとすれば、防除面からすると種子は少ないほうがよい。収量に影響しないレベルであれば多少の雑草は許さ

れるという考え方や、たとえ大量の種子が生産されても翌年の除草剤で防除すれば問題ないという考え方もあるが、個体群としての適応力を考えると、やはり生産される雑草種子数は少なければ少ないほうがよい。除草剤抵抗性個体の存在確率を考えても、そもそも雑草種子が少なければ除草剤抵抗性個体が集団内に存在する可能性は極めて低くなる。かつては多くの農家が収穫前に当然のように「ヒエ抜き」という作業を行って、数本の雑草でも種子を落とさないように抜き取る厳密な管理を行っていた。こうした作業は、周囲の農家からの見映えを気にして行っている、という見方もあったのだろうが、種子を少しでも残さないという考え方は、雑草防除上は極めて理にかなったものであるといえる。

話は突然変わるが、次の本を紹介したい。米国で長年経営コンサルトを勤めてきた著者による「申し訳ない、御社をつぶしたのは私です。」(カレン・フェラン著、神崎朗子訳、大和文庫、2018年)という本で、日本では2014年に出版されたものが文庫化されている。本書は著者の経験も含めて、これまでに提案されてきた多くのビジネスモデルが、多数の企業にとって実は役に立たなかったことを、事例をあげながら紹介したものである。この中に以下のような記述がある。

「マイクロソフトもアップルもグーグルも、業界の将来を予測することではなく、さまざまなビジネスチャンスを見出し、それをものにしたからこそ、マーケットリーダーになれたのだ。つまりあなたの会社が成功するには、競合他社には張り切って戦略計画を策定・実行してもらい、自分たちは大きなチャンスが訪れるのを虎視眈々と狙っているのがよいということになる。」

この部分は、役に立つかわからない戦略計画の策定・実行に集中するよりも、多様なビジネスチャンスへの対応力を鍛えておくことが生き残りに重要なのだ、ということを行っているのであるが、これはまさに生物の生存戦略と共通するように思える。もちろんビジネスと生物の生き残り戦略は全く同じではないだろう。また、研究においても同じようにはいかないのかもしれない。しかし生物の生き残り戦略に接すると、研究場面においても、組織として、個人として、その多様性を維持することが大切なのではないかと感じる。

(日本雑草学会 会長)

研究 報告

割れ粃がカスミカメ 2 種による斑点米被害に 与える影響

—広域リスク評価に向けた 8 品種の比較—

農研機構東北農業研究センター 田 潤 研
農研機構中央農業研究センター さくら 井 民 人

はじめに

水稲子実を加害するカメムシ類は 65 種が知られ（川村, 1993）、粃の頂部や側部等を吸汁して玄米に部分着色粒を産出する被害を起こす（以下、斑点米被害もしくは被害と記す）。斑点米カメムシ類が 1999～2001 年に全国的に多発して以降、各都道府県による警報の発表は徐々に少なくなっているものの、注意報の発表は増減しながら同じ程度の水準で推移している（図-1）。斑点米カメムシ類は未だに被害面積が最大の水稲害虫として知られ（農林水産省, 2019）、被害が常態化している。

これまでの研究から、斑点米被害に影響する要因については数多くの知見が蓄積されており、水田内外の生物的・非生物的的要因によるものが整理されている（田潤ら, 2015）。水田内の生物的的要因のうち、イネの形質によって左右される要因の一つが割れ粃である。割れ粃は主要加害種のうちカスミカメ 2 種（アカスジカスミカメ

Stenotus rubrovittatus・アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium*（カメムシ目：カスミカメムシ科）による被害、特に玄米の側部被害を助長する（宮田, 1991；米沢ら, 2005）。割れ粃は出穂期前後の気象条件の影響を強く受け、幼穂形成期の低温と出穂期後の高日照や高温によって助長される（中島ら, 2012）。水稲は品種ごとに割れ粃発生程度が異なることが経験的に知られており、単一自治体内で複数品種・育成系統を対象とした割れ粃率と被害の発生状況比較が行われてきた（大場・小野, 2004；田村ら, 2017）。しかしながら多数の品種を扱った一般的な傾向の検討はまれである（例えば、上野, 2004）。作付け品種が異なる自治体間、または同一地域内で複数品種を栽培している場合には、品種の違いによって被害発生程度が異なることが予想される。しかしながら現状では複数品種間の被害発生程度の比較や評価が困難であり、これまでに得られた知見は乏しい。

また、斑点米被害を起こす種についても発生状況に対

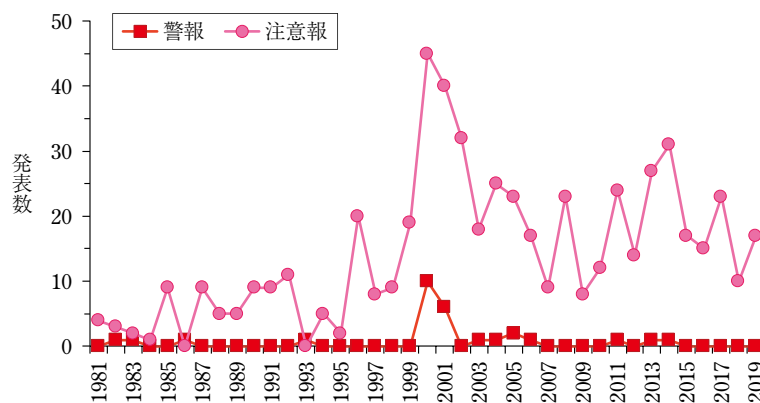


図-1 斑点米カメムシ類に対する注意報・警報の発表数の推移
(JPP-NET のデータより作成)

Relationship between the Occurrence of Split-hull Paddies and Incidence of Pecky Rice Damage Caused by Adults of Two Mirid Pests. By Ken TABUCHI and Tamito SAKURAI

(キーワード：広域害虫管理, 斑点米, 水稲害虫, 割れ粃, 品種間差)

応した検討が必要である。北陸・東北地方のうち、日本海側地域においては加害主体がアカヒゲホソミドリカスミカメからアカスジカスミカメに置き換わる、もしくは両種が混発してイネへの加害主体となっている地域が多い(田淵ら, 2015; 樋口ら, 2019)。一方、関東・東北地方の太平洋側ではアカヒゲホソミドリカスミカメが分布しているにもかかわらず、その加害主体はアカスジカスミカメである(田淵ら, 2015; TABUCHI et al., 2017)。

これらの加害主体の変化や品種の違いに対応し、被害発生の可能性を評価することができれば、農薬散布回数の削減や防除労力の適切な配分によって栽培にかかるコストを下げることや環境への負荷を軽減することが可能になると期待される。割れ糶率を使って斑点米被害リスクを評価できれば、殺虫剤散布回数を品種ごとに設定するための有力な指標となるが、多数の品種を扱った割れ糶率と斑点米被害の関係は過去に検討されていない。

そこで本稿では関東、北陸、東北地域で栽培される8品種を用いて斑点米を起こすカスミカメ2種の室内放飼試験を行い、共通した条件において品種に関係なく斑点米被害と割れ糶率に関連があるかどうか検討した田淵・櫻井(2019)を中心とした内容を解説する。

本研究の一部は食料生産地域再生のための先端技術展開事業「復旧水田における先端技術導入による水田営農の高度安定化に向けた実証研究」により行われた。また、本稿を作成するにあたり、JSPS 科研費 16H05061 の助成を受けた。

I 割れ糶の広域的な予測の可能性と 局所要因による影響

割れ糶はカスミカメムシ類による斑点米被害を左右する要因として、特に割れ糶の多い品種を栽培する北日本地域において重要視されてきた。割れ糶は品種ごとに出やすさが異なることが知られ、品種特性として‘あきたこまち’は‘コシヒカリ’や‘ひとめぼれ’、‘はえぬき’、‘ササニシキ’より割れ糶発生率が高いことが複数報告されている(小嶋・小松, 2003; 田淵ら, 2015)。割れ糶の発生は広域的な要因として出穂期前後の気象条件(松浦・岩田, 1968; 浜名, 1987)、局所的な要因として圃場の土中の可給態ケイ酸含量(小嶋・小松, 2003)などによってばらつきが出るが知られる。

アカヒゲホソミドリカスミカメでは、フェロモントラップの誘殺数に割れ糶率を加えることで本種の要防除水準が策定され(高橋ら, 2012)、中島ら(2012)は‘てんたかく’を栽培する富山県の延べ46筆の圃場において幼穂形成期の気温と出穂後の全天日射量から重回帰分析に

よって割れ糶率の予測式を作成した。これは単一品種、一地域のみ結果を用いたものであり、多品種においても同様の関係があるかどうかを検証することで、広域的・面的な斑点米リスクの評価に用いることができるかもしれない。

一方、局所的に割れ糶を左右する要因としては、土壌中の可給態ケイ酸含量(小嶋・小松, 2003)の影響が知られている。これに関連して、個別圃場に特有の要因が割れ糶に影響することが我々の調査から明らかとなっている。宮城県と岩手県の4地点において‘ひとめぼれ’栽培圃場を対象として当年と前年の割れ糶率を調査した結果、当年の割れ糶率は前年の割れ糶率と正の関係があることが明らかとなった(図-2: LMM, $p < 0.001$)。調査した4地点では2~5 km 四方の範囲内において複数地点で割れ糶率を調査しており、この結果は局所的な土壌の性質や施肥等の土壌管理によって割れ糶率が一定程度影響を受けていることを示している。割れ糶率の低い水田土壌の条件を解明することで割れ糶率を減らし、斑点米被害を軽減する技術として応用ができるかもしれない。

なお、今回の4地点のデータを中島ら(2012)の予測式に当てはめたところ、予測値と実測値には大きな隔たりがあった(図-3)。また、4地点における割れ糶率に対し、幼穂形成期の気温、全天日射量を説明変数とし、年と地域を変量効果にした解析を行うと、両変数ともこの地域の割れ糶率に影響していなかった(LMM, 幼穂形成期の気温: $p = 0.948$, 全天日射量: $p = 0.746$)。今回の4地点ではメッシュ気象データシステムを利用して幼穂形成期と全天日射量を算出したが、それぞれの地点

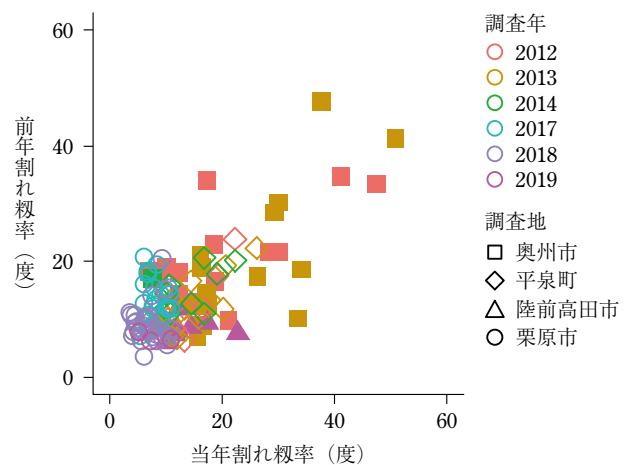


図-2 宮城県と岩手県における‘ひとめぼれ’の当年と前年の割れ糶率 (LMM, $p < 0.001$, 条件付き $R_{GLMM}^2 = 0.588$)。割れ糶率は角変換した値。宮城県栗原市 (2016~18, $n = 56$)、岩手県奥州市前沢 (2011~14, $n = 31$)、平泉町 (2011~14, $n = 29$)、陸前高田市 (2018~19, $n = 7$) のデータを示す。

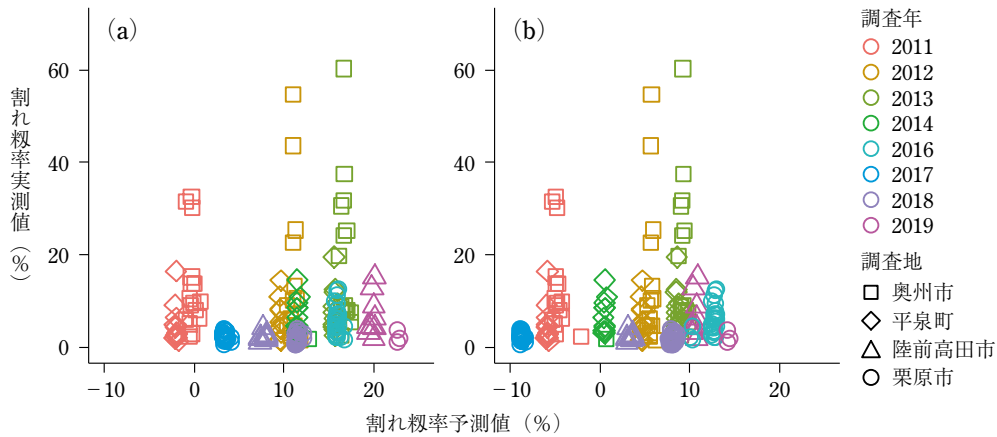


図-3 宮城県と岩手県における‘ひとめぼれ’に対する割れ籾率予測式（中島ら，2012）の当てはめ結果 (a) 幼穂形成期の気温 (X_1) を用いた割れ籾率 (Y) 予測式 ($Y = 89.06 - 3.40 X_1$) の結果. (b) 幼穂形成期の気温と全天日射量 (X_2) を用いた割れ籾率予測式 ($Y = 40.02 - 2.30 X_1 + 0.57 X_2$) の結果. 宮城県栗原市 (2016~19, $n = 95$), 岩手県奥州市前沢 (2011~14, $n = 48$), 平泉町 (2011~14, $n = 49$), 陸前高田市 (2018~19, $n = 18$) のデータを示す. 幼穂形成期の気温と全天日射量は農研機構メッシュ農業気象データを用いて算出した.

内での圃場間の距離が 400~600 m 程度で気象要因にばらつきが少なく、また割れ籾率も奥州市 14.8%，平泉町 6.3%，陸前高田市 4.5%，栗原市 2.9%と、奥州市以外では割れ籾率がそれほど高くなかったことでうまく当てはまらなかったことが推察される。割れ籾はカスミカメシ類による斑点米被害を助長する重要な要因であり、中島ら (2012) で検討された要因を含め、品種を超えた割れ籾率に関する一般的な予測式や要因群の特定が望まれる。ある程度の精度を持った予測式が提案されれば、これを面的に視覚化することで斑点米被害のリスク評価に応用可能かもしれない。

II 8 品種の水稻における割れ籾率とカスミカメ 2 種による被害調査

関東、北陸、東北地域で栽培される 8 品種（‘コシヒカリ’、‘ひとめぼれ’、‘あきたこまち’、‘はえぬき’、‘つがるロマン’、‘ササニシキ’、‘むつほまれ’、‘ゆめあかり’）を温室内でポット栽培し、ポリエステル製円筒容器で覆った出穂 20~22 日後のイネの穂にアカスジカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメそれぞれ雄雌 1 対の成虫を放飼して 3 日間加害させた。放飼試験に際し、割れ籾を誘発するために減数分裂期から出穂直前までを低温処理 (20℃) した区 (以下、割れ籾多発区)、割れ籾を抑制するため同時期に高温処理 (外気温 + 2℃) をした区 (以下、割れ籾少発区) を設定し、各区の各品種でバケツ 3 個ずつ、3 反復となるよう栽培した。

割れ籾多発区と少発区で 8 品種の割れ籾率を比較すると、非常に大きな違いがあった (図-4)。多発区では割

れ籾率の平均値が 45~84%と、野外でまれに見られる程度の高い割れ籾率であり、既知見で割れ籾の起こりにくいことで知られる‘コシヒカリ’や‘ひとめぼれ’でもそれぞれ平均で 45.8%，51.4%の割れ籾率だった。一方、少発区では 0.3~1.9%と低く、すべての品種においてばらつきが少ない状況だった。

この条件下で、斑点米被害率に影響する要因として割れ籾率と「カスミカメ」種、その交互作用を解析して AICc によるモデル選択を行った結果、割れ籾率のみが斑点米率に影響した。割れ籾程度が甚発生と少発生の 2 条件で中発生のイネが少なかった点を考慮する必要があるが、本研究で扱った 8 品種については品種にかかわらず割れ籾率と斑点米被害には正の関係が見られた (表-1, 図-5)。

斑点米被害のうち頂部被害のみで解析を行うと、最適モデルにはいずれの要因も選択されず、割れ籾率と斑点米被害の関係は不明瞭だった (表-1, 図-5)。一方、側部被害のみの解析結果は被害率全体の解析と同様の結果を示し、最適モデルに割れ籾率のみが選択された (一般線形混合モデル (以下、LMM), $p < 0.001$)。

さらに本研究では最適モデルで放飼試験に供試したカスミカメ 2 種の加害程度に統計的な有意差が認められず、2 種成虫の加害能力が同程度であることが示された (表-1)。

本研究で扱ったカスミカメ 2 種の加害能力については、両者の加害能力に差がない (永野, 1990)、またアカヒゲホソミドリカスミカメよりアカスジカスミカメの加害能力が高い (田中・小嶋, 2003) という報告がある。

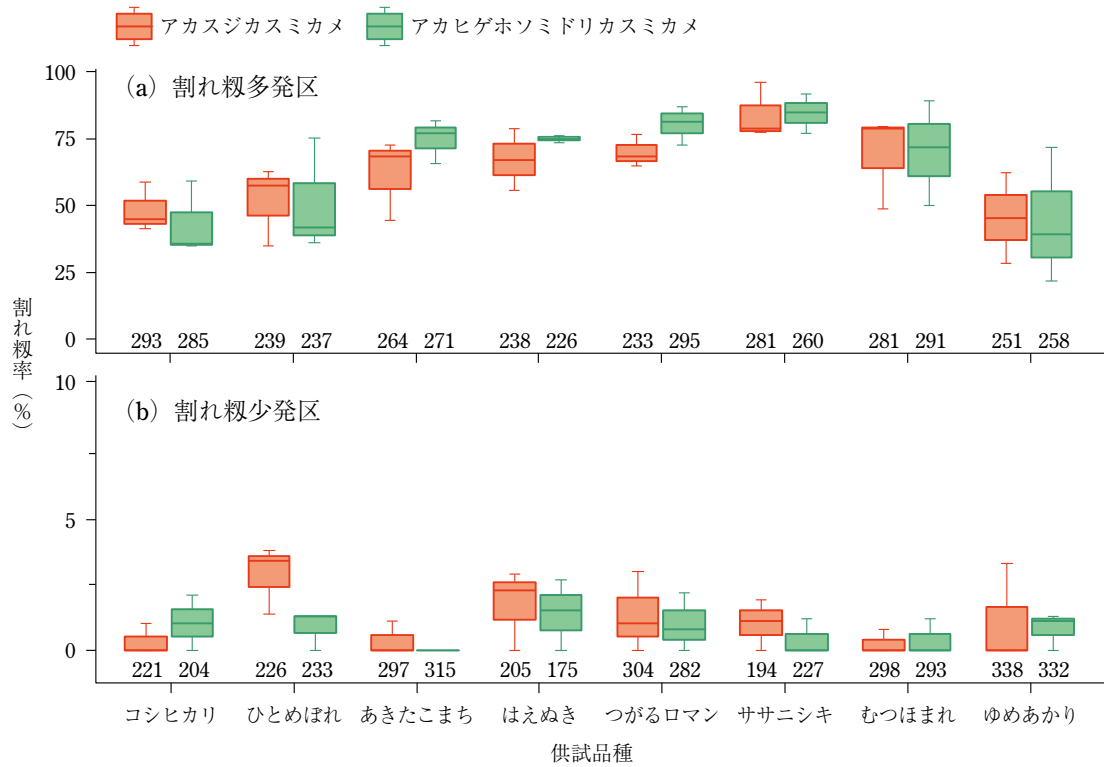


図-4 割れ糶多発区 (a) と少発区 (b) における水稲8品種の割れ糶率 (田淵・櫻井, 2019 を改変)
 箱ひげ図では箱中の横線が中央値, 箱の下端が第一四分位 (25%), 箱の上端が第三四分位 (75%), ひげの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値および最小値を表す。図中の数字は供試した糶数。

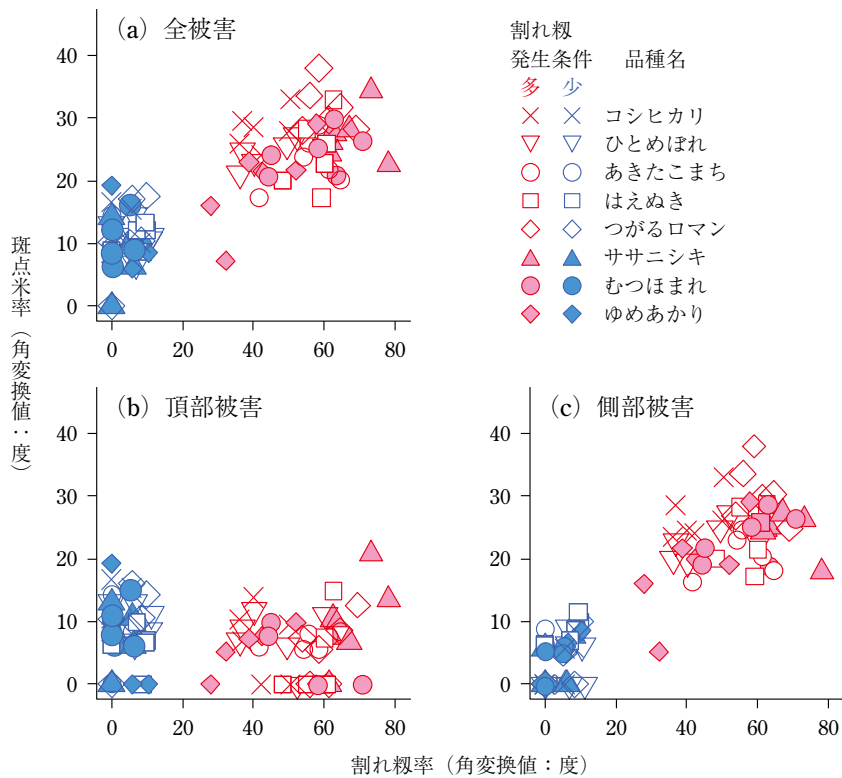


図-5 水稲8品種の割れ糶率と斑点米率との関係 (田淵・櫻井, 2019 を改変)
 (a) 全斑点米被害率, (b) 頂部斑点米被害率, (c) 側部斑点米被害率. 割れ糶率と斑点米率は角変換した値. 斑点米率はカスミカメ2種のデータ. 割れ糶の高発生条件では, 割れ糶を誘発するために減数分裂期から出穂直前までポット栽培したイネを20℃一定で低温処理し, 低発生条件では同時期に外気温+2℃で高温処理した。

表-1 斑点米被害 ((a) 全斑点米被害, (b) 頂部斑点米被害, (c) 側部斑点米被害) に影響する説明変数にカスミカメ種, 割れ籾率¹と交互作用を検討した一般線形混合モデルの結果^{2,3,4} (田淵・櫻井, 2019を改変)

応答変数	説明変数	DF	尤度比カイ 二乗統計量	p 値	条件付き R^2_{GLMM}
(a) 全斑点米被害	割れ籾率	1	23.86	< 0.001	0.74
(c) 側部斑点米被害	割れ籾率	1	20.33	< 0.001	0.84

¹ 角変換した値を用いた。

² 修正済み赤池情報量基準 (AICc) による最適モデルを示した。

³ (b) 頂部加害については最適モデルにどの説明変数も選択されなかったため記述していない。

⁴ イネ品種と試験区 (栽培条件) は変量効果とした。

両報告とも統計的な解析を行っていないため判断は難しいが, 本研究結果も考慮して総合的に判断すると, 少なくとも2種の成虫に明瞭な加害能力の違いがあることは考えにくい。

今回の結果より, ①イネ品種にかかわらず割れ籾と斑点米被害に正の関係があったこと, ②カスミカメ2種の加害能力が同程度であることが示された。このことから, 作付品種が異なる場合や加害主体となるカスミカメ種が異なる, もしくは2種が混発する場合にもカメムシ発生量が同程度の条件下では割れ籾率を利用して潜在的な被害を相対的に比較可能で, 広域での予測に応用できる可能性が示唆された。TABUCHI et al. (2017) ではアカスジカスミカメが加害主体の‘ひとめぼれ’作付地域で斑点米カメムシ防除が1回条件の地域を対象として, 成虫発生量を調べることなく作付状況などの土地利用情報のみを用いた斑点米被害予測モデルから被害発生程度を推定し, ハザードマップとして視覚化している。このモデルを‘ひとめぼれ’以外の品種作付地域に外挿する際, 本研究の知見は重要な科学的根拠として利用可能である。すなわち, ‘ひとめぼれ’の平均的な割れ籾率と外挿地域の主要作付品種の割れ籾率の違いを元に被害発生程度を補正することで, その地域における品種の違いを超えてハザードマップが作成可能になるだろう。‘ひとめぼれ’は割れ籾率が比較的低い品種であるが, 特に東北地域では割れ籾率の高い品種を作付けしている地域が多いため, 上記の被害予測モデルの外挿時に補正が必要になることが予想される。TABUCHI et al. (2017) の‘ひとめぼれ’の割れ籾率平均は15.1% (角変換後は21.1%) であり, この値を基準にして被害予測モデルを外挿する地域の被害推定の補正をすることが現実的であろう。もしくは保守的に捉えるなら割れ籾率が15.1%より低い場合にはそのまま当てはめても実務上不利になることは少ないだろう。

これらのことから, 地域や県等をまたいで広域で作付けされるイネ品種について, また同一地域内で複数品種を栽培する営農法人などの経営体においても潜在的な被害発生可能性の評価が可能になる地域が増えるだろう。

おわりに

本報告の調査方法や結果には限界も存在し, 今後検討されるべき点もいくつかある。今回は特定の温度条件でポット栽培したイネを用い, 害虫密度を一定とした室内試験の結果であり, 野外条件での被害は気象条件や害虫密度によって変動する。

また, 野外におけるアカスジカスミカメとアカヒゲホソミドリカスミカメでは加害する発育ステージに違いがあり, 単純には2種を同等に扱えないことも考えられる。アカスジカスミカメは加害主体が成虫にほぼ限られてイネへの産卵はまれにしか見られない (NAGASAWA et al., 2012; 武田, 2016) のに対し, アカヒゲホソミドリカスミカメでは水田に侵入した成虫がイネに産卵し, 成・幼虫が被害に影響し (石本, 2004; 石本・永瀬, 2005; 新山, 2009), 割れ籾が水田内の幼虫生存率と斑点米被害と関係する (石本, 2007)。本研究では成虫の被害のみを調査したため, アカヒゲホソミドリカスミカメによる被害については今後, 成・幼虫の加害能力の違いについて比較検討すべきである。

頂部被害についてはカメムシ種, イネ品種ともに影響しないことが示された。本研究ではカメムシ密度一定条件下, かつ出穂後の日数をそろえているが, 頂部被害のばらつき要因については, カメムシ密度や玄米の登熟程度, カメムシによる加害時期が関係していると考えられる (奥山・井上, 1974; 宮田, 1992; 武田・清水, 2009)。これまでの割れ籾率を用いた被害程度の評価は側部被害によるものが中心である (田村ら, 2017)。割れ籾発生が少ない品種では斑点米被害のうち頂部被害の割合が非

常に高く、この被害を左右する要因を特定し、予測できれば被害リスク評価が大きく進むと考えられる。割れ糶率が低い場合の頂部被害の多寡や、頂部被害が斑点米被害の主体となる場合の被害については、本研究で扱っていない品種の抵抗性(杉浦ら, 2017)や品種の選好性、出穂の早晩性といった要因群の検討も必要になるだろう。例えば品種抵抗性については、水稻の200品種以上を用いた試験から‘密陽44号’や‘CRR-99-95W’はクモヘリカメムシやミナミアオカメムシの被害を受けにくく(杉浦ら, 2017)、その原因は糶の硬度に寄ることが知られている(中村ら, 2017)。また、出穂の早晩性についてアカヒゲホソミドリカスミカメの水田への侵入は栽培面積が小さく、出穂期が早い品種に集中しやすく、成虫数の品種間差異が生じやすい(石本, 2004)ことも報告されている。

本報告では品種を超えて割れ糶率が斑点米被害に影響するのかどうかを検証し、単一品種(‘ひとめぼれ’)でのみ示されていた、割れ糶と斑点米被害の関係に共通した傾向があることを解明した。このため、本成果を活用することによって、各地域で栽培されている品種の割れ糶率から斑点米被害リスクが評価でき、殺虫剤散布回数を適切に設定することが可能になるものと期待できる。今後、気象条件を用いた割れ糶発生やカスミカメ2種の発生量予測等を組み入れることで斑点米被害予測や被害発生リスク評価の高度化が図られるだろう。

引用文献

- 1) 浜名光衛 (1987): 福島農試報 26: 22~32.
- 2) 樋口博也ら (2019): カメムシによる斑点米をふせぐ, 農林統計出版, 東京, 83 pp.
- 3) 石本万寿広 (2004): 応動昆 48: 79~85.
- 4) ————— (2007): 同上 51: 107~114.
- 5) —————・永瀬 淳 (2005): 北陸病虫研報 54: 29~38.
- 6) 川村 満 (1993): 日本原色カメムシ図鑑, 全国農村教育協会, 東京, p.269~286.
- 7) 小嶋俊彦・小松茂雄 (2003): 関西病虫研報 45: 41~42.
- 8) 米沢 悟ら (2005): 北日本病虫研報 56: 99~101.
- 9) 松浦欣哉・岩田忠寿 (1968): 日作北陸会報 4: 1~4.
- 10) 宮田将秀 (1991): 北日本病虫研報 42: 106~108.
- 11) ————— (1992): 同上 43: 93~95.
- 12) 永野敏光 (1990): 同上 41: 125~126.
- 13) NAGASAWA, A. et al. (2012): Appl. Entomol. Zool. 47: 331~339.
- 14) 中島具子ら (2012): 植物防疫 66: 423~426.
- 15) 中村 充ら (2017): 育種学研究 19: 145~154.
- 16) 新山徳光 (2009): 秋田農試研報 49: 147~180.
- 17) 農林水産省 (2019): http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html
- 18) 奥山七郎・井上 寿 (1974): 北海道農試報 30: 85~94.
- 19) 大場淳司・小野 亨 (2004): 北日本病虫研報 55: 122~124.
- 20) 杉浦和彦ら (2017): 育種学研究 19: 1~7.
- 21) 田淵 研・櫻井民人 (2019): 応動昆 63: 181~188.
- 22) TABUCHI, K. et al. (2017): Agric., Ecosyst. Environ. 249: 4~11.
- 23) 田淵 研ら (2015): 東北農研研報 117: 63~115.
- 24) 高橋明彦ら (2012): 植物防疫 66: 419~422.
- 25) 武田 藍 (2016): 千葉農林研特報 7: 55~99.
- 26) —————・清水喜一 (2009): 関東東山病虫研報 56: 85~87.
- 27) 田村恵里佳ら (2017): 北日本病虫研報 68: 144~149.
- 28) 田中 豊・小嶋俊彦 (2003): 滋賀農総セ農試研報 43: 98~107.
- 29) 上野 清 (2004): 山形農事研報 37: 53~78.



ホオズキのウイルス病の発生実態と弱毒ウイルスによる防除技術の開発

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 とみ 富 たか 高 やす 保 ひろ 弘
九州沖縄農業研究センター

はじめに

ホオズキは古来より我が国の伝統作物として栽培されており、夏の風物詩として根強い人気を博している。ホオズキはおおむね2~3月に定植、7~8月に収穫されて出荷される。収穫時期に合わせて日本各地でホオズキ市が開催され、なかでも7月初旬に東京の浅草で開催されるホオズキ市は江戸時代から続く伝統行事であり毎年60万人もの人出でにぎわいを見せている。切り花用のホオズキは、大分県が全国一の生産量を誇り、次いで宮崎県、佐賀県、静岡県等と続き、近年では全国的に生産量および作付面積ともに増加傾向にある。

ホオズキは、種子を用いた実生栽培または地下茎を用いた栄養繁殖で栽培されるが、作付け後の樹勢が活発になる等の生育的観点から、栄養繁殖体を用いた栽培体系が主流となっている。しかし栄養繁殖栽培の場合、いったんウイルス病が発生すると病原ウイルスが苗を通じて後代まで伝染し、慢性的な病害の発生等により生産量が低下する。さらに、ハサミを用いた栽培管理作業によってウイルスが感染植物から健全植物へと感染拡大し、それらのことから安定生産が脅かされている。これまでに、ホオズキの病原ウイルスとして、キュウリモザイクウイルス (cucumber mosaic virus ; CMV)、タバコ微斑モザイクウイルス (tobacco mild green mosaic virus ; TMGMV) およびトマトモザイクウイルス (tomato mosaic virus ; ToMV) が報告されている (日本植物病理学会, 2000)。ホオズキ産地では、それらのウイルスが単独あるいは重複感染してモザイク病やえそモザイク病が引き起こされていると推察されるが、これまでにそれらウイルスの発生実態に関する詳細な調査は実施されていない。

植物にあらかじめ病原性を低下させた弱毒ウイルスを接種しておく、同種や近縁のウイルスの感染や増殖が

阻害される現象 (干渉効果) が知られている。そのため、弱毒ウイルス (ワクチン) は、ウイルス病の防除において重要な手段となっている。これまでにズッキーニ黄斑モザイクウイルスの弱毒株を主成分としたワクチン製剤 (キュービオ ZY-02) が微生物農薬として登録され、全国のキュウリ産地で普及が図られている (KOSAKA et al., 2006)。一方、平成25年の農薬取締法の改正により、弱毒ウイルスがあらかじめ接種されている苗はウイルスに対して先天的な抵抗性形質を有している「品種」と見なされるようになった。そのため、弱毒ウイルス接種苗は農薬取締法による規制を受けることなく慣行栽培できるようになった。弱毒ウイルスを処理した苗の利用は、ホオズキのような栄養繁殖のマイナー作物にとって、省力性および経済性の観点から有益であると考えられる。すなわち、マイナー作物は生産量や栽培面積が小さいため、新たに防除資材が開発されても生産コストが増加することからその使用は難しい。また、ピーマンやトマトではTMGMVやToMVに対する抵抗性遺伝子の *L* や *Tm* が栽培品種に導入されているが、残念ながらホオズキでは野生種含めウイルス抵抗性遺伝子は全く見出されていない。そのため、防除は労力を要する土壌くん蒸消毒や薬剤散布による媒介虫防除に依存している。さらに、ホオズキは主として生産者の高齢化が著しい中山間地域が主産地であることから、手間を必要としない病害に強い品種の利用等より省力的な栽培 (防除) 技術の確立が望まれている。このような背景から、筆者らは、ホオズキに病害を引き起こす主要な病原ウイルスを明らかにするとともに、それらの弱毒ウイルスを開発、利用してウイルス病の防除技術体系を構築した。そこで本稿では、それら新規開発した弱毒ウイルスの試験結果ならびにそれら技術の中核とする防除マニュアルについて紹介する。なお、本研究は平成27年度農業水産業・食品産業科学技術研究推進事業 (課題番号 27023C) で実施された。

I ホオズキのウイルス病の発生実態

ホオズキ生産において大分県および宮崎県は国内上位

Current Status of the Occurrence of the Viral Disease on *Physalis alkekengi* and Its Control Measure by Using Attenuated Viruses.
By Yasuhiro TOMITAKA

(キーワード: ナス科, トバモウイルス, ワクチン)

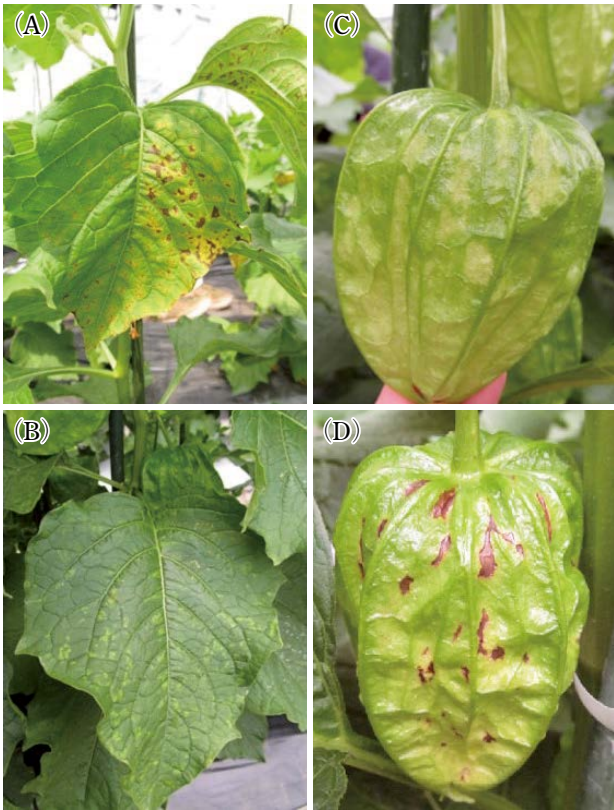


図-1 ホオズキの栽培圃場で認められたウイルス感染様症状
(A)葉のえそモザイク症状、(B)葉のモザイク症状、(C)がくのモザイク症状、(D)がくのえそ症状。

を誇っている。ところが、それらの県において2000年代ころからえそ症状やモザイク症状を呈するウイルス病害が発生し、経済的な被害が生じるようになった。先述したように、ホオズキ栽培は主に栄養繁殖であるためいったんウイルスが感染すると次世代にまで容易に伝染し、被害が常態化するために防除が困難となっている。岡本ら(2003)は、大分県のホオズキのえそ症状株からTMGMVが見いだされることを報告した。しかし、健全ホオズキへの戻し接種が未了であったことから、現地で認められる激しいえそ症状とウイルス感染との関係性が不明確のままであった。そこで筆者らは、大分県および宮崎県のホオズキ産地におけるTMGMV、ToMVおよびCMV等の発生状況を調査した。両県の産地で栽培されているホオズキの発病調査では、葉やがく等にモザイク症状やえそモザイク症状等様々なウイルス感染様症状が認められた(図-1)。そこで、それら試料から全RNAを抽出し、TMGMV、ToMVおよびCMVに特異的なプライマーによりRT-PCR検定を実施した。その結果、それらの症状を示す試料から、TMGMVの単独感染、ToMVの単独感染およびTMGMVとToMVの重複感染の三様の発生実態が判明した。また、他のウイルス種の

表-1 ウイルス感染様症状を示すホオズキから検出されたウイルス種

検出されたウイルス	ホオズキの症状		
	モザイク	えそ	えそモザイク
TMGMV	31	109	61
ToMV	0	1	0
TMGMV および ToMV	3	9	3

米田(2017)より改変して引用。
表中の数字は株数を示す。

感染の可能性を探るため、典型的な症状を示す葉から抽出した全RNAを用いて次世代シーケンサーで網羅的なウイルス配列の探索も行ったが、CMVを含むその他のウイルス種は全く検出されなかった。そこで次に、TMGMV および ToMV の病原性を確認するため、各々のウイルス分離株を健全ホオズキに戻し接種したところ、モザイクやえそ症状等の原病徴が再現された。したがって、それらのウイルスが感染することにより、生産圃場で認められる病害が発生すると結論付けた。これらの結果から、調査したホオズキ産地における主要なウイルス種はTMGMVとToMVであることが明らかとなった(表-1)(米田ら, 2017)。なお、それらホオズキの特定の症状と検出されたウイルス種との間に明確な相関関係は見出せなかった。

次に、それらウイルス種の地理的な分布状況を調べたところ、産地あるいは圃場によって発生しているウイルス種の構成が固定的であることが分かった。TMGMV および ToMV は、いずれも *Virgaviridae* 科 *Tobamovirus* 属のウイルスであり、種子、土壌およびハサミを用いた管理作業等の接触によって伝染することが知られている(日比・大木, 2015)。一方、ホオズキの苗は産地あるいは生産者ごとに選抜、維持されており、地域間での苗の授受が比較的少ない。そのため、種子あるいは苗によっていったん圃場に侵入したウイルスは、そこで土壌伝染や接触伝染を繰り返すことにより感染ウイルスの構成が定常化されたものと考えられた。

そのことから、弱毒ウイルスを用いた防除体系を開発するためには、事前に産地ごとに感染しているウイルス種とその構成を明らかにし、圃場の実態に合わせた弱毒ウイルス種を選定する必要があると考えられた。

II ホオズキのモザイクおよびえそモザイク病に対するTMGMV および ToMV 弱毒株の防除効果

我が国では古くから弱毒ウイルスに関する研究が精力的に行われ、トマトのモザイク病に対する弱毒ウイルス

株 (ToMV-L11A) に代表されるように、様々なウイルス種で弱毒株が実用化されてきた (後藤・根本, 1971; 亀谷ら, 1992; SAYAMA et al., 1993)。そこで、ホオズキにおいて検出された TMGMV および ToMV についても弱毒ウイルスを作出し、それらを用いてモザイク病やえそモザイク病が発生する産地においてそれらの防除効果を評価した。TMGMV の弱毒株 (TMGMV-No.4) は、トウガラシから分離された TMGMV の精製粒子を亜硝酸ナトリウムで処理したのち、*Nicotiana glutinosa* および *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi nc を用いた単一病斑分離の工程を複数回繰り返すことで作出した。一方、ToMV 弱毒株 (ToMV-L11A) は、農業・食品産業技術総合研究機構が保有する ToMV 弱毒株の中から新たに選抜した。

ホオズキの弱毒ウイルス接種苗は以下の方法で準備した。乾熱滅菌したホオズキの種子をセルトレイに播種し (米田ら, 2018)、発芽した苗に弱毒ウイルスを接種 (TMGMV-No.4 を単独接種, ToMV-L11A を単独接種, または TMGMV-No.4 と ToMV-L11A を混合接種) した。その後、順調に生育した苗を親株とし、そこから採取した地下茎を弱毒ウイルス接種苗として栽培した。

まず初めに、TMGMV の単独汚染圃場において弱毒ウイルスの防除効果を調べた。その結果、栽培苗のえそ症状発生株率は、無接種区が 25.9%、ToMV-L11A 区が 11.7%であったが、TMGMV-No.4 区はモザイクおよびえそ症状は確認されなかった (図-2A)。これらの結果から、TMGMV-No.4 は TMGMV 強毒株に対する高い防除効果を示すことが明らかになった。一方、ToMV-L11A 区でも無接種区と比較して発病抑制効果が認められたが、それは TMGMV-No.4 区よりも劣った (米田ら, 2019)。この現象は、ToMV が近縁種の TMGMV に対して一定

程度の干渉効果を示すが、それは TMGMV-No.4 のような完全な効果ではないことを示唆した。

次に、TMGMV と ToMV の両方に汚染されている圃場において弱毒株の発病抑制効果を評価した。その結果、栽培苗の発病株率は、無接種区では 16.7%であったが、TMGMV-No.4 と ToMV-L11A の両方を接種した区では 0%であった (図-2B)。したがって、TMGMV と ToMV の両ウイルスが混発している圃場では、TMGMV-No.4 および ToMV-L11A の二つの弱毒ウイルスを処理することにより安定的な生産に結びつくことが示された (米田ら, 2019; 白井ら, 2019)。

最後に、試験した各々の圃場から収穫されたホオズキの品質を調査した。その結果、TMGMV 単独汚染圃場で得られた収穫物の優品以上の割合は、無接種区は 73.3%、TMGMV-No.4 区は 96.7%、ToMV-L11A 区は 70.0%であった (図-3A)。TMGMV および ToMV の混発圃場では、秀品以上の上位等級率は無接種区と比較して弱毒接種区が高く、特に「特秀」だけを比較すると弱毒ウイルス接種区は無接種区の二倍以上の収穫率を示した (図-3B)。弱毒ウイルス接種による経済形質への影響調査では、これまでにピーマンにおいて可販果実の数やそれらの品質が向上することが報告されている (OGAI et al., 2013)。本研究においてホオズキのような花き作物においても同様に弱毒ウイルス接種による品質の向上が認められ、その有用性が確認された。

III ホオズキのウイルス病防除マニュアル

今回調査した産地でのホオズキのモザイク病やえそモザイク病の病原ウイルスは TMGMV および ToMV であり、圃場で認められるウイルス種と同種の弱毒ウイルス

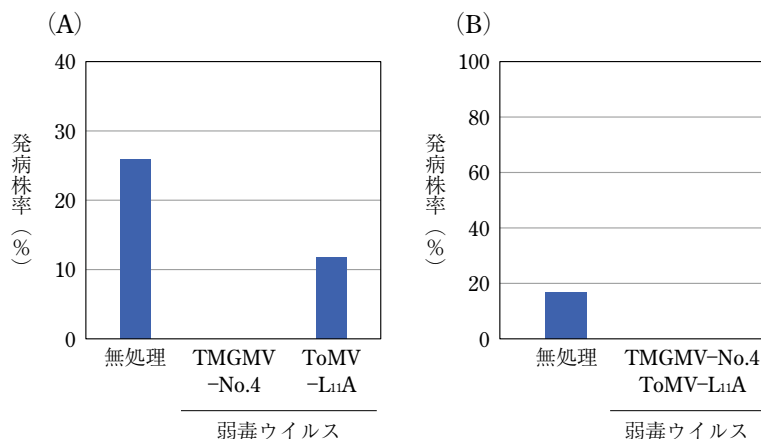


図-2 ホオズキ圃場における弱毒ウイルス接種株の発病抑制効果
(A) タバコ微斑モザイクウイルス (TMGMV) の単独汚染圃場, (B) TMGMV およびトマトモザイクウイルス (ToMV) の重複汚染圃場。

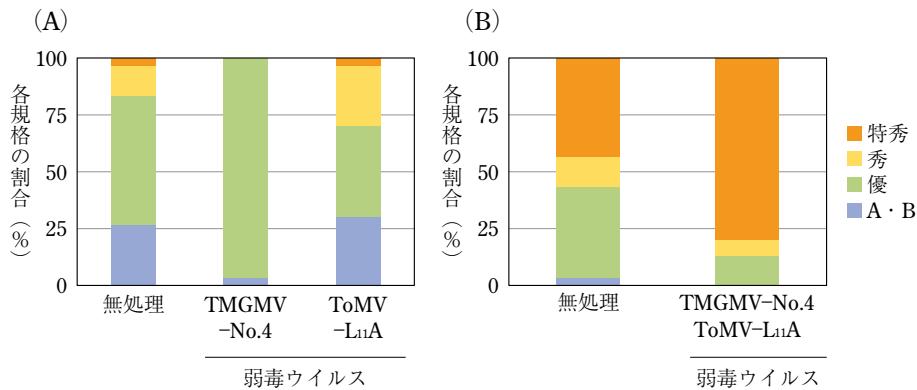


図-3 ホオズキ圃場における弱毒ウイルス接種株の品質評価
 (A)タバコ微斑モザイクウイルス (TMGMV) の単独汚染圃場, (B)TMGMV
 およびトマトモザイクウイルス (ToMV) の重複汚染圃場。

を利用した場合に高い発病抑制効果と品質の向上が認められた。したがって、ホオズキに弱毒ウイルスを導入するには、まず初めに圃場で発生しているウイルス種を同定し、それらと同種の弱毒ウイルスを選定することが重要な工程となる。そして次は、健全ホオズキの親株に選定した弱毒ウイルスを接種して一定期間栽培したのち、地下茎を採取して圃場に定植する手順となる。ホオズキの弱毒ウイルスの導入手順ならびに防除効果などの詳細については、マニュアルを参照いただきたい (https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/hoozuki_manual_2019.pdf)。

おわりに

ホオズキは日本の伝統文化を担うだけでなく、狭小な圃場でも栽培でき、換金性の高い品目である。そのため、中山間地域の農業にとって貴重かつ重要な品目である。また、ホオズキは2~8月の半年間で栽培が終了するために、後作として他の品目を栽培することができる利点もある。

しかし、ホオズキの主要なウイルス種の一つであるTMGMVはシトウやシュンギク等にも感染することが知られている (MORISHIMA et al., 2003; 宮崎ら, 2010), したがって、ホオズキの後作として罹病性の品目を栽培することは、それらが被害を受けるだけでなく、土壌中に残存するウイルスの濃度を高めてしまう恐れもあるため、後作の品目の選定には十分な注意が必要である。ウイルスに汚染されている圃場でホオズキを栽培する際には、弱毒ウイルスを利用するなどの防除対策に加え、土

壌中のウイルス濃度の制御にも注意を払う必要がある。ホオズキのウイルス病を克服する本防除マニュアルが生産現場で活用されることにより、本品目の安定生産に貢献できれば幸いである。

最後に、本稿で紹介した内容は、平成27年度農業水産業・食品産業科学技術研究推進事業 (課題番号 27023C) において、大分県農林水産研究指導センターの米田恵美氏、石松敏樹氏、児玉泰氏、宮崎県総合農業試験場の黒木修一氏、榎間義幸氏、臼井真奈美氏、大坪早貴氏、農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターの久保田健嗣氏、田中穰氏 (所属はいずれも当時) の協力の元で実施された。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 後藤忠則・根本正康 (1971): 北海道農業試験場彙報 99: 67~76.
- 2) 日比忠明・大木 理 (2015): 植物ウイルス大事典, 朝倉書店, 東京, p.224~225.
- 3) 亀谷満朗ら (1992): 日本植物病理学会報 58: 491~494.
- 4) KOSAKA, Y. et al. (2006): Plant Disease 90: 67~72.
- 5) 宮崎暁喜ら (2010): 関西病害虫研究会報 52: 153~155.
- 6) MORISHIMA, N. et al. (2003): J. Gen. Plant. Pathol. 69: 335~338.
- 7) 日本植物病理学会 (2000): 日本植物病名目録, 日本植物防疫協会, 東京, p.220~224.
- 8) 岡本 潤ら (2003): 九病虫研究会報 49: 130.
- 9) OGAI, R. et al. (2013): Crop Protection 54: 29~34.
- 10) SAYAMA, H. et al. (1993): Phytopathology 83: 405~410.
- 11) 臼井真奈美ら (2019): 平成29年度日本植物病理学会九州部会講演要旨.
- 12) 米田恵美ら (2017): 九州病害虫研究会報 63: 23~29.
- 13) ———ら (2018): 平成30年度日本植物病理学会九州部会講演要旨.
- 14) ———ら (2019): 九州病害虫研究会報 65: 11~17.



宮城県におけるフタオビコヤガの発生生態

宮城県古川農業試験場 ^{よこ}横 ^{ぼり}堀 ^あ垂 ^や弥*

はじめに

フタオビコヤガ (イネアオムシ) *Naranga aenescens* は、幼虫がイネの葉を加害する重要害虫の一種であり、防除対策として、育苗箱施用剤による防除と第2~3世代幼虫を対象とした本田防除が挙げられる。しかし、本種の発生時期は年次変動が大きいいため、本田において薬剤散布を実施する場合、防除適期の判断が必要であり、予察精度の向上が重要な課題である。

本種の発生世代数については、北海道、秋田、山形では年3世代と報告されている (木幡・井上, 1964; 岸野・佐藤, 1975; 遠藤ら, 1989)。宮城県では、2011~12年に行った調査により、水田内で3世代を経過することが確認されているが (相花ら, 2013)、その後も調査を継続し、発生消長とその年次変動について検討した。成虫の発生調査にはフェロモントラップと予察灯を用いたが、一部の世代で誘殺盛期が判然としなかったことから、有効積算温度により各世代の成虫の発生時期の予測を試みた。

また、少なくとも2014~18年は9月にフェロモントラップや予察灯で成虫の誘殺が確認されているが、同時期の水田内では幼虫の発生がほとんど認められていない。このことから、本種は稲わらの中で蛹越冬する (平井, 2003) とされるが、9月に発生する幼虫はイネ以外の植物を寄主としていると推測された。そこで、水田周辺のイネ科植物を探索したところ、アシカキ *Leersia japonica* 群落において幼虫の発生を確認したことから、その発生状況についても報告する。なお、本報告の詳細は横堀ら (2019) を参照いただきたい。

I 成虫と幼虫の発生消長

成虫と幼虫の発生消長を明らかにするため、2011~18

年に宮城県古川農業試験場 (宮城県大崎市, 以下「試験場」) 内で、成虫はフェロモントラップと予察灯を使用して、幼虫は補虫網によるすくい取りにより調査を行った。フェロモントラップは、SEトラップ (サンケイ化学株式会社) を用い、白色粘着板の中央に誘引源としてフタオビコヤガ用ルアー (サンケイ化学株式会社) を取り付け、水田畦畔上に地上高50 cmで設置した。粘着板は原則7日ごと、ルアーは約1か月ごとに交換した。雄成虫の誘殺数は設置日数で割って日別の値を求め、それを半旬ごとに集計した。予察灯 (乾式, 光源: 60 W 白熱電球) は水田に隣接した圃場に設置し、毎日誘殺された成虫数を計数し、半旬ごとにデータをまとめた。幼虫の発生消長は、水田内 (品種「ひとめぼれ」、移植5月中旬, 面積2 a) で半旬ごとに捕虫網 (口径36 cm, 柄の長さ100 cm) による10往復20回振りすくい取りを行い、幼虫数を数えた。なお、2013~18年は若、中、老齢別に幼虫数を数えた。殺虫剤は無散布とし、その他の栽培管理は慣行に準じて行った。各年次の調査期間などを表-1に示した。

2011~18年におけるフタオビコヤガの成虫と幼虫の発生消長を図-1に示した。フェロモントラップと予察灯における誘殺消長を比較すると、フェロモントラップでは4月中旬~5月下旬に越冬世代成虫が誘殺されていたが、予察灯ではほとんど誘殺がなかった。これは、5月の最低気温が5~15°Cと低く、夜間における飛翔活動が抑制されるため、予察灯では誘殺が認められないが (木幡・井上, 1964; 岸野・佐藤, 1975; 遠藤ら, 1989)、気温が高い昼間に活動している成虫を捉えているフェロモントラップでは誘殺されたためと考えられた。

フェロモントラップと予察灯の誘殺盛期は第1世代以降、おおむね一致しており、第1世代が6月第4半旬~7月第2半旬、第2世代が7月第3~6半旬、第3世代が8月第4~6半旬であった。

幼虫の発生消長を見ると、第1世代は2012~15年のみ確認され、その発生時期は6月中旬であった。発生盛期は、第2世代が7月第2~5半旬、第3世代が8月第4半旬であった。各世代のすくいとり虫数を比較すると、

Biology of Rice Green Caterpillar, *Naranga aenescens* in Miyagi Prefecture. By Aya YOKOBORI

(キーワード: フタオビコヤガ, 成虫発生時期, 有効積算温度, アシカキ, 越冬)

*現所属: 宮城県北部地方振興事務所栗原地域事務所

表-1 各年次の調査期間

年次	フェロモントラップ		予察灯		すくい取り
	調査期間 [月(半旬)]	設置数	調査期間 [月(半旬)]	設置数	調査期間 [月(半旬)]
2011	5(1)~8(5)	2	5(1)~9(6)	1	7(1)~9(4)
2012	5(1)~8(6)	2	5(1)~9(6)	1	6(5)~9(4)
2013	5(1)~8(6)	2	5(1)~9(6)	1	6(3)~9(6)
2014	4(3)~9(6)	2	5(1)~9(6)	1	6(4)~8(6)
2015	4(2)~9(6)	1	5(1)~9(6)	1	6(4)~8(6)
2016	4(1)~9(5)	1	5(1)~9(6)	1	7(1)~9(6)
2017	4(2)~9(5)	1	5(1)~9(6)	1	7(1)~8(6)
2018	4(2)~9(5)	1	5(1)~9(6)	1	7(1)~8(6)

表-2 宮城県におけるフタオビコヤガ成虫の発生時期（横堀ら，2019）

年次		越冬世代	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代
2011	有効積算温度	5(4)	6(6)	7(6)	8(5)	-
	フェロモントラップ	5(2)	6(6)	7(4)	-	-
	予察灯	-	6(6)	7(6)	8(4~6)	-
2012	有効積算温度	5(4)	7(1)	8(1)	8(6)	-
	フェロモントラップ	5(4)	7(2)	7(6)	-	-
	予察灯	-	6(6)~7(1)	7(6)	-	-
2013	有効積算温度	5(5)	7(1)	8(1)	8(6)	-
	フェロモントラップ	5(5)	6(6)	7(5)	8(5)	-
	予察灯	-	6(5)	7(5)	-	-
2014	有効積算温度	5(2)	6(5)	7(5)	8(4)	-
	フェロモントラップ	5(2)	6(5)	7(3~4)	8(5)	-
	予察灯	-	6(4)	7(5)	8(4)	-
2015	有効積算温度	5(1)	6(4)	7(4)	8(2)	9(2)
	フェロモントラップ	4(6)~5(1)	6(5)	7(4)	8(6)	-
	予察灯	-	6(6)~7(1)	7(4~5)	-	-
2016	有効積算温度	5(2)	6(5)	7(6)	8(4)	-
	フェロモントラップ	4(4)~5(1)	6(6)	7(5)	8(6)	-
	予察灯	-	-	-	-	-
2017	有効積算温度	5(3)	6(6)	7(5)	8(5)	-
	フェロモントラップ	5(1)	6(6)	7(5)	8(6)	-
	予察灯	-	-	7(6)	8(5)	-
2018	有効積算温度	5(1)	6(5)	7(4)	8(3)	-
	フェロモントラップ	4(6)	6(5)	7(4~5)	8(5)	-
	予察灯	-	6(4)	-	8(6)	-

各世代の数字は、月（半旬）を示す。

表中のバーは、誘殺盛期が判然としない場合を示す。

網掛けは、有効積算温度シミュレーションにより推定された発生時期がフェロモントラップを基準に±1半旬以内で一致していることを示す。ただし、フェロモントラップの誘殺盛期が判然としない場合は、予察灯を基準とした。

いずれの年も第2世代が最も多かった。また、各年次の第2世代幼虫数は、2011~12、14年は15~30頭で、2013年には120頭を超える多発となったが、2015年以降は5頭を下回り低密度で推移した。

II 成虫発生時期の予測

フェロモントラップと予察灯を用いた成虫の発生調査において、一部の世代で誘殺盛期が判然としなかったこ

とから、有効積算温度により各世代の成虫の発生時期と発生世代数を推定した。成虫発生時期は、(社)日本植物防疫協会が運用するJPP-NET内の「有効積算温度計算シミュレーション version2」(以下、有効積算温度シミュレーション)を利用して予測した。有効積算温度シミュレーションに必要なパラメータは、次の通り設定した。計算期間は「対象年の3月1日から9月30日」、気温データは、試験場内に設置されているアメダス観測地点

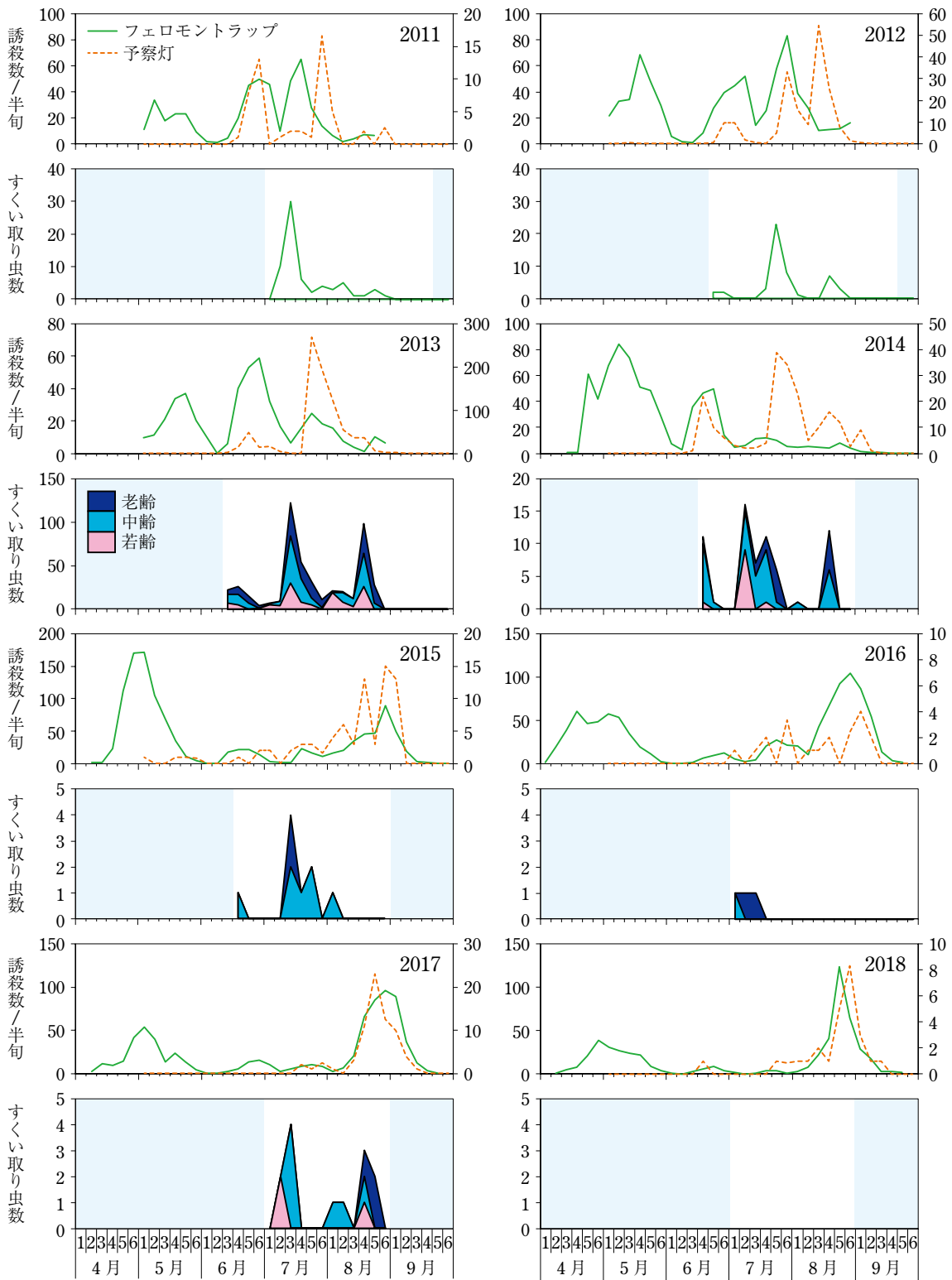


図-1 宮城県におけるフトオビコヤガの成虫と幼虫の発生生長 (横堀ら, 2019)

- a) 上段はフェロモントラップ (左軸) および予察灯 (右軸) による成虫の発生生長で、下段は10 往復 20 回振りすくい取りによる幼虫の発生生長を示す。
- b) 2011 および 2012 年の幼虫数は、合計数を示す。
- c) 網掛けはすくい取りの調査期間外を示す。

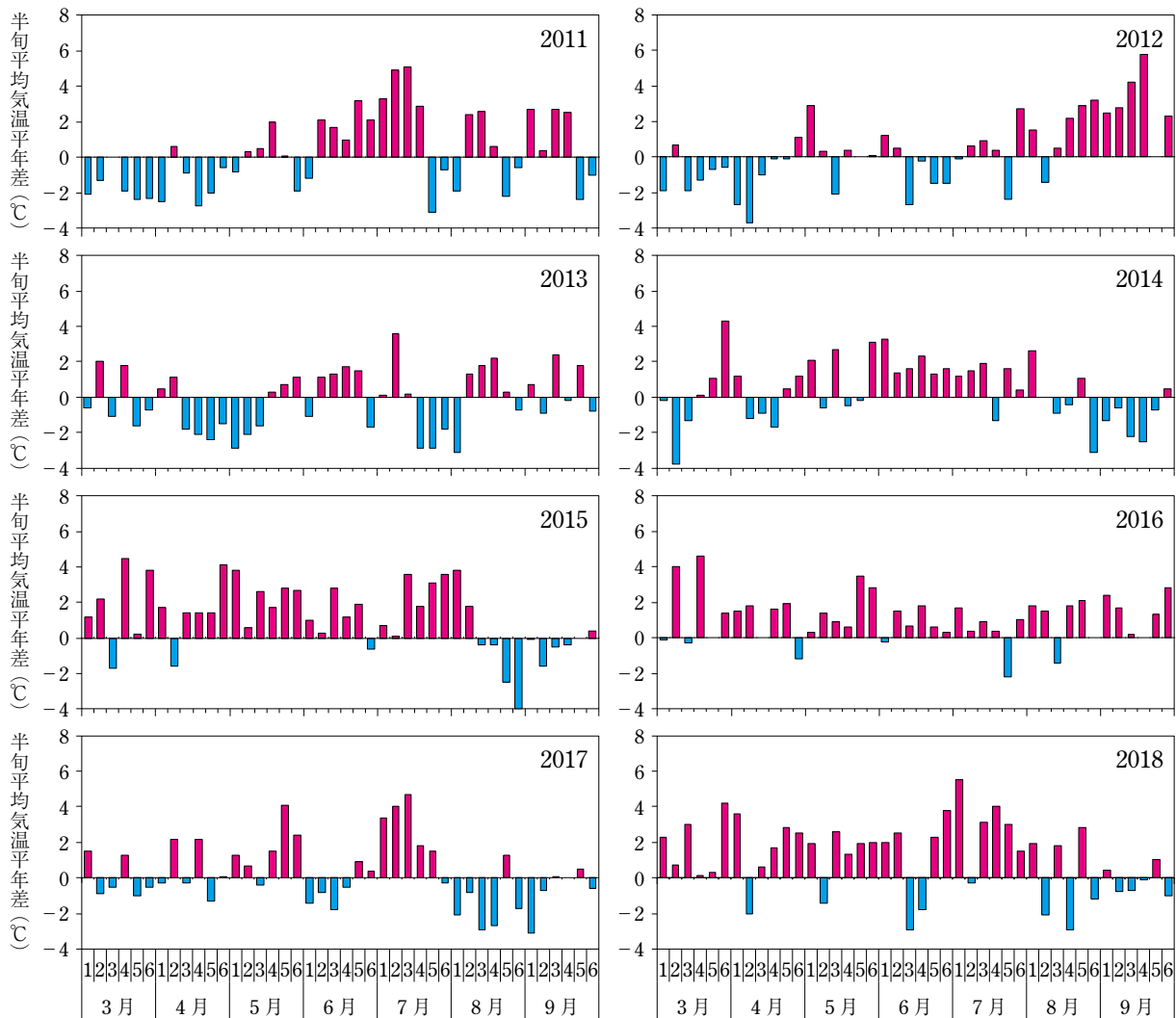


図-2 アメダス観測地点「古川」における3～9月の半旬別平均気温平年差

「古川」の「毎正時データ」を選択した。発育零点および有効積算温度は岸野・佐藤（1975）に従い、卵期は第1世代を11.5℃、46.0日度、第2世代以降を10.2℃、58.0日度、幼虫期は8.8℃、233.0日度、蛹期は12.0℃、66.0日度に設定した。また、幼虫期の休眠誘起の臨界日長を14時間とした。古川における日の出から日没までの時間（国立天文台天文情報センターホームページ）に薄明薄暮分の1時間を加算して臨界日長到達日を算出した。

表-2 に有効積算温度シミュレーションにより推定された成虫の発生時期とフェロモントラップおよび予察灯の誘殺盛期を示した。古川における臨界日長到達日は9月2日ころであったことから、9月2日以前に第4世代幼虫期を完了した2015年のみ第4世代成虫の発生時期を記載した。推定された成虫の発生時期は、越冬世代が5月第1～5半旬、第1世代が6月第4半旬～7月第1半旬、第2世代が7月第4半旬～8月第1半旬、第3世代

が8月第2～6半旬であった。フェロモントラップの誘殺盛期を基準とし、推定された成虫の発生時期の適合性を検討したところ、おおむね±1半旬以内で一致した。したがって、宮城県におけるフタオビコヤガの発生世代数は、2011～14年および2016～18年が3世代、2015年が4世代と示唆された。ただし、2015年はフェロモントラップや予察灯の誘殺盛期が判然とせず、幼虫の発生量も少なかったため、発生世代数の増加を確認することはできなかった。古川アメダスで観測された2011～18年3～9月における半旬別平均気温平年差（図-2）を見ると、2015年は3～7月にかけて高温で推移していたことから、各世代の発生が早まり、他の年次より1世代多く発生したものと考えられた。

フェロモントラップや予察灯による発生消長を、有効積算温度を利用したシミュレーションと比較することで、より正確な発生消長を把握することができると考え

られた。

III アシカキにおける幼虫の発生状況

9月に成虫がフェロモントラップおよび予察灯で確認されたにもかかわらず、同時期の水田内で幼虫を確認することができなかったことから、フタオビコヤガは秋季にイネ以外の植物を利用して越冬していることが予想された。水田周辺を調査する中で、アシカキ群落で幼虫を発見したことから、2014年9月4日～10月9日、2015年9月17日～10月4日に水田畦畔のアシカキ群落から複数回、幼虫または蛹を採集し、飼育して羽化した成虫の種の同定を行った。採集した幼虫は1頭ずつ50 ml ポリプロピレン製遠沈管（口径3.0 cm、長さ11.5 cm）にアシカキの生葉とともに入れ、メラミンスポンジで栓をした後、試験管立てに置いて室内（室温、自然日長条件）で蛹まで飼育した。採集した蛹や飼育後に蛹化した個体はガラス試験管（長さ50 mm、口径15 mm）に入れ、脱脂綿で栓をした後、室内または屋外の網室内に静置し、翌春の羽化後に種を同定した。

また、アシカキにおける幼虫の発生消長を調査するた



図-3 アシカキに寄生するフタオビコヤガ幼虫

め、2016年の5～9月に水田畦畔のアシカキ群落（53.5 m × 1 m）で約7日ごとに捕虫網を用いて10往復20回振りすくい取りを行い、幼虫数を若、中、老齢別に数えた。

アシカキ群落から幼虫（図-3）または蛹を採集し飼育したところ、2014年は102頭中63頭、2015年は26頭中6頭が羽化した。これらを外部形態により同定したところ、すべてフタオビコヤガであった。さらに2016年のアシカキにおける幼虫の発生調査の結果、8月下旬から若齢幼虫の発生が確認され、9月中旬にかけて中齢主体で急増し、9月下旬に終息した（図-4）。前述のように、同時期の水田内では幼虫の発生が認められなかったことから、フタオビコヤガ幼虫は秋季にアシカキを寄主として利用していると考えられた。

8月下旬～9月下旬のアシカキは栄養生長期であり（森田，2014）、伸長とともに新葉が抽出していたが、イネは登熟期後期～成熟期にあたり、幼虫の生存に不適となるため（岸野・佐藤，1975）、秋季の餌としてイネよりもアシカキのほうが好適であったと考えられる。一方、春～夏季のアシカキでは幼虫の発生が認められなかった。本種の発生量はイネの繁茂程度と密接に関係しており（小島・江村，1976）、繁茂したイネほど産卵数が多く、幼虫の発育が良好となる。春～夏季のイネは栄養生長期

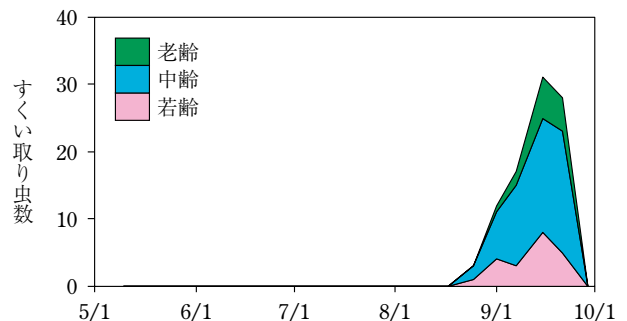


図-4 アシカキ群落におけるフタオビコヤガ幼虫の発生消長（2016年、宮城県古川農業試験場内）（横堀ら，2019）10往復20回振りすくい取りによる幼虫の発生消長を示す。

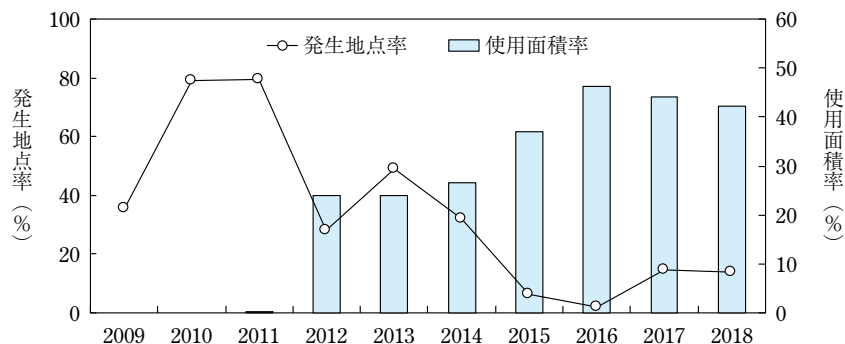


図-5 宮城県における7月中旬の水田におけるフタオビコヤガ幼虫の発生地点率とクロラントラニリプロールを含む育苗箱施用剤の使用面積率の推移（宮城県病害虫防除所）

にあって幼虫の餌として好適であるとともに、生育量がアシカキを大きく上回ることから、この時期はアシカキをほとんど利用していないと推測された。

おわりに

近年、チョウ目害虫に卓効を示す有効成分「クロラントラニリプロール」を含有する育苗箱施用剤が県内広域に普及しており、2015年以降、フタオビコヤガは低密度で推移している(図-5)。このような少発生条件下でも、アシカキ群落では約1か月にわたり本種の発生が確認されている。アシカキはほふく性の多年性雑草であり、近年、水稲直播栽培において畦畔から水田内への侵入が問題視され(川名, 2013)、難防除雑草となっている。今回紹介したように、秋季のアシカキはフタオビコヤガ

の寄主植物となることから、今後は雑草害だけでなく本種の発生源となる可能性にも注意し、まん延防止対策を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 相花絵里ら (2013): 北日本病虫研報 **64**: 143~146.
- 2) 遠藤秀一ら (1989): 同上 **40**: 105~107.
- 3) 平井一男 (2003): 日本農業害虫大事典 (梅谷献二・岡田利承編), 全国農村教育協会, 東京, p.48~49.
- 4) 川名義明 (2013): 東北の雑草 **12**: 1~4.
- 5) 小島昭雄・江村一雄 (1976): 新潟農試研報 **25**: 53~60.
- 6) 木幡寿夫・井上 寿 (1964): 北日本病虫研報 **15**: 87~89.
- 7) 岸野賢一・佐藤テイ (1975): 東北農試研報 **50**: 27~62.
- 8) 森田弘彦 (2014): 原色雑草診断・防除事典 (森田弘彦・浅井元朗 編), 農山漁村文化協会, 東京, p.97~98.
- 9) 横堀亜弥ら (2019): 北日本病虫研報 **70**: 119~124.



鹿児島県のアボカドに発生した害虫

鹿児島県大島支庁徳之島事務所農業普及課 **西** **にし** **菜穂子** **なほこ**
 鹿児島県農業開発総合センター果樹花き部 **宮** **みや** **じ路** **かつ** **ひ彦** **じろ**

はじめに

アボカドは、近年、特に女性を中心に大人気の亜熱帯性果樹で、2008年に比べ2018年では輸入量が3倍に増えており（財務省貿易統計、2018）、生で食べるだけでなく、煮る、揚げる、焼くとレシピの豊富な果実である。輸入されているアボカドの品種は‘ハス’であるが、アボカドにはメキシコ系、グアテマラ系、西インド諸島系と三つの系統があり、さらに各系統の交雑種が多数ある。様々な色や形の品種が育成されており、その食味も良好である。鹿児島県では、マンゴー、パッションフルーツに続く新たな特産果樹としてアボカドやアテモヤ、ライチ等の亜熱帯果樹の試作が行われているが、その中でもアボカドは国産に対する消費者ニーズや育ててみたいという生産者の要望の高まりから、指宿市や南大隅町、瀬戸内町等でアボカドが栽培され、今後も栽培面積の拡大が予想される。鹿児島県では、主に露地で栽培されているが、施設でも栽培されている。しかし、アボカドを栽培するにあたり、これまで病害虫に関する詳細な調査が行われておらず、また2020年5月現在でアボカド登録のある農薬はないため、防除対策を講じるうえで発生種を明らかにすることが最も重要である。そこで、鹿児島県におけるアボカドに発生する害虫の実態調査を2015～19年に露地および施設圃場で行った（西ら、2019）。

本研究は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター『革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクトC067）「アボカド、パッションフルーツなど亜熱帯果樹における国産化可能性の分析と栽培技術の開発」（2016年～18年度）』の支援を受けて実施した。その成果は農研機構ホームページで公開している（農研機構果樹茶業研究部門ほか、2019）。本稿では、アボカドに発生する

害虫を中心に本事業により得られた成果と今後の課題について紹介する。

I アボカドに発生する害虫

アボカドに発生する害虫の調査は、鹿児島県農業開発総合センター旧果樹部（垂水市）、鹿児島県農業開発総合センター果樹・花き部（南さつま市）ならびに日置市、鹿児島市、指宿市、奄美市および瀬戸内町現地生産者の露地栽培、施設栽培で行った（図-1）。調査品種は主に‘ピンカートン’、‘フェルテ’、‘ベーコン’および‘メキシコーラ’であった。調査で得られたサンプルは実体顕微鏡で「目」あるいは「科」まで分類した後、各分類群の専門家にサンプルあるいは写真を送付し、種の同定を依頼した。その結果、2015年4月から19年1月までの調査期間にアボカドで発生が確認された害虫種は20科26種

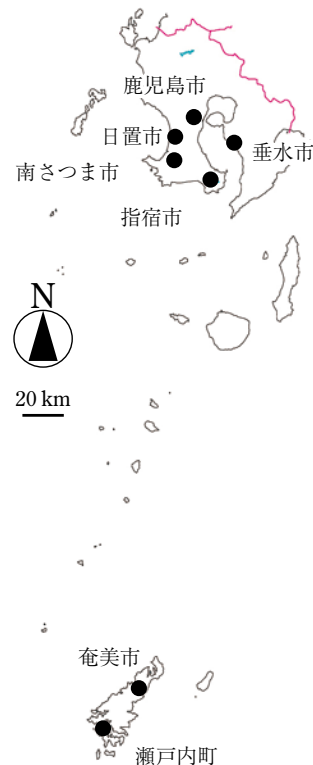


図-1 アボカドに発生した害虫の採集場所

Arthropod Pests of the Avocado Plant in Kagoshima Prefecture, Japan. By Nahoko NISHI and Katsuhiko MIYAJI

（キーワード：アボカド、チャハマキ、ミナミトゲヘリカメムシ、アテモヤコナジラミ、ヤマモモコナジラミ）

表-1 アボカドで発生が確認された害虫

科名	種名 和名	寄生部位	作型	発生年	採取場所
ハダニ科	<i>Eotetranychus asiaticus</i> Ehara コウノアケハダニ	葉裏	施設栽培	2018	日置市
アザミウマ科	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouché) クロトンアザミウマ	葉裏	施設栽培	2016	日置市
アオバハゴロモ科	<i>Geisha distinctissima</i> (Walker) アオバハゴロモ	果梗枝 緑枝	施設栽培	2018	日置市
アブラムシ科	<i>Aphis gossypii</i> Glover ワタアブラムシ	葉	施設栽培 露地栽培	2016	指宿市
	<i>Sinomegoura citricola</i> (Van der Goot) クソオナガアブラムシ	葉	施設栽培 露地栽培	2016	指宿市
コナジラミ科	<i>Aleurotrachelus anonae</i> Corbett アテモヤコナジラミ	葉	施設栽培	2018	指宿市, 日置市, 鹿児島市
	<i>Parabemisia myricae</i> (Kuwana) ヤマモモコナジラミ	葉	施設栽培	2018	日置市
ワタフキカイガラムシ科	<i>Icerya seychellarum</i> (Westwood) キイロワタフキカイガラムシ	葉, 新梢	施設栽培	2018	日置市
コナカイガラムシ科	<i>Pseudococcus odermatti</i> Miller & Williams マツウラコナカイガラムシ	葉, 果梗枝	施設栽培	2018	日置市
カタカイガラムシ科	<i>Ceroplastes ceriferus</i> (Fabricius) ツノロウムシ	枝	施設栽培 露地栽培	2015	垂水市
	<i>Ceroplastes japonicus</i> Green カメノコロウムシ	枝	施設栽培 露地栽培	2016	日置市
マルカイガラムシ科	<i>Hemiberlesia lataniae</i> (Signoret) ヤシシロマルカイガラムシ	葉, 枝, 新梢, 果実	施設栽培	2018	日置市
ホソハリカメムシ科	<i>Leptocoris chinensis</i> Dallas クモハリカメムシ	葉	露地栽培	2016	指宿市
ハリカメムシ科	<i>Acanthocoris sordidus</i> (Thunberg) ホオズキカメムシ	葉	露地栽培	2016	指宿市
	<i>Cletus punctiger</i> (Dallas) ホソハリカメムシ	葉	露地栽培	2016	瀬戸内町
	<i>Paradasynus spinosus</i> Hsiao ミナミトゲハリカメムシ	果実	露地栽培	2016	指宿市
カミキリムシ科	<i>Eupromus ruber</i> (Dalman) ホシベニカミキリ	枝	露地栽培	2018	鹿児島市
ゾウムシ科	<i>Sympiezomias lewisi</i> (Roelofs) ワモンヒョウタンゾウムシ	新梢	露地栽培	2015	垂水市
キクイムシ科	<i>Xylosandrus crassiusculus</i> (Motschulsky) サクキクイムシ	幹	露地栽培	2018	奄美市
コウモリガ科	<i>Endoclita excrescens</i> (Butler) コウモリガ	幹	露地栽培	2018	指宿市
ハマキガ科	<i>Homona magnanima</i> Diakonoff チャハマキ	葉, 新梢, 蕾	施設栽培 露地栽培	2015	垂水市
ミノガ科	<i>Eumeta variegata</i> (Snellen) オオミノガ	葉	露地栽培	2017	日置市
ホソガ科	Unidentified 未同定	葉	施設栽培 露地栽培	2017	垂水市
シャクガ科	<i>Ascotis selenaria</i> ([Denis et Schiffermüller]) ヨモギエダシャク	葉, 新梢	露地栽培	2015	垂水市
ドクガ科	<i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus) マイマイガ	葉	露地栽培	2018	南さつま市
	<i>Orgyia postica</i> (Walker) コシロモンドクガ	葉, 新梢	施設栽培 露地栽培	2016	日置市

同定者：鹿児島大学農学部生物生産学学科病害虫制御学講座害虫学研究室 坂巻祥孝准教授，国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所九州支所 後藤秀章氏，沖縄県病害虫防除技術センター 大野豪博士，門司植物防疫所，門司植物防疫所鹿児島支所。

であった(表-1)。以下、目ごとに主要種を紹介する。

1 ダニ目

ダニ目では、コウノアケハダニ *Eotetranychus asiaticus* Ehara が、施設栽培で確認された。本種はカンキツの害虫として知られている(江原, 1965)。アボカドでは、主に新葉や硬化葉の葉裏に生息し、吸汁加害した(図-2-1 A, B)。加害部の葉は褐変し、葉表は緑が白く抜け、発生が多い場合は激しく落葉した。施設栽培では2~3月にかけて多く発生した。防除対策として、果樹類登録のデンプン水和剤(粘着くん水和剤)やプロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤(アカリタッチ乳剤)の散

布効果が認められた。

2 アザミウマ目

アザミウマ目では、クロトンアザミウマ *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) が施設栽培で確認された。本種は葉裏に生息し、かすり状の被害が認められたが、発生を確認したのは2016年の1回のみであった。

3 カメムシ目

カメムシ目では、9科14種が確認された。アオバハゴロモ *Geisha distinctissima* (Walker) は、施設栽培で確認され、緑枝や果梗に成虫、幼虫の寄生が認められた。吸汁による実害は認められないが、本幼虫の白い綿状分



図-2-1 アボカドに寄生する害虫と被害

A: コウノアケハダニによる被害, B: コウノアケハダニ, C: アオバハゴロモによる果実の汚れ, D: コナジラミ類の寄生, E: コナジラミ類によるすす病, F: キイロワタフキカイガラムシ, G: マツウラコナカイガラムシ, H: ヤシシロマルカイガラムシ, I: ミナミトゲヘリカメムシ(指宿市農産技術課園芸振興係 前園洋一氏撮影)。

分泌物による果実の汚れが認められた (図-2-1 C)。汚れは、落ちにくいことから問題になると考えられる。

アブラムシ科のワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover とクスオナガアブラムシ *Sinomegoura citricola* (Van der Goot) は露地、施設栽培で確認された。生息部位はいずれの種も新梢および新葉であった。本県の露地でのアボカドの新梢発生時期は、3月、6月および9月で、新梢発生時期に同調するようにこれらのアブラムシ類の発生は認められ、すす病が観察された。

コナジラミ科のアテモヤコナジラミ *Aleurotrachelus anonnae* Corbett とヤマモモコナジラミ *Parabemisia myricae* (Kuwana) は、施設栽培で確認された (鹿兒島県病害虫防除所, 2018, 図-2-1 D)。成虫は、葉に卵を産みつけ、幼虫は葉裏に生息し、植物体を吸汁加害する。発生は新梢伸長とともに増加する傾向が認められた。アテモヤコナジラミ成虫は体長1 mmで、体色は白色、ヤマモモコナジラミ成虫は体長0.8 mmで体色は黄色である。成虫、幼虫ともに口針で植物の汁液から栄養を摂取し、甘露を排泄するため、甘露によりすす病を誘発した (図-2-1 E)。アテモヤコナジラミは、アテモヤにも寄生する。本県では同じハウスでアボカドとアテモヤを栽培する事例があったが、このときは両作物で寄生が見られた。コナジラミ類の発生は、冬季には認められなくなるが、気温が上がるとともに再び発生する傾向にあった。ワタフキカイガラムシ科のキイロワタフキカイガラムシ *Icerya seychellarum* (Westwood) は、施設栽培で発生が認められた (鹿兒島県病害虫防除所, 2019)。成虫、幼虫による葉裏での吸汁加害が認められ (図-2-1 F)、排泄物によるすす病を発生していた。今回調査した圃場では、果実への寄生は認められなかった。

コナカイガラムシ科のマツウラコナカイガラムシ *Pseudococcus odermatti* Miller & Williams は、施設栽培で発生を確認した (鹿兒島県病害虫防除所, 2019)。マツウラコナカイガラムシはカンキツへの寄生が報告されているカイガラムシ (松浦・八田, 1976) で、アボカドでは葉 (図-2-1 G) や果梗等に成虫、幼虫が寄生し、吸汁加害が認められ、排泄物によるすす病を発生していた。

カタカイガラムシ科のツノロウムシ *Ceroplastes ceriferus* (Fabricius) とカメノコロウムシ *Ceroplastes japonicus* Green は、露地、施設栽培で発生が認められた。発生が少なかったため、一般的に果樹で問題とされるすす病の発生はなかった。マルカイガラムシ科のヤシシロマルカイガラムシ *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) は施設栽培で確認され (鹿兒島県病害虫防除所, 2019)、枝、葉および果実に寄生していた (図-2-1 H)。本種は、世界

の熱帯・亜熱帯に最も普通に発生するほか、温室害虫としても世界共通の種である (河合, 1980)。

ホソハリカメムシ科のクモハリカメムシ *Leptocoris chinensis* Dallas, ヘリカメムシ科のホオズキカメムシ *Acanthocoris sordidus* (Thunberg) およびホソハリカメムシ *Cletus punctiger* (Dallas) は、露地栽培のアボカド樹上で観察されたが、加害を確認していない。ヘリカメムシ科のミナミトゲハリカメムシ *Paradasynus spinosus* Hsiao は、露地栽培で幼虫、成虫の吸汁による果実の被害が確認された (図-2-1 I)。吸汁された部位はへこみ、切断するとその部分が黒色化していた (図-2-2 J, K, L)。また、幼果を吸汁すると、落果を引き起こした。瀬戸内町や指宿市では、本種の加害により、果実が多数落下し、収穫できなかった事例も見られた。現在、果樹類登録でも効果のある農薬がないため、実害が最も大きいと考えられる。

4 コウチュウ目

コウチュウ目では、3科3種が確認された。カミキリムシ科のホシベニカミキリ *Eupromus ruber* (Dalman) は、クスノキ科を食害する害虫で、主にタブノキを寄主とする (小島・林, 1969)。ホシベニカミキリ成虫をアボカドに接種したところ、緑枝を食害した。しかし、アボカドへの産卵は確認できていない。

ゾウムシ科のワモンヒョウタンゾウムシ *Sympiezomias lewisi* (Roelofs) は、2015年5月に露地栽培で新梢の加害を確認したが、それ以降発生を確認していない。

キクイムシ科のサクキクイムシ *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) は、露地栽培の1樹のみで幹に1 mm程度の穴を多数あける被害が認められた。本種を含め *Xyleborini* 族の養菌性キクイムシ類は、生立木に穿孔し、穿孔された木が枯れたように見えることがあるが、こうした木は一見健全に見えても他の原因によりすでに衰弱している場合が多く、アボカドに対して一次害虫ではないと考えられる (野淵, 1994)。

5 チョウ目

チョウ目では、6科7種が確認された。いずれの種も幼虫による加害であった。コウモリガ科のコウモリガ *Endoclyta excrescens* (Butler) は、露地栽培で苗木の主幹への食入が確認された (図-2-2 M)。苗木は、その後枯死したことから、苗木では実害が大きいと考えられた。

ハマキガ科のチャハマキ *Homona magnanima* Diakonoff は、施設、露地栽培で発生が確認された。海外ではアボカドに寄生するチャハマキの近縁種 *avocado leaf roller Homona spargotis* Meyrick や *tea tortrix Homona coffearia* Neitner が報告されているが、本県で確認され



図-2-2 アボカドに寄生する害虫と被害

J: ミナミトゲヘリカメムシ4 齢幼虫, K: ミナミトゲヘリカメムシの吸汁痕, L: 果実断面のミナミトゲヘリカメムシ吸汁痕, M: コウモリガ (鹿児島地域振興局農政普及課 篠原和孝氏撮影), N: チャハマキによる茎の加害, O: チャハマキによる巻葉, P: チャハマキによる果実の加害, Q: ホソガ類による葉の加害, R: 潜葉するホソガ類幼虫.

たものは雄の交尾器の形状 (Whittle et al., 1987) からチャハマキと確認した。本種幼虫は葉、果実、花梗および新梢を好んで食害するため、実害が大きい (図-2-2 N, O, P)。アボカドでは本虫に登録薬剤がないため、施設栽培において果樹類登録の交信攪乱剤 (コンフューザー N) を 2017 年 7 月に設置し、その効果について検討した。その結果、設置期間中のフェロモントラップによるチャハマキの誘殺数が 0 と高い誘引阻害効果が認められた (表-2)。被害抑制効果を見ると、無処理区に比べ、交信攪乱剤を設置した区では、チャハマキによる巻葉も

少なかった。

露地栽培ではミノガ科のオオミノガ *Eumeta variegata* (Snellen), シヤクガ科のヨモギエダシヤク *Ascotis selanaria* ([Denis et Schiffermüller]), ドクガ科のマイマイガ *Lymantria dispar* (Linnaeus) による葉の加害が確認されたが、発生は散発的であったことから、実害は小さいと考えられる。また、ドクガ科のコシロモンドクガ *Orgyia postica* (Walker) も、施設、露地栽培で新梢、葉を好んで食害し、実害も認められた。

新葉の表に産みつけられた水滴様の卵からふ化した幼

表-2 施設アボカドでのチャハマキに対する交信攪乱剤の効果

		調査日														
		7/12	7/19	7/26	8/2	8/10	8/16	8/23	9/1	9/6	9/13	9/20	9/27	10/5	10/12	10/19
交信攪乱剤 設置区 ^{a)}	チャハマキ 誘殺数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1新梢当たり の巻葉数	0	0	0	0	0	0	0	0.015	0	0	0.015	0	0.015	0	0
無処理区 ^{b)}	チャハマキ 誘殺数	23	0	7	4	30	19	2	2	0	4	3	14	12	3	4
	1新梢当たり の巻葉数	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.03	0.00	0.13	0.09	0.09	0.06

^{a)} 2017年7月5日に交信攪乱剤を20本/1.68a設置し、両区にフェロモントラップを設置。7~9日おきにチャハマキ誘殺数および巻葉数(処理区は1樹当たり20新梢、無処理区は1樹当たり5新梢)を調査した。

^{b)} 無処理区は、100m程度離れた施設に設定した。

虫で潜葉し、表皮を残して1~3cm程度の楕円状に食害するホソガ科の害虫が観察された(図-2-2 Q, R)。本幼虫の発生は品種により異なり、‘メキシコーラ’で多い傾向が認められた。潜葉発生は8月以降に多く観察された。フロリダではアボカドを加害するホソガ *Phyllocnistis* spp. (Lepidoptera, Gracillariidae) による実害はないと報告されている(Peña, 2003)。今回、本県で確認された幼虫は上述したフロリダのものと同種であるかは明らかでないが、その被害は本県でも一枚の葉に多数の幼虫が寄生する場合を除き、実害はほぼないと考えられる。しかし、本県の寄生葉からは未だ成虫が得られていないため、今後、種の同定をして、実害についても再検討する必要がある。

II アボカド栽培での今後の課題

今回新たに確認されたアボカドの害虫は、20科26種で、多くの害虫に加害されることがわかった。アテモヤコナジラミやヤシシロマルカイガラムシ、キイロワタフキカイガラムシのようにアテモヤやマンゴー等の亜熱帯果樹と共通する害虫もあった。また、今回の調査で、アボカドを栽培するうえで今後問題になる害虫は、ミナミトゲヘリカメムシ、コナジラミ類およびチャハマキであると考えられた。チャハマキに対しては果樹類登録の交信攪乱剤が現地圃場でも使用されている。現在、アボカドで登録のある農薬はないため、生産者はコナジラミ類や落果を引き起こすミナミトゲヘリカメムシに対する防除に苦慮している。アボカドは、鹿児島県だけでなく全

国でも年々栽培面積が増えてきている。今後、安定的に生産を拡大していくためにも、農薬メーカーの協力を得ながら、登録に向けた取組を行っていくことが必要であると考えられる。

おわりに

今後、亜熱帯果樹の栽培は、気候変動とともに広がることが予想され、アボカドとともに亜熱帯果樹での害虫の発生に注視していく必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 江原省三(1965):植物寄生ダニ類の分類と生態、ダニ類 その分類・生態・防除(佐々学編), 東京大学出版会(東京), p.383~398.
- 2) 鹿児島県病害虫防除所(2018):平成30年度病害虫発生予察特殊報第2号.
- 3) —————(2019):平成30年度病害虫発生予察特殊報第5号.
- 4) 河合省三(1980):日本原色カイガラムシ図鑑, 全国農村教育協会, 東京, 455 pp.
- 5) 小島圭三・林 匡夫(1969):原色日本昆虫生態図鑑 カミキリ編, 保育社, 大阪, 295 pp.
- 6) 松浦 誠・八田茂嘉(1976):和歌山果樹園芸試・研報 4: 61~68.
- 7) 西 葉穂子ら(2019):九州病害虫研報 65: 24~29.
- 8) 野淵 輝(1994):サクキクイムシ(小林富士雄・竹谷昭彦編), 森林昆虫各論・総論, 養賢堂, 東京, 212 pp.
- 9) 農研機構果樹茶業研究部門(2019): <https://www.naro.affrc.go.jp/laboratory>アボカド・パッションフルーツ「栽培の手引き」リーフレット集
- 10) Peña, J. E. (2003): Proceedings V, World Avocado Congress, Actas V, Congreso Mundial del Aguacate: 487~494.
- 11) Whittle, C. P. et al. (1987): J. Aust. Entomol. Soc. 26: 169~179.
- 12) 財務省貿易統計(2018): <https://www.e-stat.go.jp/stat-search>



青森県のダイズにおけるダイズクキタマバエ (*Resseliella soya*) の発生

青森県産業技術センター農林総合研究所 対馬 佑介

はじめに

ダイズクキタマバエ *Resseliella soya* は、幼虫がダイズの葉柄や茎の内部を食害し、多発した場合に萎凋や枯死を引き起こすことが知られており(持田, 1992), 主に明治~昭和中ごろにかけて北海道や東北地方で多発し、皆無作を引き起こしたとされる(湯浅, 1936; 櫻井・西島, 1953; 菅原, 1953)。

そのような被害の著しさからか、1953年出版の「大豆害虫の分布と害相」(桑山, 1953)には、「大豆害虫として最も恐るべきものの一である」とあるが、近年は当時のような大発生は確認されていないことから(持田, 2003), 被害症状や虫体そのものを掲載した資料も少なくなっている。

2017年9月5日に青森県内陸部の山間地に位置する大鰐町担当の農協職員より、「ダイズ圃場全面で萎れが発生し、萎れたダイズの茎の中に虫がいる」との連絡があり、現地で状況を確認したところ、ダイズの茎内から乳白色あるいは橙赤色のダイズクキタマバエ幼虫が大量に見いだされた。本種の青森県における発生は1938年の記録があるものの(吉田, 1950), その後の発生については不明となっていた。そこで、青森県におけるダイズクキタマバエの発生状況について2017, 18年の2か年調査し、いくつかの知見を得たので紹介する。なお、本稿は対馬(2019)の内容を一部改編したものである。

I 被害症状と種同定

1 被害症状

2017年9月11日に津軽地方山間部の大鰐町居士高野新田のダイズ‘おおすず’で被害症状を調査した。特徴的な症状として、下位葉の枯死、上位の複葉(数枚からすべて)の萎凋・枯死および小葉裏面の葉脈上の褐変が認められた(図-1a)。また、葉柄部分に不定形の褐色斑を呈する場合もあり、このような葉柄を縦裂すると褐変し

The Occurrence of *Resseliella soya* (Monzen) in Soybean in Aomori Prefecture. By Yusuke TSUSHIMA

(キーワード: ダイズクキタマバエ, ダイズ, 発生消長)

た内部に多数の幼虫が確認された(図-1b, c, d)。

2 種の同定

2018年8月2日に大鰐町居士猿倉(以下、猿倉)と居士高野平(以下、高野平)のダイズ‘おおすず’から得た老齢幼虫各1頭を供試した。DNA抽出にはDNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen)を使用した。プライマーはLCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'), HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3') (FOLMER et al., 1994)を用い、ミトコンドリアDNA



図-1 大鰐圃場におけるダイズクキタマバエの被害症状と虫体
a: ダイズクキタマバエ被害茎 b: 葉柄上の褐色不定形斑
c: 葉柄内の中齢幼虫 d: 葉柄内の老齢幼虫 e, f: ダイズクキタマバエ成虫(北日本病虫研報より転載)。

のバーコーディング領域 (COI) を増幅した。PCR 反応による増幅断片は同プライマーを用いたダイレクトシーケンスにより塩基配列を決定し、米国立生物工学情報センター DNA データバンク (NCBI) 登録配列の相同性検索 (BLAST) によって種を識別した。

また、成虫の形態を観察するため、2018年9月11日に猿倉圃場で採集した老齢幼虫を、青森県産業技術センター農林総合研究所内圃場 (青森県黒石市) で得た同品種のダイズの茎を長さ4~5cmに切りそろえたものに移植し、シャーレ内に静置したうえで、実験室内の自然日長・温度条件下で羽化させた。

BLAST 検索では供試した猿倉由来個体 (DDBJ Accession Number : LC469342.1) と高野平由来個体 (DDBJ Accession Number : LC469343.1) のいずれも、YUKAWA et al. (2009) で既登録の栃木県産ダイズクキタマバエ *Resseliella soya* と高い相同性 (猿倉 : 100%, 高野平 : 98%) が示された。

飼育した老齢幼虫はダイズ茎に移植してから約1か月後の10月10日に羽化した。成虫の複眼は黒色で、胸部と平均棍は黄褐色、翅および脚部は黄褐色と黒色の斑模様があり (図-1e, f), 加えて産卵管の形状も門前による報告 (門前, 1936; 1955) と一致しており、発生種がダイズクキタマバエであることが確認された。

II 圃場における生態調査

1 被害発生状況

大鰐町居士高野新田に位置する3圃場から2017年9月11日に任意の10茎を採取して発生量と被害程度を調査した。大鰐圃場 (山間地) の比較対象として、平坦地に位置する弘前市門外から任意の10茎、つがる市木造林からは葉柄表面に褐変の見られた5茎 (いずれの圃場も、ダイズ品種‘おおすず’) を採取し、莢を除く植物体全体を剃刀で縦裂して内部の幼虫を計数した。同時に、主茎と分枝・葉柄の内部に食害痕やそれに伴う褐変が生じていたものを被害主茎および被害分枝・葉柄として計数し、被害主茎率と被害分枝・葉柄率を算出した。

被害分枝・葉柄率と1茎当たりの幼虫数は、高野新田A圃場は72.1%で100.9頭、高野新田B圃場は90.8%で20.6頭、高野新田C圃場では100%で114.8頭だった (図-2)。弘前市門外圃場の被害分枝・葉柄率は3.4%で、1茎当たり平均で0.3頭の老齢幼虫が確認された。つがる市木造林圃場の被害分枝・葉柄率は15.4%で、老齢幼虫を主体に1茎当たり平均で2.0頭の発生が見られ、山間地圃場だけでなく平坦地でも発生していることが確認された。

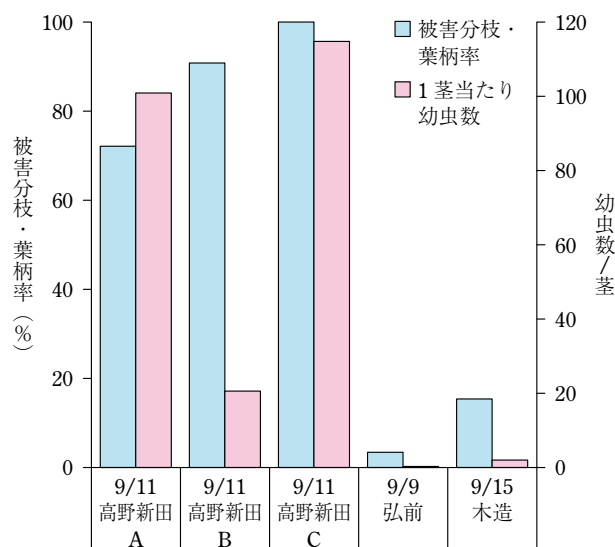


図-2 2017年のダイズ圃場におけるダイズクキタマバエ幼虫の発生量と被害分枝・葉柄率

注1) 大鰐町 (高野新田A~C), 弘前市 (弘前) は無作為に採取した10茎当たりの数値, つがる市 (木造) は茎表面に褐色不定形斑が見られた5茎当たりの数値。

2 幼虫発生推移

幼虫の発生推移を確認するため、猿倉と高野平圃場で調査を実施した。2018年8月2日からおむね7日おきに9月18日まで5茎を採取し、2017年と同様の方法で主茎および分枝・葉柄における幼虫数と被害程度を調査した。幼虫の齢数は体長約1.5mm未満かつ体色が半透明~薄い白色の幼虫を若齢, 体長約1.5mm~2.5mm未満で体色が白色のものを中齢, 体長約2.5mm以上かつ体色が乳白色~赤橙色のものを老齢と大まかに区別して行った。

被害主茎率は猿倉圃場で8月29日、高野平圃場で8月20日に80%であった以外は100%であり、高い値で推移した (図-3)。猿倉圃場の被害分枝・葉柄率は、調査を開始した8月2日の段階で30.9%, その後8月29日まで20%前後で推移したが、9月11日に76.2%まで急増した。高野平圃場の被害分枝・葉柄率は8月2日の時点で51.5%であったが、その後低下して8月20日には6.3%となった。しかし、8月29日以降は再度上昇して9月18日には60.8%に達した。

猿倉および高野平圃場では、調査を開始した8月2日から分枝・葉柄と主茎で幼虫が確認され (図-4), 分枝・葉柄では若中齢幼虫だけでなく赤変した老齢幼虫も見られた (図-1d)。この時点で老齢が見られたことから、前世代成虫のダイズへの産卵は7月中下旬ころに行われたと推察された。本種はダイズだけではなくクズ *Pueraria lobata* も利用可能であるとの報告がある (持田, 1992)。

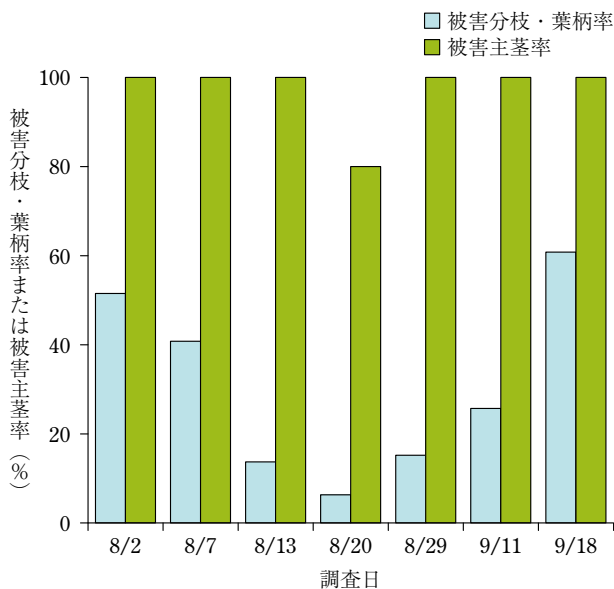
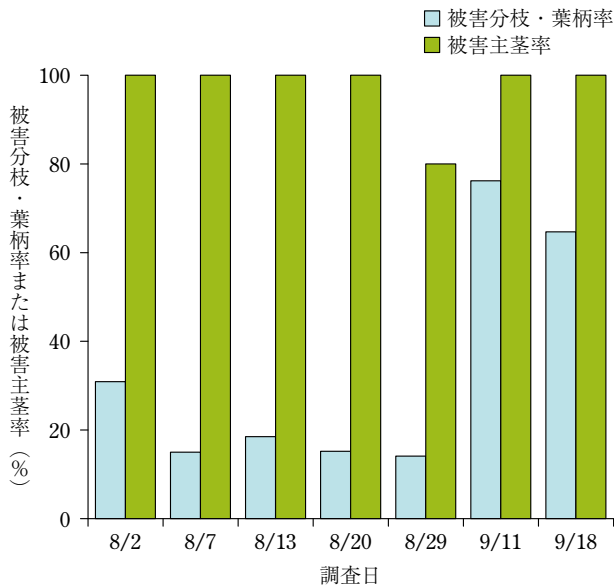


図-3 2018年の猿倉および高野平圃場における被害分枝・葉柄および被害主莖率の推移 (上:猿倉圃場 下:高野平圃場)

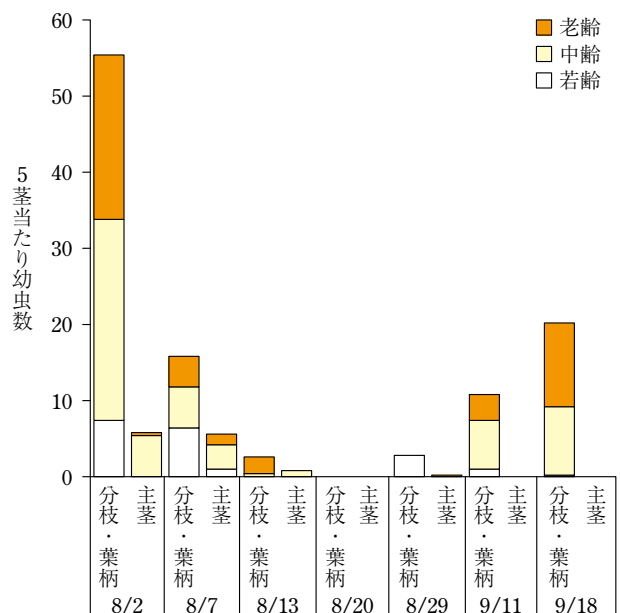
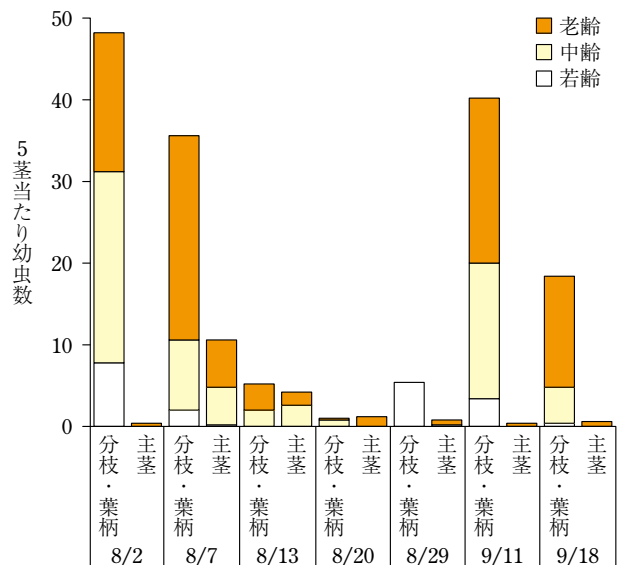


図-4 2018年の猿倉および高野平圃場における幼虫数の部位別発生推移 (上:猿倉圃場 下:高野平圃場)

青森県内において本種がクズを利用しているとすれば、クズで1世代または複数世代を経た後、7月中旬以降にダイズへ移動し、産卵した可能性も考えられる。しかし、過去に行われた室内飼育実験(門前, 1936)では、昭和10年9月採集の幼虫が翌11年の7月下旬~8月中下旬に羽化したとあり、7月以前に他の植物で世代を経てからダイズへ移動したというよりは、土中での長い休眠を経た後、7~8月にかけて成虫が羽化し、産卵した可能性のほうが高いように思われる。

部位別の幼虫数は、分枝・葉柄では両圃場とも8月20日まで減少し、若齢幼虫は8月13~20日に見られなくなったが、8月29日から再び確認されるようになった

た(図-4)。本種の年間発生回数については岩手県における年1回との報告(吉田, 1950)や、2回発生を示唆する記録(菅原ら, 1954)がある。本研究では、若齢幼虫が8月2~7日と8月29日~9月11日の間に見られたことから、ダイズ作付中に2回発生したと考えられる。

幼虫の多くは分枝および葉柄に発生し、主莖における幼虫数は調査期間を通じて少なかった(図-4)。葉柄では若齢から老齢までの幼虫が確認されたが、主莖では中老齢が主体で、若齢幼虫の割合は葉柄に比べて少なかった。本種の成虫は小葉の基部に産卵し、ふ化した幼虫はそこから葉柄内に食入し、下方へ食害を広げるとされる(門前, 1936; 持田, 1992)。若齢幼虫が主莖よりも分枝

と葉柄部分に多かったのは、このような産卵生態に起因すると考えられる。加えて、主茎で中老齢幼虫が多数見られたのは、分枝と葉柄内部の餌資源を若齢期から中齢期にかけて消費した後、主茎に一部の成長した幼虫が侵入したためと推察された。

III 多発条件の検討

門前(1936)は本種の多発条件として山間地の溪谷畑地などで風通しが悪く、日照が少なく、湿度が高いなどといった地理的条件と気象条件とを挙げている。そこで、発生量の多かった山間地に位置する高野新田、猿倉、高野平圃場と発生量が少なかった平坦地の弘前市門外圃場の降水量と日平均気温を比較した。多発時の条件を上述の条件と比較するため、2017、18年の6~9月までのアメダス日別気象値を用いて降水量と日平均気温の平年比を求めた。大鱈観測所は雨量計のみ設置されており、気温に関する平年値が得られなかったことから、調査圃場から直線距離で北東約8kmの地点にある碓ヶ関気象観測所のデータを代用した。

2017、18年の6~9月までの大鱈圃場近隣地域の気温は、7月が平年よりやや高い傾向であったことを除いて、いずれの月も平年より低かった。また、6月および7月の降水量は2か年とも平年比1.5倍と非常に多かったことから、湿度の高い状況が継続していたことがうかがえる(表-1)。弘前圃場においても、2017年の気温が7月を除いてやや低温で推移した傾向は大鱈圃場近隣地域と

類似していたが、降水量は平年並であり、圃場周辺の湿度は大鱈圃場より低く抑えられていたと推察された。

以上のことから、2017、18年の大鱈地区では、山間地で日照が少ないという地理的条件に、低温・多雨という条件が加わり、圃場周辺の湿度が高い状況が継続したことによって既報(門前, 1936)にあるような多発条件が満たされ、本種が多発した可能性がある。

おわりに

1938年の記録を最後に約80年もの間、県内で本種による大規模な被害は報告されてこなかった。それにもかかわらず突然多発したのは、ダイズの栽培面積の増加に伴い、これまでダイズを作付けしていなかった地域でも栽培が行われるようになったことと関連しているように思われる。実際に、多発が見られた大鱈町の圃場はいずれも水田から転作後連作4年未満の圃場であり、それ以前はダイズの作付けがなかったため、本種による被害が生じ得なかったと考えられる。今後も山間地で稲からダイズへの転作が進行した場合、より複数の地点で被害が顕在化していく可能性がある。

2017年の調査では山間地圃場だけでなく、平坦地に位置する2圃場でも本種の発生が確認された。弘前圃場では被害症状が認められなかったにもかかわらず、調査時に茎を縦裂したところ発生が認められ、木造圃場では大鱈圃場で確認された被害症状を元に調査を行った結果、一定の被害と発生が確認された。弘前圃場、木造圃

表-1 大鱈圃場近隣地域と弘前における日別降水量の合計および月平均気温の平年比と平年差

地域・年月	降水量 (mm)	平年比 (%)	日平均気温 (°C)	平年差 (°C)
2017				
大鱈				
6月	153.5 (97.8) ^{a)}	157.0	15.9 (17.6) ^{a)}	-1.7
7月	236.0 (156.7)	150.6	22.5 (21.4)	1.1
8月	155.5 (183.6)	84.7	20.7 (22.9)	-2.2
9月	156.0 (167.8)	93.0	16.4 (18.1)	-1.7
2017				
弘前				
6月	76.0 (72.1)	105.4	17.2 (17.9)	-0.7
7月	118.5 (109.2)	108.5	24.0 (21.7)	2.3
8月	102.0 (130.3)	78.3	22.1 (23.4)	-1.3
9月	107.5 (131.2)	81.9	18.5 (18.9)	-0.4
2018				
大鱈				
6月	148.5 (97.8)	151.8	17.1 (17.6)	-0.5
7月	227.0 (156.7)	144.9	22.7 (21.4)	1.3
8月	231.5 (183.6)	126.0	21.6 (22.9)	-1.3
9月	169.0 (167.8)	101.0	17.8 (18.1)	-0.3

^{a)} 括弧内の数値は平年値。

場とも、事前に本種が発生している可能性や被害症状を認識したうえで調査した結果、発生を確認できたのであり、実際にはこれまでも一定の被害や発生があったとしても見落とされていた可能性も考えられる。

余談となるが、2017、18年に加え、2019年も猿倉、高野平圃場で調査を実施したが、発生は確認されなかった(データ未掲載)。2019年は7~9月まで平均気温が平年を上回り、6~9月の降水量も平年の56%と水不足であり、ダイズが圃場で立枯れ寸前となるような場合も散見された。本種の多発を気象条件のみで説明するのは早計かもしれないが、関連は強いように思われる。青森県における多発は2019年にいったん終息し、調査継続が困難な状況となったが、北海道道南地方では青森より一年早い2016~19年まで継続的に本種による多発と被害が確認されており(青木, 2019)、現在も防除法や予

察法を検討しているとのことなので、今後の報告を期待したい。

引用文献

- 1) 青木元彦 (2019): 応動昆第63回大会講要: 52.
- 2) FOLMER, O. et al. (1994): *Mol. mar. biol.* **3**: 294~299.
- 3) 持田 作 (1992): 畑作物の病害虫—診断と防除—(高橋廣治・持田 作 編), 全農協, 東京, p.396.
- 4) ——— (2003): 日本農害虫大事典(梅谷献二・岡田利承 編), 全農協, 東京, p.168.
- 5) 門前弘多 (1936): 盛岡高農同窓會學術彙報 **12**: 45~48.
- 6) ——— (1955): 岩手大学芸研年報 **9**: 34~48.
- 7) 櫻井 清・西島 浩 (1953): 日本に於ける大豆害蟲の分布と害相(桑山 覚 編), 養賢堂, 東京, p.31~32.
- 8) 菅原寛夫 (1953): 同上, 養賢堂, 東京, p.53~54.
- 9) ———ら (1954): 北日本病害虫研報 **3**: 135~136.
- 10) 對馬佑介 (2019): 同上 **70**: 125~130.
- 11) 吉田恭平 (1950): 東北病虫研 **1**: 11~12.
- 12) 湯淺啓温 (1936): 應用動物學雜誌 **18**: 155~158.
- 13) YUKAWA, J. et al. (2009): *Appl. Entomol. Zool* **44**: 655~666.



封筒法によるハダニ類の簡易な薬剤感受性検定

茨城県病害虫防除所 ふじ藤 わら原 さとし聡*

はじめに

ハダニ類は発育が速く、増殖力が高いので、殺ダニ剤の年間散布回数も多く、薬剤抵抗性の発達しやすい害虫である(浜村, 2013)。さらに、同じ地域内であっても、圃場によって効果のある薬剤が異なる(今村・國本, 2016)こともあり、より多くの圃場の個体群を薬剤感受性検定に供したうえて、「『効くか、効かないか』というおおまかな情報をできるだけ迅速に知ること」という生産者の要望(井村, 2012)に応えるためには、普及センターや生産現場で実施できる簡易な薬剤感受性検定法が不可欠である。

そこで、溝部ら(2015)は、紙袋法を開発した。紙袋法は、薬液に浸漬した寄生葉を紙袋内で24時間静置し、乾燥により寄生葉から移動して歩行する生存虫をルーペで観察し、有効薬剤を判定する手法である。他方、ルーペを使わずにハダニ類の寄生密度を推定することを目的として、紙上でダニを押し潰し、形成された体液痕を観察する払落とし-押し潰し法(豊島ら, 2008)が知られている。

本稿では、既往の方法において、生存虫が乾燥した寄生葉から移動することと、ダニを紙上で押し潰して体液痕を形成させることに着目し、それらを組合せることによって考案した「封筒法」(藤原・鹿島, 2019)について紹介する。そのうえで、本法に適した葉片の大きさを検討し、有用性を検証したそれぞれの結果を説明する。本文に入るに先立ち、原稿を読み、有益な助言をくださった茨城県病害虫防除所発生予察課長 鹿島哲郎氏に厚くお礼申し上げる。

I 封筒法 (図-1)

長形3号の封筒を長辺の中央で山折りし、ふたを折る。ハダニ類の寄生葉を実用濃度に希釈した殺ダニ剤に10

秒間浸漬した後、ただちに葉片を封筒の折り目より奥に入れ、折り目を頂点として室内に24時間静置する。その後、乾燥した葉片を除去し、封筒を均平に押し潰す。死亡虫は葉上に残るため取り除かれるが、生存虫は葉片の乾燥にともなって封筒内を移動するため、押し潰された結果、体液痕が形成される。封筒を切り開いた後、内面に形成された体液痕を観察する。体液痕の形成を認めた場合は、その多寡にかかわらず、薬剤感受性が低下している可能性を疑う。

II 供試ダニおよび植物

2018年8月31日に茨城県農業総合センター園芸研究所のナシから採集したカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* Kishida と、2018年3月15日に茨城県銚田市のイチゴから採集したナミハダニ黄緑型 *T. urticae* Koch の各個体群を用いた。また、カンザワハダニにはナシ‘幸水’の展開した果そう葉、ナミハダニ黄緑型にはイチゴ‘とちおとめ’の中位葉を供試した。なお、本研究では、すべての操作において、ダニを接種した葉片を用いた。

III 封筒法に適した葉片の大きさの検討

封筒法を迅速な検定法とするためには、薬剤処理後の生存虫が24時間以内に寄生葉からの移動を終えられるよう、封筒内で適時に乾燥する葉片の大きさを明らかにする必要がある。そこで、薬剤を処理しない条件において、雌成虫10個体を接種する葉片の大きさを変え、葉片の大きさが封筒内に形成された体液痕数に及ぼす影響を調査することにより、封筒法に適した葉片の大きさを求めた。

3水準(全葉、半葉、直径2cmのパンチ葉)の大きさの葉片を作製し(図-2)、水準間で体液痕数を比較した結果、両植物とも、半葉とパンチ葉の体液痕数は全葉より有意に多く、接種した個体の85~93%が体液痕を形成した(表-1)。半葉以下の大きさの葉片はよく乾燥し、ダニの移動が促されたと考えられる。ただし、薬剤の影響下で葉片をより小さなものとするのは、葉片の乾燥を促進し、ダニの移動を致死より早める原因とな

A Simplified Procedure of Testing Spider Mite Susceptibility to Acaricides by Envelope Method. By Satoshi FUJIWARA

(キーワード: ハダニ類, 薬剤感受性検定, 封筒, 体液痕)

*現所属: 茨城県農林水産部農業経営課農業参入支援室



図-1 封筒法によるハダニ類の簡易な薬剤感受性検定の手順

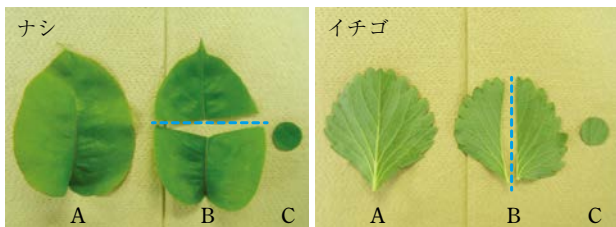


図-2 封筒法に適したナシおよびイチゴ葉片の大きさを検討するために作製した3水準(全葉, 半葉, パンチ葉)の大きさの葉片

- A: 全葉. ナシでは葉柄を切除した葉, イチゴでは小葉とした.
- B: 半葉. ナシでは葉柄を切除し, 中肋に対して直角方向で2分の1に切った葉片, イチゴでは小葉を中肋に沿って2分の1に切った葉片とした(破線の通り切り分けした方).
- C: パンチ葉. 直径2 cmのコルクボーラーで打ち抜いた葉片とした.

り, その結果, 本来葉上に残るはずの死亡虫が体液痕を形成し, 薬効の過小評価を導くおそれがある。反対に, より大きな葉片は封筒内に占める面積が大きいため, 移動を開始した個体であっても葉片上に位置する可能性が高まる。実際にナシの全葉において, 除去した葉片上を歩行する個体が認められた(藤原, 未発表)。このような個体は体液痕を形成しないため, 薬剤処理後の生存虫

表-1 カンザワハダニおよびナミハダニ黄緑型の雌成虫10個体を接種したナシおよびイチゴ葉を用いた封筒法における葉片の大きさが封筒内に形成された体液痕数に及ぼす影響(平均±SE)

葉片の大きさ	N ^{a)}	体液痕数(個) ^{b)}	
		ナシ- カンザワハダニ	イチゴ- ナミハダニ黄緑型
全葉 ^{c)}	10	6.1 ± 0.5 b	7.7 ± 0.3 b
半葉 ^{d)}	10	8.6 ± 0.4 a	9.2 ± 0.3 a
パンチ葉 ^{e)}	10	8.5 ± 0.4 a	9.3 ± 0.2 a

- a) 反復数.
- b) 同列の同一英字を付したデータ間に有意差はない(Bonferroni correction after Mann-Whitney U test, $p > 0.05$).
- c) ナシでは葉柄を切除した葉, イチゴでは小葉とした.
- d) ナシでは葉柄を切除し, 中肋に対して直角方向で2分の1に切った葉片, イチゴでは小葉を中肋に沿って2分の1に切った葉片とした.
- e) 直径2 cmのコルクボーラーで打ち抜いた葉片とした.

(藤原・鹿島, 2019を改変)

の存在を見過ごすこととなり, 薬剤の効果が過大に評価される原因となろう。これらのことから, 本研究では, 封筒法に適した葉片の大きさの範囲を明らかにすることはできなかったものの, 封筒法に用いるナシおよびイチゴ葉片の大きさとしては, 操作の簡便性をふまえ, いず

れも半葉が適当であると判断した。

IV 封筒法の有用性の検証

1 慣行法（散布法）との比較

封筒法を有用な検定法とするためには、封筒法の死虫率と慣行法の死虫率との間に何らかの関係があることを確かめる必要がある。そこで、体液痕数を生存虫数として算出した封筒法の死虫率と、慣行法の死虫率とを比較した。供試した殺ダニ剤は、表-2の通り速効性の薬剤を中心に選んだが、クロルフェナピル水和剤はやや遅効的とされる（福地・葎谷，1997）。

封筒法と慣行法の死虫率の関係を検討したところ、両者の死虫率がすべて一致する場合の直線（ $y = x$ ）の下側により多くのデータが分布しており、封筒法の死虫率は慣行法より低くなる傾向が見られた（図-3）。これは、慣行法で死亡虫として扱われる苦悶虫が、封筒法では体液痕を形成し、生存虫に含まれることがあるためと考えられる。また、カンザワハダニのクロルフェナピルにおいて、封筒法の死虫率が慣行法より約70ポイント低かった。クロルフェナピルはやや遅効的であるため、ダニが致死する前に封筒内を移動する可能性がある。そのため、遅効的な薬剤に対する感受性の検定に封筒法を利用することは、薬効の過小評価をもたらすおそれがあり、適切ではない。ただし、両者の死虫率に有意な正の相関が認められたため、封筒法は、速効性の薬剤に対する感受性の検定法として活用できると考えられる。

2 雌成虫の体液痕の識別性および視認性の確認

封筒法の実用場面では、様々な発育ステージの個体が混在している野外の寄生葉を使うため、形成される体液痕も大小様々となることが想定される。しかし、ハダニ類の薬剤感受性検定では雌成虫を用いることが一般的で

ある（浜村，1996）ことから、封筒法においても、雌成虫の体液痕を容易に識別し、観察できることが望ましい。そこで、各発育ステージ（幼虫，第1若虫，第2若虫および雌雄成虫）の体液痕径を測定することにより、雌成虫の体液痕の識別性と視認性を確認した。

各発育ステージの体液痕径を比較した結果、両個体群とも雌成虫の体液痕が最も大きく（表-3）、肉眼で容易に視認できる大きさであった（図-4：カンザワハダニ，体色が比較的淡いナミハダニ黄緑型も同様に観察できた）。そのため、封筒法では、ルーペなどの器具を用いることなく、雌成虫の体液痕に注目して観察することが

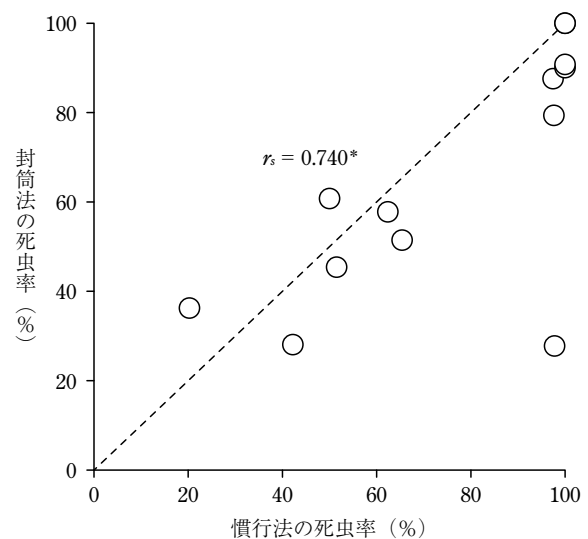


図-3 各種殺ダニ剤を処理したナシのカンザワハダニおよびイチゴのナミハダニ黄緑型雌成虫における封筒法および慣行法（散布法）の死虫率の関係

破線は封筒法と慣行法の死虫率がすべて一致する場合の直線（ $y = x$ ）を示す。*は r_s (Spearman's rank correlation coefficient) が有意であることを示す（ $p < 0.05$ ）。

（藤原・鹿島，2019を改変）

表-2 封筒法と慣行法（散布法）との比較に供試した殺ダニ剤および希釈倍数

殺ダニ剤	希釈倍数 ^{a)}	
	ナシ- カンザワハダニ	イチゴ- ナミハダニ黄緑型
アバメクチン乳剤	-	1,000
アセキノシル水和剤	1,000	1,000
ピフェナゼート水和剤	1,000	1,000
クロルフェナピル水和剤	2,000	2,000
シエノピラフェン水和剤	2,000	-
シフルメトフェン水和剤	-	1,000
エマメクチン安息香酸塩乳剤	-	2,000
ミルベメクチン水和剤	2,000	2,000
ピフルブミド水和剤	3,000	-

a) -：試験なし。

（藤原・鹿島，2019を改変）

表-3 ナシのカンザワハダニおよびイチゴのナミハダニ黄緑型における各発育ステージの個体が封筒内で形成した体液痕径（平均±SE）

発育ステージ	N ^{a)}	体液痕径 (mm) ^{b)}	
		ナシ- カンザワハダニ	イチゴ- ナミハダニ黄緑型
幼虫	30	0.22 ± 0.01 d	0.22 ± 0.01 d
第1若虫	30	0.34 ± 0.02 c	0.31 ± 0.01 c
第2若虫	30	0.65 ± 0.04 b	0.51 ± 0.02 b
雌成虫	30	0.81 ± 0.04 a	0.93 ± 0.04 a
雄成虫	30	0.37 ± 0.02 c	0.43 ± 0.02 b

a) 測定した体液痕数。

b) 同列の同一英字を付したデータ間に有意差はない（Bonferroni correction after Mann-Whitney U test, $p > 0.05$ ）。

（藤原・鹿島，2019を改変）

表-4 封筒法に関するアンケートの質問および回答状況 (回答者数 69 人^{a)})

質問	回答					
	正答率 (%)					
(生産者および市町村職員対象)	<30 歳代 (26 人)	40 歳代 (14 人)	50 歳代 (11 人)	60 歳代 (15 人)	70 歳代< (2 人)	
Q1 封筒の内面に体液痕 (ハダニがつぶれた痕) はいくつありましたか? (正答: 4 個)	65.4	64.3	81.8	53.3	100	
(以下, 生産者対象)	はい		いいえ		無回答	
	人数	比率 (%)	人数	比率 (%)	人数	比率 (%)
Q2 封筒を利用した方法は, 薬剤の選択に役立ちそうですか?	31	75.6	8	19.5	2	4.9
Q3 封筒を利用した方法を自分で試してみたいと思いますか?	28	68.3	12	29.3	1	2.4
Q4 (Q3 でいいえを選んだ方にお聞きします。) 関係機関 (普及指導員, JA 等) にこの方法で効果を確認してほしいと思いますか?	7	58.3	4	33.3	1	8.3

^{a)} 無回答が含まれているため, 全年代の合計人数と合致しない。

(藤原・鹿島, 2019 を改変)

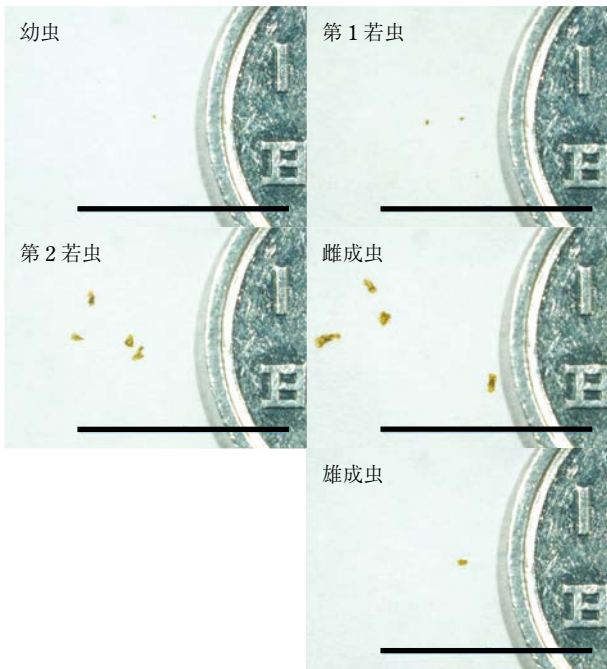


図-4 ナシのカンザワハダニにおける各発育ステージの個体が封筒内で形成した体液痕
 写真中のバーは 10 mm を示す。体液痕の大きさを比較しやすくするため, 右端に 1 円貨幣を配置して撮影した。

を実施した。アンケートの実施に際し, ナミハダニ黄緑型雌成虫の体液痕 4 個を形成させた封筒を配付した。

体液痕 4 個を正答とし, 確認できた体液痕数を問うた結果, 60 歳代以上でも正答率は 50% を超え, 生産者の回答者の 75.6% が, 封筒法は薬剤の選択に役立ちそうと回答した (表-4)。そのため, 初心者でも体液痕の観察は可能であり, 封筒法は無理なく生産現場へ導入できる可能性が高いことがわかった。

おわりに

封筒法は, 薬剤処理前の供試虫の計数を省略するため, 死虫率を算出することはできない。また, 遅効的な薬剤の感受性検定には適さず, 卵や幼若虫への作用を主とした薬剤の感受性検定には利用できない。このような問題はあるものの, 簡単な手順で迅速に結果がわかり, 必要な材料は殺ダニ剤と封筒のみと安価である本法は, 普及センターや生産現場において, ハダニ類の薬剤感受性を把握するためのごく簡易な手法として活用できる可能性がある。また, 既往の簡易な検定法に比べて装置が小型であり, ダニの逸出がないという利点もある。今後は, 実際の検定事例を積み重ねるとともに, ナシおよびイチゴ以外の植物への応用についても検討を進める必要がある。

一方, 薬剤抵抗性管理の生産現場への普及が強く提起される中で, 現場の指導者が薬剤感受性モニタリングに取り組むことの有効性が説かれている (山本, 2019) ことから, 将来的には, 封筒法がその一助となることを期

できる。

3 生産現場への適用性の評価

初心者による体液痕の視認性と生産者の所感に基づき, 封筒法の生産現場への適用性を評価するため, 2019 年 2 月 18 日に開催された平成 30 年度第 2 回病害虫防除員研修会において, 封筒法の手順を提示してアンケート

待したい。

引用文献

- 1) 藤原 聡・鹿島哲郎 (2019): 関東東山病虫研報 66: 118~122.
- 2) 福地俊樹・渡谷圭子 (1997): 第41回応動昆大会講要: 71 (C206).
- 3) 浜村徹三 (1996): 植物ダニ学, 全農教, 東京, p.323~330.
- 4) ——— (2013): 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル, 日植防, 東京, p.99~101.
- 5) 今村剛士・國本佳範 (2016): 奈良農研セ研報 47: 34~36.
- 6) 井村岳男 (2012): 植物防疫 66: 255~259.
- 7) 溝部信二ら (2015): 山口農林総技セ研報 6: 29~32.
- 8) 豊島真吾ら (2008): 応動昆 52(3): 107~112.
- 9) 山本敦司 (2019): 植物防疫 73: 766~773.

登録が失効した農薬 (2020.5.1~5.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

〔殺虫剤〕

●ニテンピラム粉剤

- 19104：ベストガード粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●カルタップ・ニテンピラム粒剤
19105：パダンベスト粒剤 (住友化学) 20/5/15

〔殺菌剤〕

●オリサストロビン粒剤

- 21747：嵐粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●オリサストロビン粒剤
21748：嵐箱粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●ジクロシメット・フェリムゾン粉剤
20903：ブラストップ粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●ジクロシメット・フェリムゾン水和剤
20906：住友化学ブラストップフロアブル (住友化学) 20/5/15
●ジクロシメット水和剤
21023：デラウス顆粒水和剤 (住友化学) 20/5/15

〔殺虫殺菌剤〕

●クロチアニジン・オリサストロビン粒剤

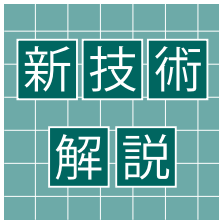
- 21749：BASF 嵐ダントツ箱粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●クロチアニジン・オリサストロビン粒剤
21750：嵐ダントツ箱粒剤 (住友化学) 20/5/12
●フィプロニル・オリサストロビン粒剤
21751：嵐プリンス箱粒剤 10 (BASF ジャパン) 20/5/12
●フィプロニル・オリサストロビン粒剤
21752：嵐プリンス箱粒剤 6 (BASF ジャパン) 20/5/12
●ジノテフラン・オリサストロビン粒剤
21884：嵐スタークル粒剤 (三井化学アグロ) 20/5/12
●ジノテフラン・オリサストロビン粒剤
21885：BASF 嵐スタークル粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●エチプロール・オリサストロビン粒剤
22106：嵐キラップ粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●ジノテフラン・オリサストロビン粒剤
22107：嵐スタークル箱粒剤 (日産化学) 20/5/12
●ジノテフラン・オリサストロビン粒剤
22108：BASF 嵐スタークル箱粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●ジノテフラン・オリサストロビン粒剤
22109：嵐スタークル箱粒剤 (三井化学アグロ) 20/5/12
●フィプロニル・オリサストロビン粒剤
22966：北おろし箱粒剤 (BASF ジャパン) 20/5/12
●スピノサド・フィプロニル・オリサストロビン粒剤

23392：嵐プリンススピノ箱粒剤 10 (BASF ジャパン) 20/5/12

●スピノサド・フィプロニル・オリサストロビン粒剤
23393：嵐プリンススピノ箱粒剤 6 (BASF ジャパン) 20/5/12

●カルタップ・ニテンピラム・バリダマイシン粉剤

- 19108：パダンバリダベスト粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●ニテンピラム・フェリムゾン・フサライド粉剤
19319：ブラシンベスト粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●カルタップ・ニテンピラム・フェリムゾン・フサライド粉剤
19725：ブラシンパダンベスト粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●ニテンピラム・バリダマイシン・フェリムゾン・フサライド粉剤
19748：ブラシンバリダベスト粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●カルタップ・ニテンピラム・バリダマイシン・フェリムゾン・フサライド粉剤
20078：ブラシンパダンバリダベスト粉剤 DL (住友化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
20368：デラウスプリンス粒剤 06 (住友化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
20370：日産デラウスプリンス粒剤 06 (日産化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
20371：デラウスプリンス粒剤 10 (住友化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
20373：日産デラウスプリンス粒剤 10 (住友化学) 20/5/15
●カルタップ・ジクロシメット粒剤
20376：デラウスパダン粒剤 (住友化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット・フラメトピル粒剤
20584：デラウスプリンスリンバー箱粒剤 (住友化学) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
21045：BASF デラウスプリンス粒剤 06 (BASF ジャパン) 20/5/15
●フィプロニル・ジクロシメット粒剤
21062：BASF デラウスプリンス粒剤 10 (BASF ジャパン) 20/5/15
●クロチアニジン・ベンスルタップ・バリダマイシン・フェリムゾン・フサライド粉剤
21943：ハスラー S 粉剤 DL (住友化学) 20/5/15



ペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性検定法

三井化学アグロ株式会社 農業化学研究所 ゆたに さとし さくらい せいや おはら としあき
湯谷 智・櫻井 誠也・小原 敏明

はじめに

ペンチオピラド（試験開発番号：MTF-753）は、三井化学アグロ株式会社が創出し開発した殺菌剤である。本化合物は、カルボン酸アミド系殺菌剤に属し、ミトコンドリア電子伝達系複合体 II のコハク酸脱水素酵素の反応を阻害する SDHI (SUCCINATE DEHYDROGENASE INHIBITORS) 剤である（柳瀬ら, 2006；YOSHIKAWA et al., 2011；YANASE et al., 2013 a；2013 b）。本化合物は、灰色かび病、うどんこ病およびリンゴ黒星病等の子嚢菌による病害、*Rhizoctonia* 属菌等の担子菌による病害に対し活性を示し、単剤として、2009 年に芝用（商品名：ガイア®顆粒水和剤）、2010 年に野菜・果樹用（商品名：アフエット®フロアブル）、2014 年に果樹用（商品名：フルーツセイバー®）を、混合剤として、クロロタロニル混合剤（商品名：ベジセイバー®）、メパニピリム混合剤（商品名：ピカット®フロアブル）、マンゼブ混合剤（商品名：ユニゾン水和剤）、キャプタン混合剤（商品名：フルーツガード®WDG）をそれぞれ上市し、国内市場で開発・適用拡大を進めている。

リンゴ黒星病は、*Venturia inaequalis* によって引き起こされ、葉、枝や果実に円形の褐色～暗褐色の病斑を形成するリンゴの最重要病害の一つである。本病に対し卓効を示す薬剤として、ベンズイミダゾール系殺菌剤、ステロール生合成における C14 位の脱メチル化阻害剤（DMI 剤：DEMETHYLATION INHIBITORS）、ストロピルリン系殺菌剤（QoI 剤：QUINONE OUTSIDE INHIBITORS）等が登録を取得しているが、既に耐性菌の存在が確認されており、薬剤耐性リスクが高い病害の一つとされている（西田・渡辺, 1975 a；1975 b；瀬川・中沢, 1980；赤平ら, 2017；平山ら, 2017 a；2017 b；雪田, 2017）。

Testing Methods of Sensitivity to Penthiopyrad on *Venturia inaequalis* Causing Apple Scab. By Satoshi YUTANI, Seiya SAKURAI and Toshiaki OHARA

（キーワード：殺菌剤，SDHI 剤，感受性検定方法，リンゴ黒星病菌）

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (FRAC) は、国際的な殺菌剤耐性管理ガイドラインを提供している組織であり、日本支部である Japan FRAC (J FRAC) は、2017 年 9 月から農薬工業会内の組織として情報を提供している (URL；<https://www.jpca.or.jp/labo/jfrac/>)。2020 年 3 月、基幹剤であった DMI 剤、QoI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生に伴い、「りんご病害の耐性菌対策」として、複合リスク値を算出、耐性リスク評価を踏まえた耐性菌対策を推奨している（農薬工業会 J FRAC https://www.jpca.or.jp/labo/jfrac/pdf/evaluation_pdf02.pdf）。その中で、殺菌剤リスクを高 (6)、中 (4)、低 (1)、病原菌リスクを高 (3)、中 (2)、低 (1)、栽培リスクを高 (1)、中 (0.5)、低 (0.25) に分類し、リンゴ黒星病は病原菌リスク高 (3)、栽培リスク高 (1)、ペンチオピラド剤を含む SDHI 剤の殺菌剤リスクは中～高 (4～6) と算出された。以上より、SDHI 剤によるリンゴ黒星病防除における複合リスク値は 12～18 であり、耐性管理ガイドラインでは、重点防除時期における使用回数を 1 回に限定することが推奨されている。したがって、SDHI 剤によるリンゴ黒星病防除では、感受性モニタリングに基づいた耐性菌マネジメントが必要不可欠とされている。

ペンチオピラドについては、灰色かび病菌、リンゴ黒星病菌、トマト葉かび病菌、ナスすすかび病菌およびキュウリうどんこ病菌に対する感受性検定方法が検討・確立され、それぞれの病原菌における感受性ベースラインが設定されている（櫻井, 2007；SAKURAI et al., 2011；小原・堤, 2015）。リンゴ黒星病菌については、GLYE 寒天培地を用いた感受性検定方法を設定し、2005～06 年に採取した 117 菌株を用いて、90% 生育阻止濃度 (EC₉₀ 値) = 0.03～1 ppm、50% 生育阻止濃度 (EC₅₀ 値) = 0.01～0.1 ppm を算出し感受性ベースラインは EC₉₀ 値 = 1 ppm 以上と設定した（櫻井, 2007）。一方、本病に対し、ベンズイミダゾール系殺菌剤、DMI 剤については、PDA 培地を用いた感受性検定方法が設定されている（石井, 1998）。しかしながら、従来方法は、再現性が高いことが利点であるが、検定期間が 3 週間と長く、罹病葉か

らの分離期間を含めると約2か月程度必要であることが問題点であった。本問題を解決すべく考案されたのが、「発芽管隔膜法」である(梅本・長井, 1979)。本方法では、病斑から分離・培養することなく、直接、分生子を検定用培地に塗抹接種し、2~3日間の培養後、分生子発芽管の隔膜形成の有無を光学顕微鏡で観察する。本方法は簡易かつ迅速に検定できるが、コンタミネーションのリスクがあること、分生子発芽阻害活性が低い作用性の殺菌剤に適用できないこと、耐性程度の判定ができないこと等の問題点があり、検定の目的に応じて使用することが推奨されている(石井, 1998)。筆者らは、ペンチオピラドの感受性検定方法および検定培地について検討した結果、YBG寒天培地が適していること、検定期間を10日間程度に短縮可能な検定方法を見いだした(湯谷ら, 2017)。本稿では、YBG寒天培地を用いたペンチオピラドの感受性検定方法について紹介する。

I サンプルング方法

リング黒星病菌は、罹病葉上で比較的旺盛に分生子の形成を行う。そのため、病気が十分に発生している園地であれば、検定に供試する罹病葉を比較的容易にサンプルリングすることができる。しかしながら、本菌は培地上での生育が遅いため、高率で菌の分離を行うには、できるだけ雑菌の混入がない新鮮な病斑を採取することが望ましい。また、慣行防除により薬剤が散布されている場合、停止型病斑など、典型的な病斑となっていない場合があるため、サンプルングの際は十分に病斑を確認したほうがよい。事前の薬剤散布の日程確認も必要である。圃場における採取場所としては、1圃場の発病状況を反映できる複数地点から罹病葉各1枚程度ずつを採取する。採取した罹病葉は1枚ずつポリ袋に入れ、実験室に持ち帰る。採取場所だけでなく、防除に使用した薬剤の防除暦および採取前に処理した薬剤の使用履歴を記録しておくことよ。

II 接種源の準備

SDHI剤の場合、ベンズイミダゾール系殺菌剤とは異なり、同一病斑上での薬剤感受性の程度が明確にされていないため、検定には単胞子分離した菌株を用いることが望ましい(石井, 1998)。一例として、筆者らが行った方法を紹介する。分生子形成が旺盛かつ新鮮な病斑から白金耳で分生子を軽くかきとり、滅菌水に懸濁させる。あらかじめシャーレに流し込み固化させたストレプトマイシン硫酸塩 200 ppm 含有素寒天培地に、分生子懸濁液をφ9 cm シャーレ当たり 50 個程度の分生子数と

なるように一面に塗布し、風乾後、20℃で培養、分生子を発芽させる。5~10日間程度培養した後、フタをした状態でシャーレを裏返し、顕微鏡下にて単分生子から発芽した発芽分生子を探し、その箇所をサインペンなどでマークする。その後、クリーンベンチ内で、マークした部位を殺菌した白金耳やピンセット等を使い寒天ごと切り出して、ストレプトマイシン硫酸塩 200 ppm 含有 PDA 培地に移し、20℃で培養を行う。菌叢が直径 10 mm 程度まで生育すれば、感受性検定に供試可能であるが、リング黒星病菌は固体培地において菌の生育が遅いため、およそ2~4週間程度培養する必要がある。

III 検定培地の選抜

ペンチオピラドの感受性検定方法として、GLYE寒天培地を用いた検定法が報告されている(櫻井, 2007)。本法は検定期間として3週間程度を要し、EC₅₀値およびEC₉₀値を算出する方法であるため、感受性の程度は明確にできるが、簡便さに欠ける問題点があった。一方、リング黒星病菌と同様、培地上でのコロニー生育が遅いトマト葉かび病菌、ナスすすかび病菌、カンキツそうか病菌、ブドウ黒とう病菌、ブドウ褐斑病菌、ダイズ紫斑病菌等の病原菌については、簡便な方法として生育の有無による判定、すなわち、最小生育阻止濃度(MIC: MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATION)値を用いた方法が報告されている(田代・家城, 1998; 福西, 1998; 井上, 2009; 長谷川, 2009; SAKURAI et al., 2011; 渡辺, 2017)。

そこで、本検定法についても、簡便かつ短時間で判定可能な感受性検定方法への改変を目的とし、検定培地の最適化を試みた。現在、ペンチオピラドを含むSDHI剤の感受性検定方法などで報告されているYBA寒天培地、YBG寒天培地、YB寒天培地、GLYE寒天培地について、生育速度およびペンチオピラドを含む培地での感度について比較を行った(表-1)。各培地中のペンチオピラド濃度を、それぞれ0, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 5, 10 ppmとなるように検定培地を調製し、あらかじめPDA培地で培養した菌叢破砕液を培地上に10 μl程度滴下、風乾した。20℃のインキュベーター内で培養7日、14日、24日後に生育の有無を調査した。結果を表-2に示す。

各培地における生育速度の比較の結果、YBA寒天培地およびGLYE寒天培地では、生育が遅く、培養7~14日では目視による生育有無の判断が困難であったのに対し、YBG寒天培地およびYB寒天培地では、培養7~14日で目視により菌糸の生育を確認することが可能であった。さらに、ペンチオピラドを含む各培地での感度を比較した結果、YBG寒天培地はYB寒天培地と比較し感

表-1 試験に供試した培地の種類と組成

YBA 寒天培地 : 酵母エキス 10 g, ペプトン 10 g, 酢酸ナトリウム 20 g, 寒天 15 g/蒸留水 1 l
 YBG 寒天培地 : 酵母エキス 10 g, ペプトン 10 g, グリセロール 20 ml, 寒天 15 g/蒸留水 1 l
 YB 寒天培地 : 酵母エキス 10 g, ペプトン 10 g, 寒天 15 g/蒸留水 1 l
 GLYE 寒天培地 : 酵母エキス 10 g, グリセロール 10 g, NaNO₃ 6 g, KH₂PO₄ 1.5 g, KCl 0.5 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, 寒天 15 g/蒸留水 1 l

表-2 各種培地におけるリング黒星病菌の生育比較

供試菌株	供試培地	ペンチオピラド濃度 (ppm)																		
		培養 7 日後 (20℃)						培養 14 日後 (20℃)						培養 24 日後 (20℃)						
		0	0.5	1	3	5	10	0	0.5	1	3	5	10	0	0.5	1	3	5	10	
V-2	YBG	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
	YB	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
	YBA	±	-	-	-	-	-	±	目視による無処理の生育が判然としないため未調査						未調査					
	GLYE	±	-	-	-	-	-	±	目視による無処理の生育が判然としないため未調査						未調査					
V-3	YBG	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
	YB	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	
	YBA	±	-	-	-	-	-	±	目視による無処理の生育が判然としないため未調査						未調査					
	GLYE	±	-	-	-	-	-	±	目視による無処理の生育が判然としないため未調査						未調査					

+ : 目視で生育を確認できる. ± : 生育を認めるが, 目視での生育判断が難しい. - : 生育なし.

度が高く, より低濃度で生育を阻害する傾向を示した。以上の結果から, 供試・検討した 4 培地の中で YBG 寒天培地が, 短期間で生育の有無を判定可能であり, 感度が高く, かつ程度が異なる感受性を示す菌株の検出幅が広いことから, MIC 値を指標とした検定培地として適していると判断した。すなわち, ペンチオピラドのリング黒星病菌に対する感受性検定方法として, 検定培地として YBG 寒天培地を採用, 培地上での生育の有無 (MIC 値) を判定する検定法を採用した。

IV YBG 寒天培地による感受性検定

図-1 に YBG 寒天培地を用いたリング黒星病菌に対する感受性検定の手順を示す。以下, 詳細について述べる。

1 検定方法

(1) 検定培地の準備

検定培地の調製には, 市販のペンチオピラド 15% 水和剤 (商品名: フルーツセイバー®), もしくはペンチオピラド 20% 水和剤 (商品名: アフェット®フロアブル) を用いる。ペンチオピラド添加培地は, YBA 寒天培地を作成後, オートクレーブ滅菌 (120℃, 20 分) し, 60℃ 程度まで冷却後, ペンチオピラドの終濃度が 0, 0.1, 1, 5, 10, 50 ppm となるように調製, 検定培地とした。なお, 検定培地中での製剤助剤などの影響を同等にするため, あらかじめ滅菌水で希釈した各濃度 (0.1, 1, 5,

10, 50 ppm) の高濃度希釈液 (100 倍) を作成, 100 倍希釈で使用することが望ましい。また, 作業中のコンタミネーションリスクを回避するために培地中にストレプトマイシン硫酸塩 (終濃度として 200 ppm) を添加することを推奨する。検定に供試するシャーレとして, 筆者らはグリッド入りの角型シャーレ (100 mm × 100 mm × 15 mm : D210-16 Sterile Square Petri Dish with Grid, Simport Plastics®) を用いており, シャーレ当たり 30 ml ずつ培地を分注している。

(2) 菌叢破砕液の調製

接種源となる菌叢破砕液は, あらかじめ PDA 培地で培養し, 直径が 10 mm 程度の菌叢を用いる。本菌は培地上での生育が遅いため, 培養期間として 2~4 週間程度を要するが, ある程度菌叢が確認できれば, 本検定に供試することが可能である。滅菌した φ5 mm コルクボーラーで菌叢をくり抜いた後, 菌糸の繁茂した菌叢表面のみを滅菌した 1.5 ml のマイクロチューブに移す。菌叢を入れたマイクロチューブに滅菌水を 100 μl 添加し, 市販のペレットペッスル (fisherbrand®) により, 菌叢を破砕する (30 秒~1 分程度)。その後, 滅菌水を 200 μl 添加することで, 菌叢破砕液とした。なお, 菌叢破砕の際, 菌叢表面以外の PDA 培地部分は極力持ち込まないようにすることが重要である。PDA 培地部分が多く混入すると, 本菌に対する感度が低下するため, 正確な

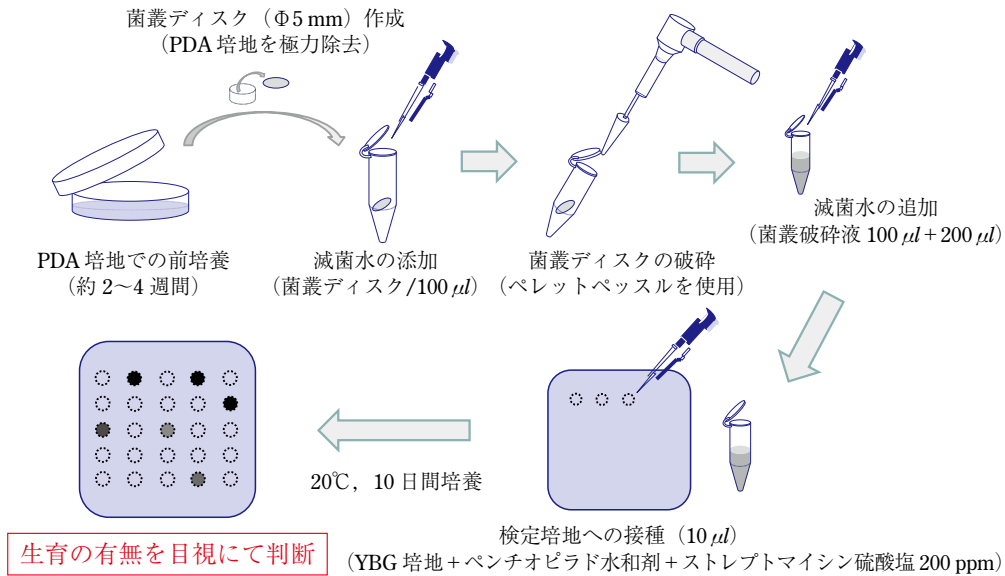


図-1 YBG 培地を用いたリング黒星病菌に対する感受性検定方法

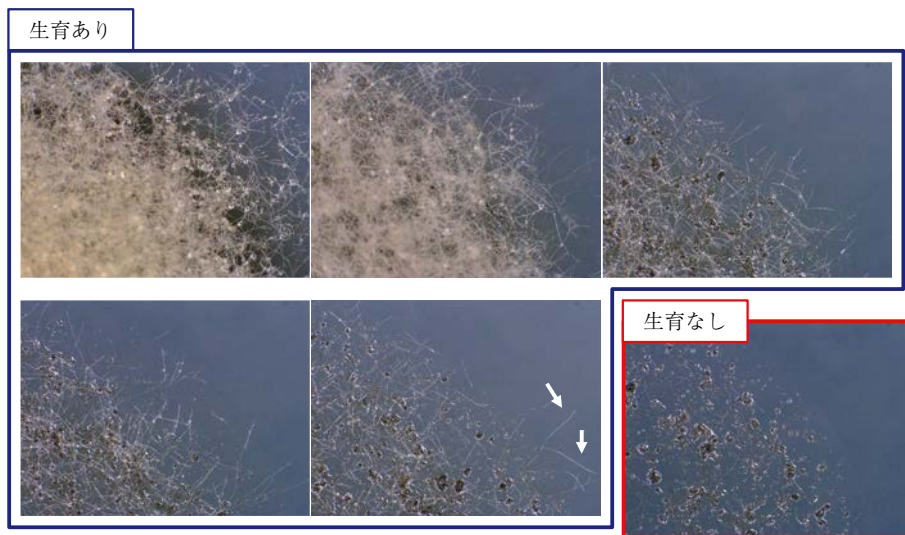


図-2 YBG 培地での生育有無の判定 (実体顕微鏡×50)

→, 菌糸.

MIC 値が得られない可能性がある。

(3) 接種方法および培養条件

所定濃度に調製した検定培地上に、菌叢破碎液 10 μl ずつ滴下接種する。グリッド入りのシャーレを使用した場合、グリッドごとに滴下接種を行う。筆者らが使用した角型シャーレであれば、シャーレ 1 枚当たり 36 検体を評価することができる。接種後は風乾させ、20℃のインキュベーター内に入れ培養する。

(4) 調査方法

調査は、接種した菌叢破碎液の生育の有無について目視で判定を行う。生育有無の判定は、菌叢破碎液を接種した部分から、放射状に広がった菌糸を確認できるかど

うかで判定するのがよい。図-2 に生育あり、なしの基準の一例を示す。判定は検定したシャーレを蛍光灯など明るい光に透かして見ると、接種した箇所から広がった菌糸の有無を確認しやすい。

2 感受性検定結果

ペンチオピラド剤の上市以前に採取し、研究所内で保管しているリング黒星病菌 116 菌株を供試し、YBG 寒天培地による感受性検定を実施した (湯谷ら, 2017)。培養 10 日後および 14 日後に、各濃度における生育の有無を調査し、各供試菌株の最小生育阻止濃度 (MIC) を求めた。得られた MIC 値の分布を図-3 に示す。供試した 116 菌株はいずれもペンチオピラドの MIC 値が 0.1~

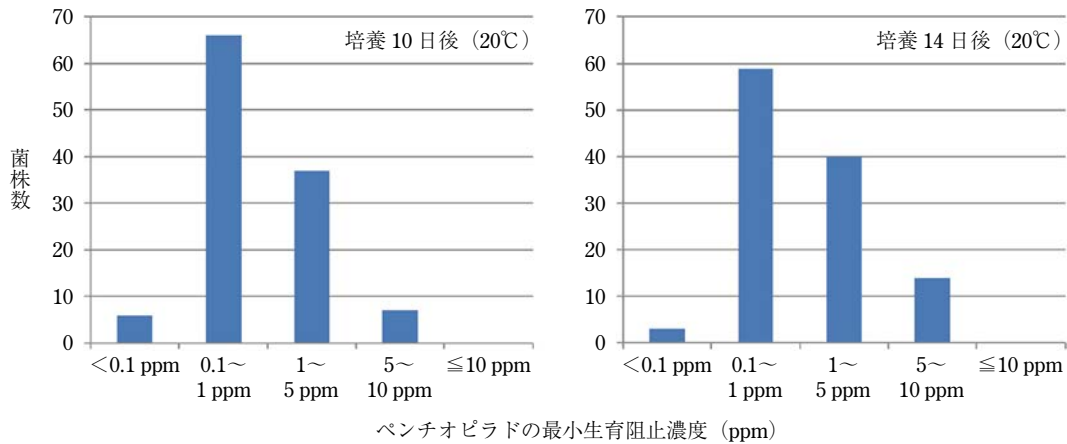


図-3 ペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性検定結果

1 ppm をピークとする一峰性の分布であり、培養 10 日後と 14 日後で大きな差は認められなかった。また、ペンチオピラド 10 ppm 含有する培地において生育を示す菌株は確認されなかった。以上の結果から、筆者らは、本検定法によるペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性ベースラインを 20℃、10 日間の培養条件において、MIC = 10 ppm と設定した (湯谷ら, 2017)。

今回報告した YBG 寒天培地を用いた感受性検定方法は、罹病葉より単胞子分離した後、PDA 培地で培養した菌叢破砕液を用いる方法であり、罹病葉からの分離・培養期間は短縮できない。筆者らは、より簡易的に感受性を判断する方法として、罹病葉上に形成された分生子を用いた検定方法についても検討したので、参考として紹介しておく。

サンプリングした新鮮な罹病葉から分生子を回収し、滅菌水に懸濁、分生子懸濁液を 1×10^5 個/ml 程度に調製した後、直接、10 μ l を検定培地に接種した。対照として、罹病葉より回収した一部の分生子を用いて 1 病斑から 5 菌株ほど単胞子分離を行い、PDA 培地で培養した後、菌叢破砕液を検定に供試した。両方法におけるペンチオピラドの感受性検定の結果を表-3 に示す。その結果、罹病葉から回収した分生子を用いた場合でも、菌叢破砕液を用いた場合の結果とほぼ同様の MIC 値が得られることを確認した。そこで、筆者らは、罹病葉上に形成された分生子を用いた検定方法について検証するため、複数の現地圃場より採取した罹病葉を用いて感受性検定を実施した。その結果、一部の罹病葉では検定可能であったが、大半の罹病葉については生育を確認する前に雑菌が増殖し、多くのサンプルが判定不能であった (31 サンプル, 5 サンプルで検定可能)。十分な結果が得られなかった原因として、慣行防除により、罹病葉での

表-3 罹病葉上に形成された分生子を用いた検定と菌叢破砕液を用いた検定の比較 (20℃・10 日後)

接種源	ペンチオピラド濃度 (ppm)					
	0	0.1	0.5	1	5	10
罹病葉からの回収分生子	+	+	-	-	-	-
菌叢破砕液	分離株 A	+	+	-	-	-
	分離株 B	+	+	-	-	-
	分離株 C	+	+	+	-	-
	分離株 D	+	+	-	-	-
	分離株 E	+	+	-	-	-

+ : 目視で生育を確認できる。- : 生育なし。

病斑形成および分生子形成が十分でなかったこと、慣行防除とサンプリングの間隔が短く、散布した薬剤が影響した可能性があると考えられる。以上の結果から、罹病葉の分生子を用いてダイレクトに感受性検定する方法は、供試する罹病葉サンプルの状態・分生子形成が良好であれば、非常に簡易かつ迅速に検定できると考える。しかしながら、雑菌のコンタミリスクの回避、罹病葉からのサンプリング方法と採取時期、分生子発芽阻害活性が低い作用性の殺菌剤に適用できない等、多くの項目について検討が必要である。

おわりに

ペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性検定方法として、従来の GLYE 寒天培地を用いた方法から YBG 寒天培地を用いた方法を確立した。本方法への変更により、検定期間を約 3 週間から約 10 日間に短縮することが可能である。しかしながら、感受性程度を明確にする場合は本方法では不十分である。大量のサンプルを

対象とする初期の検定については、本稿で紹介したYBG寒天培地・MIC値を指標とした検定方法を推奨するが、さらに、感受性程度を明確にする場合は、YBG寒天培地を用いた従来の方法によってEC₅₀値を算出、圃場における病原菌の感受性程度を把握することが望ましい。各病原菌に対しSDHI剤耐性菌の存在が確認されており、病原菌によって、最適な検定培地が異なることが明らかにされている（櫻井，2007；SAKURAI et al., 2011；宮本，2011；石井，2012；鈴木ら，2016；渡辺，2017）。感受性検定の対象となる病原菌によって、既存の検定培地を用いて検討し、感受性検定方法を確立する必要がある。

新農薬の創出には、研究開始から農薬登録を取得するまで約10年間の長い期間、100～300億円もの開発費が必要である（西本，2019）。一方で、耐性菌が顕在化・まん延した場合、年月や開発費用にかかわらず薬剤は使用不可能になる場合が多い。リンゴ防除暦において、リンゴ黒星病の耐性菌リスクは高く、ペンチオピラド以外のSDHI剤も使用されることが想定される。各企業と各試験場、現地指導員が連携し、感受性モニタリングを実施することで、感受性を把握、耐性菌が顕在化・まん延する前に対策を実施できると考える。本稿が、感受性モニタリングに基づいた耐性菌マネジメントの一助になれば幸いである。

引用文献

- 1) 赤平知也ら (2017): 植物防疫 **71**(9): 604～609.
- 2) 福西 勉 (1998): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物防疫協会, 東京, p.96～97.
- 3) 長谷川 優 (2009): 同上, 日本植物防疫協会, 東京, p.31～34.
- 4) 平山和幸ら (2017 a): 北日本病虫研報 **68**: 108～114.
- 5) ———ら (2017 b): 同上 **68**: 115～119.
- 6) 井上幸次 (2009): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物防疫協会, 東京, p.111～113.
- 7) 石井英夫 (1998): 同上, 日本植物防疫協会, 東京, p.73～76.
- 8) ——— (2012): 植物防疫 **66**(9): 481～487.
- 9) 宮本卓也 (2011): 同上 **65**(1): 23～27.
- 10) 西田 勉・渡辺久昭 (1975 a): 北日本病虫研報 **26**: 58.
- 11) ———・——— (1975 b): 同上 **26**: 58.
- 12) 西本 麗 (2019): 日本農薬学会誌 **44**(1): 5～14.
- 13) 小原敏明・堤 京子 (2015): 植物防疫 **69**(9): 563～568.
- 14) 櫻井誠也 (2007): 第17回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 30～39.
- 15) SAKURAI, S. et al. (2011): J. Pestic. Sci. **36**(10): 520～523.
- 16) 瀬川一衛・中沢憲夫 (1980): 日植病報 **46**: 77 (講要).
- 17) 鈴木啓史ら (2016): 植物防疫 **70**(9): 40～45.
- 18) 田代暢哉・家城洋之 (1998): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物防疫協会, 東京, p.86～90.
- 19) 梅本清作・長井雄治 (1979): 日植病報 **45**: 430～435.
- 20) 渡辺秀樹 (2017): 植物防疫 **71**(2): 99～109.
- 21) 柳瀬勇次ら (2006): 第23回農薬生物活性研究会シンポジウム要旨集: 13～16.
- 22) YANASE, Y. et al. (2013 a): J. Pestic. Sci. **38**(2): 120～129.
- 23) ——— et al. (2013 b): *ibid.* **38**(4): 188～193.
- 24) YOSHIKAWA, Y. et al. (2011): *ibid.* **36**(4): 347～356.
- 25) 雪田金助 (2017): 北日本病虫研報 **68**: 102～107.
- 26) 湯谷 智ら (2017): 同上 (講要).

ツマジロクサヨトウの日本への侵入状況と生態

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター生産環境研究領域虫害グループ

あき
秋づき
月がく
岳

はじめに

ツマジロクサヨトウ (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 英名: Fall Armyworm (FAW), 中国名: 草地貪夜蛾, 台湾名: 秋行軍蟲) については, 昨年 (2019 年) の本誌 7 月号において, 松村らが中国での分布拡大と侵入警戒の内容を寄稿しており, 2019 年 7 月に鹿児島県において初確認された後, 11 月までに青森県まで分布を拡大した。本稿では 2019 年の日本へのツマジロクサヨトウの侵入と日本国内での拡散状況および中国・台湾等東アジア地域のツマジロクサヨトウの被害状況, その生態と, 筆者らのグループが昨年度イノベーション創出強化研究推進事業の緊急課題で行った研究成果の一部について報告する。なお, 本稿は昨年本紙で報告された松村ら (2019) の内容と重複する部分があることをあらかじめお断りしておく。

I 生態

ツマジロクサヨトウの本来の生息域は南北アメリカの熱帯および亜熱帯地域であり, 休眠性を持たず (WESTBROOK et al., 2016), 北アメリカ大陸ではフロリダおよびテキサス南部以南の冬季の気温が 10°C を下回らない地域で通年発生する (SPARKS, 1979)。成虫の飛翔能力が高く, 一晩で 100 km, 産卵開始前に 500 km を移動する能力を持ち, 北アメリカ大陸では数世代をかけて春季から秋季にかけて北上し, 米国中西部のコーンベルト地帯やさらにカナダ南部まで移動することがある (WESTBROOK et al., 2016)。

その生活環はカリブ地域の個体群において, 26.8°C, 14L10D の飼育条件で, 雌の成虫寿命が 12.8~18.5 日, 産卵前期間は 3.5 日である。卵は 100~200 個の卵塊で産卵され, 生涯産卵数は平均 1,500 個/最大で 2,000 個以上である (JOHNSON, 1987; PRASANNA et al., 2018)。幼虫は

通常は 6 齢を経過して蛹化する (PRASANNA et al., 2018)。夏期には卵期間は通常 2~3 日, 幼虫期間が 14 日, 蛹期間は 8~9 日であるが, 寒冷期 (生育限界以上の気温時には幼虫期間が 30 日, 蛹期間は 20~30 日まで延長する (VICKERY, 1929; PITRE and HOGG, 1983; CAPINERA, 2017; CABI, 2019)。また, 発育零点と有効積算温度定数は幼虫で 10.9°C・559 日度, 蛹で 14.6°C・138 日度である (RAMIREZ-GARCIA et al., 1987)。また, イノベーション創出強化研究推進事業の緊急課題において, 農研機構生物機能利用研究部門の松倉が日本で採集した個体群で, 室内低温下での老齢幼虫および蛹の飼育試験を行った結果, 老熟幼虫・蛹ともに, 6°C・30 日間では死滅する一方, 9°C・60 日間では一部個体の発育が見られる試験結果を得ている (松倉, 未発表)。

ツマジロクサヨトウは広食性であり, MONTEZANO et al. (2018) は文献調査とブラジルでの調査に基づいて, イネ科 (106 種), キク科 (31 種), マメ科 (31 種) を含む 76 科の 353 種の寄主植物を報告している。しかしながら, 一般的にはとうもろこし, イネ, ソルガム, さとうきび等のイネ科作物とイネ科雑草を好むことが知られている (CASMUZ et al., 2010)。北アメリカ大陸では, 寄主植物選好性が異なる二つの系統, トウモロコシ系統とイネ系統が知られ, 前者は主にとうもろこしと綿花を, 後者はイネ, 芝等を加害するとされている (NAGOSHI and MEAGHER, 2008)。これらの系統はミトコンドリア COI 遺伝子の配列によって区別され, 中国での調査では, 遺伝子配列の解析では両系統が確認されている (ZHANG et al., 2019)。しかしながら, 昨年度の中国での被害状況は, 作物別の発生面積割合は大半がとうもろこしという報告があり (農世界網, 2019), 東アジアに侵入してきた個体群について, COI 遺伝子の配列によるトウモロコシ系統とイネ系統の分類が可能かどうかについては不確実なところがある。

ツマジロクサヨトウの性フェロモンについては, 複数の成分が同定されており (TUMLINSON et al., 1986), イノベーション創出強化研究推進事業の緊急課題において,

Invasion Situation of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, into Japan and Its Ecology. By Gaku AKIDUKI
(キーワード: ツマジロクサヨトウ, 飛来解析, 簡易同定法)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下農研機構）中央農業研究センターが、日本国内で採集されたツマジロクサヨトウの性フェロモンおよび海外の誘引剤の成分分析を行ったところ、主成分（Z）-9-tetradecenyl acetate のほかに、報告されている複数成分も含まれていることを確認している（安居ら、未発表）。主要なフェロモン成分は、（Z）-9-tetradecenyl acetate と（Z）-7-dodecenyl acetate であり、クサシロキヨトウやアフリカシロキヨトウと共通した成分が含まれている（TAKAHASHI et al., 1983 ; WAKAMURA et al., 2011）ことから、フェロモン剤を誘引源としたトラップ調査の際には、ツマジロクサヨトウ以外の種の混入に注意する必要がある。

II アジアへの分布拡大

ツマジロクサヨトウは 2016 年初めに中央アフリカと西アフリカで確認後、サハラ以南のアフリカのほぼ全域に生息区域を急速に拡大し、主にとうもろこしに大きな被害を与えている。2017 年のアフリカ諸国での被害額は 2,600~6,700 億円（25~63 億 US ドル）と推定されている（DAY et al., 2017）。2018 年 7 月にインドで確認された後（GANIGER et al., 2018）、2019 年 1 月に中国雲南省で確認された。その後中国国内で急速に分布拡大し、5 月末には雲南省・広西チワン族自治区・四川省・広東省・貴州省・重慶市・海南省・湖南省・江西省・福建省・浙江省・湖北省・安徽省・河南省・江蘇省に分布することが確認され（USDA, 2019）、6 月には台湾でも確認された（秋行軍蟲專區, 2019 a）。2019 年にはカンボジアとブータンを除く東アジア・東南アジア全域に分布を拡大しており、2020 年にはオーストラリアへの侵入も確認されている（FAO, 2020）。2018 年夏からほぼ 1 年半でインド以東のアジア・オセアニア温暖地域のほぼ全域に分布を拡大しており、本種の極めて高い飛翔能力が裏付けられている。

III 日本への侵入と国内の分散

ツマジロクサヨトウは、日本では 2019 年 7 月に鹿児島県で初確認された後、熊本県、宮崎県、長崎県、沖縄県、大分県では 7 月に、佐賀県、高知県、茨城県、岡山県、福岡県、千葉県、山口県、愛媛県、福島県では 8 月、神奈川県、三重県、広島県では 9 月、大阪府、青森県では 10 月、愛知県では 11 月にそれぞれ幼虫が確認されている（府県名は発見順）（農林水産省, 2020）。また、幼虫は発見されていないがフェロモントラップにより成虫が捕獲されたのは 10 月に徳島県、兵庫県、鳥根県、和歌山県、11 月に香川県、京都府である（府県名は発見順）。

さらに、2020 年 4 月までの状況は、1 月に沖縄県と鹿児島県で幼虫が捕獲されている（農林水産省, 2020）。

ツマジロクサヨトウの日本への侵入と国内の分散について、イノベーション創出強化研究推進事業の緊急課題において、農研機構農業技術革新工学研究センターの大塚が流跡線解析を行い飛来源の推定を行った（大塚, 未発表）。解析の結果、2019 年 7 月に鹿児島県で確認された幼虫については、親世代が 6 月 7 日に、低気圧の東シナ海東進に伴う気流によって、中国の浙江省もしくは広東省から飛来したと推定された（図-1、浙江省が飛来源の例）。また、南西諸島への侵入は、6 月に複数回中国南部および台湾から気流が到達しており、九州本土とは異なるタイミングで複数回侵入したことが示唆されている。8 月以降の国内各地での確認については、西日本の各県については、7 月に発生が確認された県からの国内分散か、海外から直接飛来したかについては判別できなかったが、茨城県など関東での発生については 7 月 28

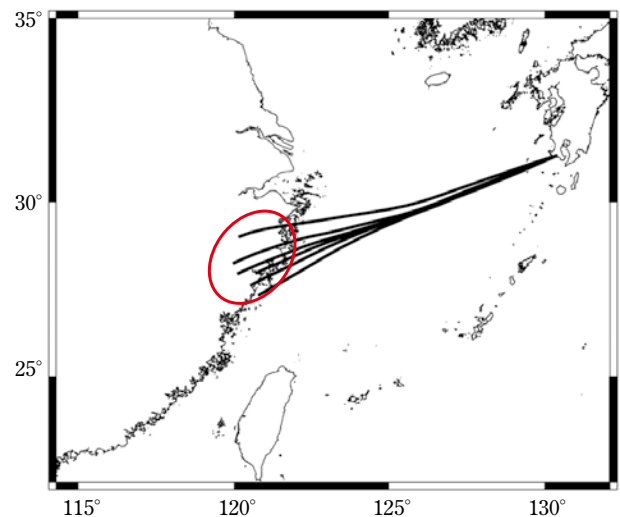


図-1 2019 年 6 月 7 日 南さつま市を起点とした後退流跡線 浙江省付近からの飛来を示唆している。

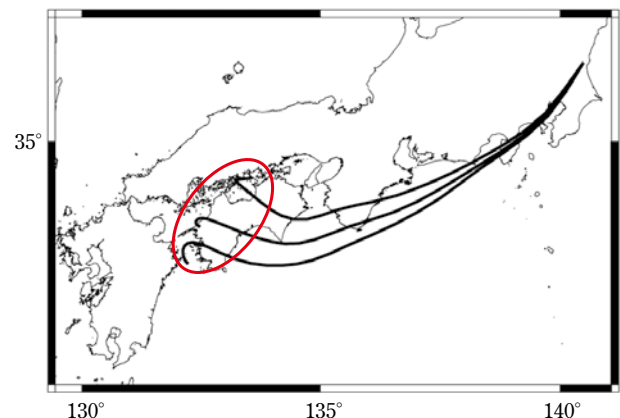


図-2 2019 年 7 月 28 日 水戸市を起点とした後退流跡線 西日本からの飛来を示唆している。

日の台風6号による西日本からの分散である可能性があることが解析から明らかになった(図-2)。また、青森県の個体は9月23日の台風17号から変化した温帯低気圧の気流により西日本から親世代が分散した可能性がある。これらの飛来解析は各県で確認された幼虫の齢期と、親世代の移動状況に整合性が取れていることから、解析手法が有効であることが確認されており、今後、国内での発生データを集積することにより、より確度の高い移動・分散の解析手法の確立が期待される。また、10～11月にフェロモントラップによって各地で成虫が誘殺されていることから、日本に侵入した個体群はこの時期まで発生していることが明らかになった。2020年1月には宮古島および奄美地域で幼虫が確認されており、奄美以南では通年発生している可能性が高い。さらに、九州本土では1月に熊本県で成虫がフェロモントラップに誘殺されており、厳冬期においても気象条件によって、海外もしくは南西諸島からの侵入が起きていることが明らかになった。

IV 同 定

ツマジロクサヨトウの同定法については、2020年4月に農林水産省消費・安全局植物防疫課、横浜植物防疫所から発行された、「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル第一版(2020)、に記載されていることから、本稿では詳細については触れないが、若～中齢幼虫では体色の個体差が大きく注意が必要である。南アフリカ農林水産省作成の「Fall armyworm: an identification guide in relation to other common caterpillars, a South African perspective.」はツマジロクサヨトウと近縁種の外観写真が詳細に掲載されており、本稿では内容は引用しないが参照に値する(VISSER, 2017)。

生態の項でも述べたが、ツマジロクサヨトウの性フェロモンの主成分がクサシロキヨトウ並びにアフリカシロ

キヨトウの性フェロモンの主成分と一致しているため、トラップ調査の際にこれらの種が混入する可能性がある。筆者らが、実際に中国河南省の企業が販売しているツマジロクサヨトウ誘引剤を用いて、九州沖縄農業研究センター内にファネル式トラップを設置したところ、多数のクサシロキヨトウが誘引されてくることが明らかになっている。トラップ誘殺個体については翅の鱗粉が脱落していることが多く、ツマジロクサヨトウに特有の翅の斑紋がわからなくなることから、斑紋以外の簡易な形態識別法が必要である。農研機構農業環境変動研究センターの吉松は、ツマジロクサヨトウとクサシロキヨトウの種間の判別の際には、複眼に注目し、複眼の微毛の有無によってツマジロクサヨトウ(微毛なし)とクサシロキヨトウ(微毛あり)の判別が可能であることを示した(農林水産省ほか, 2020)(図-3)。

V 今後の農業被害リスク軽減のための研究

ツマジロクサヨトウは、これまで南北アメリカ大陸の植生、農業体系に適応した生活史を確立しているが、今後東アジアで定着した際に、南北アメリカ大陸と同様の生活史を送るかどうかについては不明である。なお、2019年の中国での被害状況の詳細は、発生面積が112.5万ha、実被害面積16.4万ha、作物別の発生面積割合はとうもろこしが98.1%、さつまいも・ソルガム・しょうが・小麦ほか19種作物が1.9%、と報告されている。また、収穫に対する影響は、重点的な防除により中国南部でのとうもろこしの減収量は5%以内に、中部(黄淮海など)のとうもろこし生産地域では大きな減収はなかったが、2020年も既に本種が多発していることから今後も重点的な防除が必要であるとの報告がある(農世界網, 2019)。台湾では主な被害作物はとうもろこし、ソルガム、バミューダグラスとなっているが(秋行軍蟲專區, 2019b)、一例のみイネの育苗箱の被害が報告され



図-3 ツマジロクサヨトウ(左)とクサシロキヨトウ(右)の実体顕微鏡による成虫複眼画像
目盛: 0.5 mm.

ており（私信）、2020年3月時点においては、はと麦での被害が一部地域で報告されている（秋行軍蟲専区、2020b）。これらの被害状況からは、遺伝子型としてはトウモロコシ系統・イネ系統ともに東アジアに侵入しているにもかかわらず、実際の被害作物は大部分がとうもろこしであることから、南北アメリカ大陸での食性とは異なる可能性が示唆される。

防除技術の確立の観点から、これまで日本で未発生であったツマジロクサヨトウの特性については、生化学・分子生物学・形態学・行動学等の観点から同時かつ総合的に研究する必要がある。筆者ら農研機構のグループは令和元年9月から半年間、イノベーション創出強化研究推進事業の緊急課題「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察と防除対策の確立に向けた緊急研究」において、ツマジロクサヨトウによる被害が想定される地域での防除対策を確立するため、植物防疫所や各県病害虫防除所等が活用できる生態情報などの提供や手法の確立を目標として研究を行った。この研究課題では、本稿で示した、東アジアでの被害状況の知見、低温下での生存条件、フェロモン組成、中国・台湾からの侵入と国内の分散、簡易同定法の確立のほかに、ツマジロクサヨトウの殺虫剤感受性モニタリング、農作物の寄主嗜好性・寄主適合性の解明、より簡便な遺伝子同定法の開発等にも取り組み成果を得ている。本課題の成果について一部は既に、「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル第一版に成果の内容を掲載している。また、今年度も引き続きそれぞれの課題について研究を継続しており、今後、技術の開発・知見の集積を行って、随時マニュアルへの反映や技術の普及を進め、ツマジロクサヨトウの防除対策の確立に資する。これにより、ツマジロクサヨトウが加害する農作物への被害を軽減して、農作物の安定供給に貢献したいと考えている。

おわりに

2019年のツマジロクサヨトウの日本への侵入は6月上旬であったと推定されているが、2020年は1月に沖縄県で発生が確認されており、九州本土への侵入も昨年より時期が早まり、飛来量も多くなることが想定される。このため、2020年はとうもろこしの作期とツマジロクサヨトウの侵入のタイミングによっては、2019年に比べて被害が大きくなるのが危惧される。ツマジロクサヨトウの農業被害軽減には、早期発見・早期防除が重要であることから、防除現場の皆様には昨年以上にツマジロクサヨトウの侵入に警戒していただきたい。

最後に、イノベーション創出強化研究推進事業の緊急

課題「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察と防除対策の確立に向けた緊急研究」に参画された皆様に感謝申し上げますとともに、執筆者に加えなかったことをお詫言申し上げます。

本稿には令和元年度イノベーション創出強化研究推進事業（緊急対応課題）（01031C）で得られた成果を一部掲載している。

引用文献

- 1) 秋行軍蟲専区 (2019 a): 防検局確認發現秋行軍蟲, 立即啟動緊急防疫措施, 避免擴散蔓延, https://faw.baphiq.gov.tw/theme_data.php?theme=NewInfoListWS&sub_theme=faw&id=16266
- 2) ——— (2019 b): 國內疫情現況 1002, <https://faw.baphiq.gov.tw/ws.php?id=19702>
- 3) ——— (2020): 秋行軍蟲首度現蹤雜糧作物惹苳, 全面啟動緊急藥劑防治, https://faw.baphiq.gov.tw/theme_data.php?theme=NewInfoListWS&sub_theme=faw&id=17136
- 4) CABI (2019): <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810>
- 5) CAPINERA, J. L. (2017): University of Florida IFAS Extension Publication EENY-098, <https://edis.ifas.ufl.edu/in255>
- 6) CASMUZ, A. et al. (2010): *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* **69**: 209~231.
- 7) DAY, R. et al. (2017): *Outlooks on Pest Management* **28**(5): 196~201.
- 8) FAO (2020): FAW map, <http://www.fao.org/fall-armyworm/monitoring-tools/faw-map/en/>
- 9) GANIGER, P. C. et al. (2018): *Current Science* **115**(4): 621~623.
- 10) JOHNSON, S. J. (1987): *Insect Sci. Appl.* **8**(4/5/6): 543~549.
- 11) 松村正哉ら (2019): *植物防疫* **73**(7): 28~32.
- 12) MONTEZANO, D. G. et al. (2018): *African Entomology* **26**: 286~300.
- 13) NAGOSHI, R. N. and R. L. MEAGHER (2008): *Fla. Entomol.* **91**: 546~554.
- 14) 农世界网 (2019): 形势严峻, 2020年草地贪夜蛾发生最新预测, <http://www.nongshijie.com/article.asp?id=21896>
- 15) 農林水産省 (2020): ツマジロクサヨトウに関する情報, https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/tumajiro.html
- 16) ———ほか (2020): 「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編 (第1版), https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-95.pdf
- 17) PRASANNA, B. M. et al. (eds.) (2018): *Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management, First Edition*, CIMMYT, Mexico, CDMX, 109 pp.
- 18) PITRE, H. N. and D. B. HOGG (1983): *Journal of the Georgia Entomological Society* **18**: 187~194.
- 19) RAMIREZ-GARCIA, L. et al. (1987): *Agrociencia* **67**: 161~171.
- 20) SPARKS, A. N. (1979): *Fla. Entomol.* **62**: 82~87.
- 21) TAKAHASHI, S. et al. (1983): *Appl. Entomol. Zool.* **18**: 435~437.
- 22) TURLINSON, J. H. et al. (1986): *J. Chem. Ecol.* **12**: 1909~1926.
- 23) USDA (2019): GAIN Report Number: CH19033, <https://www.fas.usda.gov/data/china-update-fall-armyworm-now-15-china-provinces>
- 24) VICKERY, R. A. (1929): *USDA Technical Bulletin* **138**: 63 pp.
- 25) VISSER, D. (2017): *Fall Armyworm Identification Presentation*, [https://www.nda.agric.za/doiDev/sideMenu/Food%20Import%20&%20Export%20Standard/docs/Fall%20Armyworm%20Identification%20Presentation%20D%20Visser%20\(3\).pdf](https://www.nda.agric.za/doiDev/sideMenu/Food%20Import%20&%20Export%20Standard/docs/Fall%20Armyworm%20Identification%20Presentation%20D%20Visser%20(3).pdf)
- 26) WAKAMURA, S. et al. (2011): *Appl. Entomol.* **2001**. **46**: 415~420.
- 27) WESTBROOK, J. K. et al. (2016): *Int. J. Biometeorol.* **60**: 255~267.
- 28) ZHANG, L. et al. [张磊ら] (2019): *Plant Prot. [植物保护]* **45**(2): 19~24.

植物
防疫
講座

病害編-31

Ralstonia 属細菌による病害の発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境変動研究センター

ほり 堀
た 田
みつ 光
お 生

はじめに

植物病原性 *Ralstonia* 属細菌は、トマト、ナス、ジャガイモ、バナナ等の作物に青枯病を、またタバコ、オリーブ等に立枯病を引き起こすことが知られている。本菌は熱帯、亜熱帯、温帯地域を中心に世界各地に分布し、また、ナス科他 200 余種の植物が感染、被害を受けることから、その重要性は極めて高い。我が国においては、これまでにトマト、ジャガイモ等ナス科作物を含む計 59 種の植物で本菌による病害が発生している（日本植物病理学会 編, 2020；澤田ら, 2019）（表-1）。本稿では、本病原細菌の病原学的・遺伝的特徴や本病害の発生生態について解説するとともに、近年進展が見られた防除対策について紹介する。

I 本菌の特徴

1 形態的・細菌学的特徴

本菌は短桿状で 1~4 本の極鞭毛を有し、運動性である。しかし、罹病植物内では鞭毛を保持しない。グラム陰性で、芽胞を欠く。大きさは $0.5\sim 0.7 \times 1.5\sim 2.5 \mu\text{m}$

である。テトラゾリウムクロライド (TTC) を含む平板培地 (KELMAN, 1954) 上で特徴的なコロニーを形成する。すなわち強い病原性を有する株は同培地上に乳白色で流動性のコロニーを形成するが、病原性が低下すると赤色で小円型のコロニーに変化する (図-1)。生育温度範囲は $15\sim 39^\circ\text{C}$ 、生育最適温度は $27\sim 37^\circ\text{C}$ とされている。

土壌や罹病植物からの本菌の分離には改変 SMSA 培地 (ELPHINSTONE et al., 1996) や原・小野培地 (原・小野, 1982) が使用されている。いずれの培地においても、

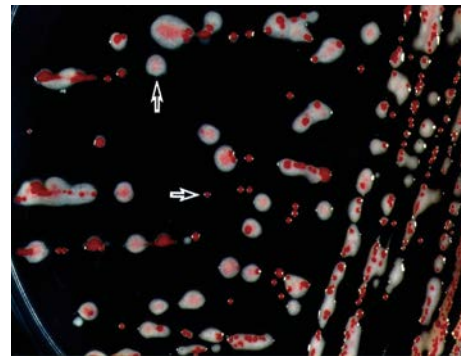


図-1 コロニー形態 (TTC 培地)

表-1 国内で植物病原性 *Ralstonia* 属細菌による病害が発生した植物^{a)}

野菜 (19 種)	トマト, ナス, ピーマン, キュウリ, カボチャ, ニガウリ (ツルレイシ), ダイコン, カブ, イチゴ, シソ, シュンギク, アシタバ, スイゼンジナ, ショウガ, ミョウガ, ターメリック (秋ウコン), キョウオウ (春ウコン), ガジュツ (紫ウコン), ウド
草花 (27 種)	ジニア, ヒマワリ, ダリア, オオキンケイギク, キク, ハルシャギク, マーガレット, マリーゴールド, ストレチア, クルクマ, スターチス, インパチェンス, トルコギキョウ, カランコエ, デルフィニウム, ポーチュラカ (ハナスベリヒユ), カンパニュラ, ゼラニウム, マツバボタン, ルリトウワタ (ブルースター), カッコウアザミ, スパイラルジンジャー, ベニバナポロギク, スベリヒユ, ソリダゴ, ライスフラワー, ヒゴロモソウ
食用作物 (5 種)	ジャガイモ, ラッカセイ, インゲンマメ, ソラマメ, ササゲ
特用作物 (6 種)	タバコ, ゴマ, アマ, ケナフ, ヒマ, エゴマ
広葉樹 (1 種)	アジサイ
果樹 (1 種)	オリーブ

^{a)} 日本植物病名目録 (2020), 澤田ら (2019) の報告に基づく。

Ecological Characters of The Bacterial Wilt Disease Pathogen
Ralstonia spp. and The Disease Control. By Mitsuo HORITA
(キーワード: 青枯病, 病徴, 分類, 発生生態, 防除対策)

表-2 植物病原性 *Ralstonia* 属細菌の学名

旧学名 ^{a)}	<i>Ralstonia solanacearum</i>			
現学名 ^{b)}	<i>R. pseudosolanacearum</i>	<i>R. solanacearum</i>	<i>R. pseudosolanacearum</i>	<i>R. syzygii</i> subsp. <i>indonesiensis</i>
phylotype ^{c)} (由来)	I (アジア)	II (アメリカ)	III (アフリカ)	IV (インドネシア)
レース ^{d)}	1, 4, 5	1, 2, 3	未調査	3, 一部未調査
日本産株 ^{e)}	各種植物 (レース 1, 4)	未報告	未報告	ジャガイモ (レース 3)

^{a)} YABUCHI et al. (1995).

^{b)} SAFNI et al. (2014).

^{c)} FEGAN and PRIOR (2005).

^{d)} DENNY and HAYWARD (2001).

^{e)} 堀田ら (2014).

30℃ (最適温度は 27~37℃) で 2~3 日間培養を行うのが基本となる。

2 病原学的・遺伝的特徴

本菌は E. F. Smith により *Pseudomonas solanacearum*, その後 YABUCHI et al. (1995) により *Ralstonia solanacearum* の学名が提案され、広く定着した。近年, SAFNI et al. (2014) は本菌のゲノム情報の解析結果を基に, これを三つの種 (*solanacearum*, *pseudosolanacearum*, *syzygii*), 一つの亜種 (subsp. *indonesiensis*) に細分類することを提案し, 世界的に受け入れられつつある (澤田ら, 2019) (表-2)。

また, 本菌は表現型・遺伝型に関して多様に分化しており, それに基づいて様々な類別が試みられてきた。世界的には宿主との親和性に基づいたレース (表-3) と生理・生化学的な特性に基づいた生理型 (biovar) が, 国内ではナス属台木植物に対する病原性の違いに基づく菌群が頻用されてきた。近年になり, 分子生物学的手法が本菌の類別に導入され, 広く用いられるようになってきている (FEGAN and PRIOR, 2005)。以下に主なものを詳述する。

(1) レース (race)・生理型 (biovar)

本菌は現在, 分離宿主および宿主範囲の違いに基づいて五つのレースに分けられている (DENNY and HAYWARD, 2001) (表-3)。レース 2~5 は宿主範囲が限られ, 一部の例外を除き, 自然条件で表-3 に示した宿主以外から分離されることはない。日本産レース 1 は国内各地で各種植物から, レース 3 はジャガイモ産地の長崎県で, レース 4 はショウガ科作物産地の高知, 沖縄県で主に分離されている (堀田ら, 2014)。

また, 本菌は九種類の糖類および糖アルコールからの酸の産生能の違いに基づいて, 六つの生理型に分けられている。一部の例外を除き, 生理型と病原性に関連は認められていない。

表-3 植物病原性 *Ralstonia* 属細菌のレースと宿主範囲

レース ^{a)}	宿主範囲
1	ナス科植物, 雑草類, 2 倍体バナナ他
2	3 倍体バナナ, ヘリコニア
3	ジャガイモ, トマト
4	ショウガ科植物
5	クワ

^{a)} DENNY and HAYWARD (2001) の報告に基づく。

(2) 菌群

尾崎・木村 (1992) は国内でナス科野菜より分離された本菌が, 4 種のナス属植物に対する病原性の違いに基づいて五つの菌群に類別できることを報告した。ナスでは本病害の防除対策として, これらナス属植物を台木に用いた接ぎ木栽培が行われていることから, 菌群の判別は台木植物の選定に重要である。

(3) phylotype

近年, 本菌ではゲノム解析や遺伝子情報の蓄積が進み, それらを利用して分子系統解析が行われた結果, 本菌が四つの地域由来の系統に類別されることが明らかとなった。FEGAN and PRIOR (2005) は各系統を phylotype (I~IV) と命名し, これらを種または亜種レベルに相当する分類群として扱うことを提案した。日本産レース 1 (ナス科他各種植物を犯す), レース 4 (ショウガ科植物を犯す) はアジア由来の phylotype I に, 日本産レース 3 (ジャガイモを犯す) はインドネシア由来の phylotype IV に, 海外産レース 2 (3 倍体バナナ, ヘリコニアを犯す) およびレース 3 はアメリカ由来の phylotype II に, phylotype III にはアフリカ由来の株が属する。後に SAFNI et al. (2014) は, phylotype I と III を *R. pseudosolanacearum* に, phylotype IV を *R. syzygii* subsp. *indonesiensis* と命名することを提案し, 日本産株はすべてこれら二つの種に振

り分けられた(澤田ら, 2019)(表-2)。

II 被 害

本菌による病害(青枯病)は国内のみならず,世界各地で報告され,甚大な被害を与えている。国内では主にトマト,ナス等のナス科作物で青枯病の発生が報告され,一度発病した植物は地上部全体が萎凋,枯死して収穫が皆無となり,激発すると圃場全体に病気が拡がり,その後,毎年のように本病が発生する場合も見られる(図-2)。土壌汚染がひどくて栽培できないなども含めると,トマト,ナスだけでも年間356億円程度の被害が出ていると推定される(中保,2000)。近年はショウガ,ウコン等ショウガ科作物でも毎年青枯病の発生が報告され,年間10億円以上の被害が出ている(図-3)。海外では,トマト・タバコ(米国南部のサウスカロライナ州,オーストラリア等で毎年5~25%の圃場で発生。米国だ



図-2 トマトの病徴



図-3 ショウガの病徴

けで4千万ドル以上の被害),ジャガイモ(80か国,年間約150万haの圃場で発生。約9億5千万ドルの被害),バナナ(中南米,東南アジア各国の栽培地域で発生),ショウガなどの多くの作物で毎年のように被害が報告されている(ELPHINSTONE,2005)。

III 病害の特徴

トマト,ナス,ピーマン等では本菌に感染すると,まず先端葉において急激なしおれが認められるようになり,その後,植物全体が急速に萎凋し,最後には枯死する(図-2)。本病は導管病の一種であり,通常,宿主の根部表面に病原菌が定着し,傷口および根の皮層より侵入した後,維管束柔組織,次いで木部組織へと移動,拡散する。その後,菌体外多糖,菌体自身,および細胞壁分解酵素等の病原性関連因子が原因となり,導管部を閉塞させて通水能力を低下させ,萎凋症状を引き起こすと考えられている(中保,2000)。

本病の特徴として,発病した茎の切断面を見ると,内部(導管部)が褐変している様子が観察される(図-4A)。また,切断面を水を入れた試験管に浸しておくと,内部から菌泥が溢れ出て白濁する様子が観察され(図-4B),これが本病害の簡易な同定・診断法としても用いられている。また,ジャガイモ,ショウガ等の植物では,発病した植物の地下部(塊茎,根茎)が褐変,腐敗し,切断面から乳白色の菌泥が溢れ出てくる様子も観察される(図-5A,5B)。

IV 発 生 生 態

本菌による病害は土壌伝染性であり,発病した植物内部で増殖した菌が根から土壌中に溢れ出て土壌深層部まで侵入する(深さ1m程度まで汚染するとの報告もある)(図-6)。土壌中で本菌は1~数年間生存し,宿主となる植物が定植・栽培されると,土壌中の水の移動とともに根から感染して発病させるため,一度発生した箇所でも再発するケースが多い。発病圃場では,くん蒸剤などを用いた土壌消毒が慣行的に行われているが,土壌深層部まで汚染している場合,病原菌を完全に除去することは大変困難である。また,芽かきなどの農作業中に,発病した植物にハサミや手袋等の作業用具が接触することで汚染し,これらを未消毒のまま使用すると健全植物に感染して発病させたり(図-6),本菌に汚染した泥が作業靴や耕運機等に付着した状態で未発病圃場に入って作業することで土壌汚染を拡げたりすることも起きており,発病植物の扱いや汚染圃場での作業には注意を要する。

本菌による病害は種イモ伝染性の病害としても知られ



図-4A トマト茎切断面の病徴



図-4B 切断面からの菌泥の溢出



図-5A 罹病ジャガイモ塊茎の切断面



図-5B 罹病ショウガ根茎の切断面

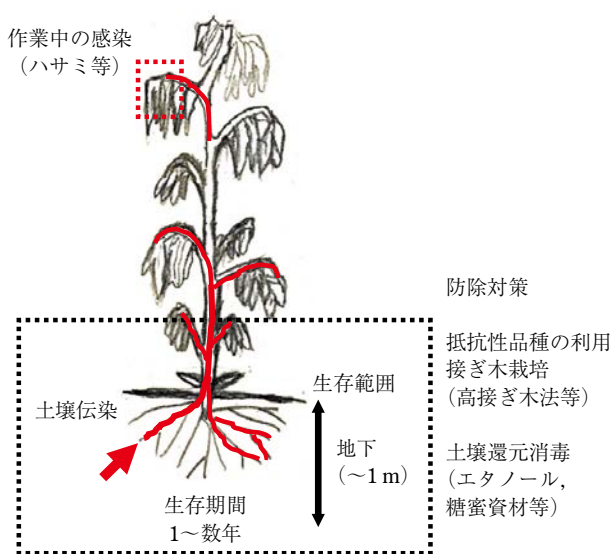


図-6 発生生態と防除対策

ている。ジャガイモ、ショウガ等の作物では、本菌に汚染した種イモ（塊茎、根茎）（図-5A, 5B）を栽培すると、イモが腐敗して発芽しなかったり、発芽しても後で発芽し、その結果土壤汚染を引き起こす。これら作物では、本病害が発生している栽培地域から、潜在感染したイモを介して国内、海外に広く伝播した可能性が推測されている（HAYWARD, 1991；堀田ら, 2014）。

V 防除方法

本病に対する防除法としては、これまでに間作、輪作、土壤改良、回避、化学農薬（くん蒸剤など）を用いた土壤消毒などが行われてきた。しかしながら、その発生を安定的に抑えることは困難な状況にある。現在のところ抵抗性品種の利用が最も有効であり、これに土壤消毒などの複数の方法を組み合わせることが行われている（農研機構野菜花き研究部門 編, 2019）（図-6）。

1 抵抗性品種の利用

トマト、ナス、ピーマン等の作物では、青枯病に強い抵抗性を有する品種または近縁種が育種・選抜されて利用されている。大半は果実品質がよくないため、これらを台木として用いた接ぎ木栽培が行われている。ナス、ピーマンでは各台木品種に対し病原性の異なる青枯病菌の系統（菌群など）が報告されており（尾崎・木村，1992；堀田・土屋，2009），それに対応した台木の選定が必要である。一方、トマトでは各台木品種への本菌の病原性の違いは報告されていない。通常、接ぎ木は子葉上部で行うが、中保（2013）は、第2，3葉上部で接ぎ木する高接ぎ木法を開発した。青枯病抵抗性台木品種では病原菌の感染・増殖・地上部への移行が抑制されるため、これを活用して、青枯病に感受性である穂木への病原菌の移行、発病をできるだけ遅らせる方法である（図-6）。本法は夏秋、促成栽培等短期間栽培の作型に適している。

2 土壌還元消毒

2000年，新村によって開発された防除方法である。米ぬか，フスマ等の固形有機物（1 t/10 a）を土壌に混ぜて灌水，または水溶性有機物（エタノール，糖蜜等）を0.5～1%程度の濃度に希釈しながら灌水（> 50 l/m²）後，土壌表面をフィルムで被覆（3週間以上）して空気を遮断すると，土壌中の微生物が酸素を消費して酸欠（還元）状態になるとともに，酢酸などの有機酸や殺菌成分である二価鉄（Fe²⁺）が土壌中に蓄積して，土壌中の病原菌を死滅させる。米ぬかなどの固形物の場合，混ぜた範囲までしか還元状態にならず，深層に生存する病原菌に対する効果を得るための工夫が必要とされる（小松ら，2006）。一方，水溶性のエタノール，糖蜜等を使用した場合，水と一緒に深層（1 m程度）まで浸透して還元状態が形成され，本菌に対する消毒効果が得られる（農業環境技術研究所他編，2012）。本法は施設以外にも，夏場の露地での試験でも消毒効果が確認され，また人工培地（隔離栽培）の消毒にも利用されてきている。

一方，本法は夏場で地温が平均30℃以上確保できる条件でないと消毒効果が安定しないこと，および多量の灌漑水が必要になるため，栽培条件によっては一作休耕する必要があったり，圃場の状態（土壌の保水能力や灌漑設備の有無）によっては処理が難しい場合も見られる。

3 その他

上記以外にも緑肥鋤きこみや石灰窒素処理を併用した太陽熱土壌消毒，転炉スラグ資材処理，有用微生物資材

を用いた生物防除，誘導抵抗剤の利用等が有望と考えられているが，それらの本菌に対する防除効果については，今後，作用機作の解明や圃場での検証試験が必要と考えられる。

ジャガイモ，ショウガ等の作物では種イモが感染源となって病気を拡げる場合があるため，本病害が発生した圃場の収穫イモ（由来が不明な場合も）は原則として種イモとして使用せず，利用する必要がある場合は本菌の感染の有無を事前に調査し，汚染イモの除去や種イモ消毒を行う必要があると考えられる。

おわりに

本菌による病害は難防除な土壌伝染性および種イモ伝染性病害であり，また作物種や栽培体系によって防除対策も異なってくることから，現場の状況に合わせたよりきめ細かな対応が必要である。また，一つの防除技術だけで本病害を完全に制御することは不可能であり，利用可能な複数の技術を組合せて，経済的に許容可能な範囲に抑え込むことが必要である。

引用文献

- 1) DENNY, T. P. and A. C. HAYWARD (2001): Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria, APS Press, St. Paul, p.151~174.
- 2) ELPHINSTONE, J. G. et al. (1996): EPPO Bull. 26: 663~678.
- 3) ——— (2005): Bacterial wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex, APS Press, St. Paul, p.9~28.
- 4) FEGAN, M. and P. PRIOR (2005): *ibid.*, p.449~461.
- 5) 原 秀紀・小野邦明 (1982): 岡山タバコ試報 42: 127~138.
- 6) HAYWARD, A. C. (1991): Ann. Rev. Phytopathol. 29: 65~87.
- 7) 堀田光生・土屋健一 (2009): 日植病報 75: 297~306.
- 8) ———ら (2014): 同上 80: 87~97.
- 9) KELMAN, A. (1954): Phytopathology 44: 693~695.
- 10) 小松 勉ら (2006): 北日本病虫研報 57: 42~46.
- 11) 中保一浩 (2000): 博士論文，東北大学，仙台.
- 12) ——— (2013): 農業技術大系土壌施肥編，第5-1巻，畑106，農山漁村文化協会，東京，p.12~30.
- 13) 日本植物病理学会編 (2020): 日本植物病名目録，日本植物病理学会，東京，2182 pp.
- 14) 農業環境技術研究所他編 (2012): 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒，農業環境技術研究所，つくば.
- 15) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門編 (2019): 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル技術版，農研機構中央農業研究センター，つくば.
- 16) 尾崎克己・木村俊彦 (1992): 中国農研報 10: 49~58.
- 17) SAFNI, I. et al. (2014): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 64: 3087~3103.
- 18) 澤田宏之ら (2019): 植物防疫 73: 167~174.
- 19) 新村昭憲 (2000): 土壌伝染病談話会レポート 20: 133~143.
- 20) YABUCHI, E. et al. (1995): Microbiol. Immunol. 39: 897~904.

植	物
防	疫
講	座

虫害編-27

ダイズカメムシ類の発生生態と防除

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 北陸研究拠点

えん 遠 どう 藤 のぶ 信 ゆき 幸

はじめに

ダイズを加害するカメムシ類は6科31種が報告されているが(安永ら, 1993), 主要種はそれほど多くない。全国的に問題となっているのは, ホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris*, イチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri*, ミナミアオカメムシ *Nezara viridula*, およびアオクサカメムシ *Nezara antennata* の4種である(例えば, 大内・瀬戸口, 1982; 中村ら, 2009)。

ダイズカメムシ類による被害は西南暖地で問題となることが多いが, 近年の調査では北陸地域でも被害粒率が20%を超える圃場が散見され, 被害が顕在化しつつある。また, ダイズカメムシ類は種により薬剤に対する感受性の傾向が異なっており(TAKEUCHI and ENDO, 2012), 防除対策を講じるうえで, 加害種の把握や早期の発生予察が重要となる。

本稿では, 主要なダイズカメムシ類の発生予察と防除対策を中心に, その生態や被害について紹介する。なお, 本稿は, 農研機構のホームページで公開している「診断に基づく栽培改善技術導入支援マニュアル」のうち「ダイズカメムシ類対策マニュアル」の内容を中心に再編したものである。より詳しい内容を知りたい場合は本マニュアル(https://naro.affrc.go.jp/project/research_activities/daizukamemusi_full_3.pdf)をご参照いただきたい。

I 主要なダイズカメムシ類の形態と生態

1 ホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris*

成虫の体長は14~17 mm(図-1左)。体色は黒褐色から赤褐色を呈し, 雄成虫では頭部と胸部の側面に黄色の不連続紋が見られる。幼虫はアリによく似ており(図-1右), 若齢期は特に見分けが難しい。主にマメ科植物を寄主としている。西南暖地では年3世代を経過し, 成虫態で越冬する。

2 イチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri*

成虫は体長9~11 mm(図-2左)。淡黄緑色で前胸背に雄は白色, 雌は紅色の横帯があるのが特徴。秋季に発生する生殖休眠成虫の横帯色は雌雄で不明瞭になる。主にマメ科植物を寄主としている。西南暖地では年3世代を経過し, 成虫態で越冬する。

3 ミナミアオカメムシ *Nezara viridula*

成虫は体長12~16 mm(図-3左)。全体が緑色をした個体が多いが, 様々な色彩多型が見られる。外見はアオクサカメムシとよく似ているが, 体がより縦長であること, 触角が褐色(アオクサカメムシは黒色)であること, 腹部背面が緑色であること等から判別できる。幼虫の外見もアオクサカメムシと似るが, 若齢は腹部背板中央部の斑紋が黄色(アオクサカメムシは白色)であることから判別できる(図-3右)。広食性で32科145種の植物を加害することが報告されており, ダイズ, トマト, ト



図-1 ホソヘリカメムシ成虫(左)および幼虫(右)



図-2 イチモンジカメムシ成虫(左)および幼虫(右)

Ecology and Management of Soybean Stink Bugs in Japan. By Nobuyuki ENDO

(キーワード: ダイズ, 発生予察, LEDトラップ, フェロモン)

ウモロコシ等果菜類の害虫として世界的に有名である。近年の温暖化により日本国内での分布域が拡大しているが、2019年時点で、北関東や北陸以北での分布は確認されていない。年3~4世代を経過し、成虫態で越冬する。

4 アオクサカメムシ *Nezara antennata*

成虫は体長12~16mm(図-4左)。体色は緑色の個体が多いが、色彩多型が存在する。ミナミアオカメムシと同様に広食性で、果樹、野菜、ダイズ等幅広く加害する。日本全土に分布するが、種間競争でミナミアオカメムシに劣るため、種の置き換わりが起きている地域もある。年2世代を経過し、成虫態で越冬する。

5 その他

地域的にブチヒゲカメムシ *Dolycoris baccarum*、クサギカメムシ *Halyomorpha halys*、チャバナアオカメムシ *Plautia stali*、オオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewis*



図-3 ミナミアオカメムシ成虫(左)および幼虫(右)



図-4 アオクサカメムシ成虫(左)および幼虫(右)

(またはトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris aeneus*)等が多発する場合もある。西日本ではマルカメムシ *Megacopta punctatissima*の発生も多いが、莢を加害しないことから実害はほとんどない。

II ダイズカメムシ類による被害

ダイズカメムシ類の被害は成幼虫による莢内子実への吸汁加害によってもたらされる。ダイズの生育ステージにより被害の様相や程度は異なり、莢伸長初期には落莢として、莢伸長中期以降は扁平粒や奇形粒となって現れる(石倉ら, 1955; 本多, 1986; 河野, 1991)。また、加害が激しい場合は子実への養分の転流が進まないため、莢葉がいつまでも緑色のまま落葉せず、いわゆる青立ちといった状態になる(山崎・井上, 1993)。莢伸長初期から子実肥大初期に加害を受けたものは板豆や変形が激しい粒となり(図-5右)、これらは転選機などではじかれるため、収量に影響する。一方、子実肥大中期以降の被害粒(図-5左)は転選機での除去が難しいことから収量への影響は少ないものの、品質(等級)の低下をもたらす。

1頭が加害する子実量は、カメムシの種や雌雄、齢期によって異なる。種ではホソヘリカメムシよりアオクサカメムシやイチモンジカメムシの加害量が多いとされる(河野, 1989; 安永ら, 1993)。また、ホソヘリカメムシでは雄成虫よりも雌成虫による被害が大きい(河野, 1989)。幼虫の齢期でも被害が異なり、若齢よりも老齢のほうが被害の程度は大きく(本多, 1986)、加害頻度は3齢幼虫が一番多い(河野, 1989)。

兵庫県における調査では、10%の減収となるカメムシ類による被害粒率は10.9%とされ、この場合の要防除水準は8月5半旬(圃場侵入期)で0.2頭/50株(見とり調査)である(河野, 1991)。福井県による調査では、被害許容水準を被害粒率5%とした場合、8月下旬(圃場



図-5 ダイズカメムシ類の加害による被害粒(左:中被害, 右:甚被害)

侵入期)で0.3頭/100茎(見とり調査),9月中旬(発生最盛期)で4.0頭/100茎が要防除水準である(測上ら,2000)。品種や栽培時期が異なることから厳密な比較は難しいが,莢伸長期から子実肥大初期といったカメムシ類の密度が低い時期では「1頭/100茎(50株)」以下が要防除水準となり,低密度条件で防除を判断しなくてはならない。

III ダイズカメムシ類の発生予察

1 圃場内での発生調査

ダイズカメムシ類の発生調査は,見とり,あるいは払い落としによって行われることがほとんどである。払い落としによる調査はカメムシ類以外にもハスモンヨトウやフタスジヒメハムシ等も同時に調べることができ,見とりよりも短時間で済むことから効率的な調査法である。一方,カメムシが低密度時には発見効率が見とり法に劣るといった報告もあることから注意が必要である。調査は1圃場当たり100茎(約50株)程度を目安に行う。

2 広域的な予測

(1) 冬季の気温

ミナミアオカメムシは南方系の害虫で冬の寒さに弱いことから(KIRITANI et al., 1963; MUSOLIN, 2012),冬季の気温が越冬量やその後の発生量の指標となる(ENDO, 2016; 遠藤, 2017)。具体的には最寒月の平均気温(多くの年で1月が最寒月となる)や,日平均気温5℃あるいは2.5℃以下の積算日数が指標になる。ミナミアオカメムシは月平均気温が5℃前後で越冬率が大きく変わることから(KIRITANI, 2006; 2007),最寒月の平均気温が4℃を下回る年は越冬率が低く,前年よりも発生量は少なくなることが予想される。一方,最寒月の平均気温が7℃を超えるような年は越冬率がかなり高くなるため,前年の発生が多い地域では注意が必要である。

気温情報については下記の気象庁のホームページの「過去の気象データ検索」<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>から,最寄りのアメダス観測地点を選択したうえで,月平均や日平均気温を調べることが可能である。

(2) 予察灯の誘殺数

ミナミアオカメムシやアオクサカメムシの成虫は光に誘引されることから,県の病虫害防除所などに設置してある予察灯(大型のライトトラップ)が発生予察に有効である(ENDO, 2016; 遠藤, 2017)。予察灯への誘殺数が発生量の指標となるため,7月までの誘殺数を平年値と比較することで,当該年度の発生傾向について知ることができる。予察灯の情報については,各都道府県の病

害虫防除所のホームページや毎月発表される発生予察情報を参考にされたい。なお,光源としては,通常使用されている白熱灯(54W)よりも水銀灯(100W)への誘引数が多い(遠藤・弘中, 2017)。

3 地域的(圃場や集落単位)な予測

(1) 誘引剤を用いた予測

ホソヘリカメムシやイチモンジカメムシに関しては,雌雄成虫および幼虫を誘引する誘引剤が富士フレイバー(株)より市販されている。調査にはこれらの誘引剤と粘着紙や水盤を組合せたトラップを使用する。これらのトラップに誘引されたカメムシ数を定期的に記録し,一定期間の誘引数からその後の発生量や被害の予測を行う。なお,トラップの設置高が高いとカメムシ類の捕獲効率が低下することから,粘着トラップを使用する場合は,粘着面の下部が地上から30~60cmとなるように低めに設置する。

なお,ミナミアオカメムシやアオクサカメムシの誘引剤も市販されているが,捕獲効率が低いことから,現時点では有効な利用法が見いだされていない。

(2) LEDトラップ(UV-LED84球)を用いた予測

ミナミアオカメムシやアオクサカメムシの発生量の把握には予察灯が有効であるが,予察灯は大型で重いことや,野外でも電源を確保する必要があることから,実際に問題となっている地域や圃場に設置するのが困難であった。そこで,省電力なLEDを利用した簡易型のライトトラップを開発した(図-6)。光源には,ミナミアオカメムシやアオクサカメムシの選好性が高い紫外(UV)域(遠藤ら, 2014)のLEDを使用している。開発した



図-6 ミナミアオカメムシ・アオクサカメムシ用LEDトラップ

トラップは家庭用電源が不要なことや軽量であることから、持ち運びが容易でどこにでも設置することが可能である。本LEDトラップは興南施設管理(株)より購入可能である(商品名: ミナミアオカメムシ・アオクサカメムシ用LEDトラップ)。

LEDトラップは調査したい地域の畔など、農作業の邪魔にならないところに設置する。設置場所としては、周りに高い障害物や街路灯がない、開けた暗い場所が望ましい。光源の点灯時間は基本的には薄暮から薄明までの間となるが、予察灯への誘引時間帯はカメムシの種により若干異なることから(遠藤, 2019), 対象種に合わせた点灯時間帯の調整も可能である。なお、ミナミアオカメムシでは2時以降の誘引数が多く、アオクサカメムシでは22時までの誘引数が多い。光源の点灯持続時間は使用するバッテリーの容量や個数により変わるが、週に1度は捕獲虫の回収およびバッテリーの充電を行うのが望ましい。一般的には8月までの誘殺数からその後の発生量や被害の予測を行う。

IV ダイズカメムシ類の防除対策

1 化学的防除

ダイズカメムシ類の発生種や発生時期は栽培地域やダイズの品種・作型により異なるため、使用薬剤や防除時期を決定するうえで、対象地域における発生種や発生消長の把握が重要となる。しかし、定期的にかメムシ類の発生量を調査するのは労力的に困難なことから、カメムシによる被害が問題となっている地域では、トラップによる調査結果とダイズの生育状況を見ながら防除時期を判断するのが現実的である。

開花後2週間ほど経過し、莢が大きくなりだすころからカメムシ類は増え始めるが、初期の加害はダイズ植物側の補償作用により収量への影響は少ないとされる(本多, 1986; WADA et al., 2006)。カメムシによる被害が中程度(被害粒率10~20%)と予想される場合には、子実肥大初期(開花30~40日後)に1回防除するのが効果的である(中村ら, 2009)。被害粒率が20%を超えるような大きな被害が予想される場合には、莢伸長後期(開花20~30日後)と子実肥大中期(開花40~50日後)に2回防除するのが効果的である(中村ら, 2009)。

ミナミアオカメムシやアオクサカメムシに対してはピレスロイド系殺虫剤の感受性が低い事例が報告されており(杉村ら, 2007; TAKEUCHI and ENDO, 2012), 他系統の薬剤による防除が奨励される。また、ダイズカメムシ類を効率的に防除するには長期の持続期間がある殺虫剤を使用することが望ましい。

(1) 新潟県での防除事例

新潟県では‘里のほほえみ’や‘エンレイ’を5月下旬から6月中旬に播種し、7月下旬に開花期を迎える。主要なダイズカメムシは、ホソヘリカメムシとアオクサカメムシで、一部の地域ではイチモンジカメムシも発生する。ダイズカメムシ類は8月下旬ころから増え始め9月下旬から10月上旬に発生ピークとなる。ダイズカメムシ類を対象とした防除を1回のみ行う場合は、8月6半旬から9月1半旬の間に行うのが効果的である。紫斑病やマメシンクイガなど他の病害虫などとともに2回防除を行う場合は、8月下旬と9月中旬が防除適期となる。

(2) 三重県での防除事例

三重県では‘フクユタカ’を7月中旬に播種し、8月下旬に開花期を迎え、11月中下旬に収穫期を迎える。主要なダイズカメムシは、伊勢平野ではミナミアオカメムシが主体でホソヘリカメムシとイチモンジカメムシの発生も認められる。内陸の伊賀盆地ではミナミアオカメムシの発生は少なく、アオクサカメムシとホソヘリカメムシ、イチモンジカメムシの発生が認められる。ミナミアオカメムシの発生が主体の伊勢平野のダイズ圃場では、9月中旬ころからミナミアオカメムシの幼虫が増え始め、10月中旬まで個体数は増加する。ダイズカメムシ類を対象とした防除は、9月3半旬と9月6半旬~10月1半旬の2回防除が基本だが、1回しか防除できない場合は、9月4半旬から5半旬に行うのが効果的である。ハスモンヨトウの発生が多くない場合は、カメムシ類の2回防除のうち最初の1回で同時防除が可能となる。

(3) 山口県での防除事例

山口県では‘サチユタカ’を6月に播種し、7月下旬に開花期を迎える。発生するダイズカメムシは、ホソヘリカメムシ、イチモンジカメムシ、アオクサカメムシ、それと南部でのみ発生するミナミアオカメムシである。ダイズカメムシ類は子実肥大初期の8月下旬~9月上旬ころに圃場に侵入すると考えられ、幼虫が発生するのは9月中旬ころとなり、9月下旬~10月上旬に幼虫発生ピークとなる。よって防除はこの9月中旬の子実肥大中期(開花40~50日後)を中心に行うのが効果的である。8月下旬の莢伸長後期(開花20~30日後)にはハスモンヨトウ等チョウ目害虫を主体にかメムシ類の防除も実施する。また、発生が多い場合は10月上旬の子実肥大後期(開花60日後ころ)にも追加で防除を行う。

2 耕種的防除

ダイズカメムシ類による被害は晩播よりも早播で多くなることが報告されている(WADA et al., 2006)。また、同時期に播種した場合では、開花期の早い品種ほど被害

が大きい傾向がある(河野, 1991)。一方, 小粒多莢の品種は補償作用が働きやすいことや, 全体として粒数が多くなることから相対的な被害粒率を軽減することが可能である(WADA et al., 2006)。

これらのことから, 小粒で粒数が多い品種, あるいは開花期の遅い品種を導入することで被害を低減することが可能と考えられる。また, 播種時期を遅らせることも有効と考えられるが, 遅植の程度によっては収量の低下が見込まれることから注意が必要である。

おわりに

カメムシ類によるダイズへの被害低減は長年に渡る課題であるが, 抵抗性品種などの根本的な対策手段がないことから, 現状では殺虫剤による防除に頼らざるを得ない。さらに近年は, ミナミアオカメムシの分布域の拡大に伴うダイズでの被害が全国的に問題となっており, 対策における発生予察の重要性が増している。

本稿で紹介したように, ミナミアオカメムシやアオクサカメムシを対象とした簡易ライトトラップが開発され, 発生予察に利用され始めている。本トラップはUV-LEDを光源として使用しているが, 最近, 複数波長を組み合わせることにより, 誘引効率が大幅に向上することが明らかとなってきた。今後, 誘引に有効な波長特性が解明されることにより, より効果的で省電力な光源の開発が期待される。光源の省電力化が進めば, 太陽光発電の

併用によりバッテリー交換が不要なトラップシステムの開発が可能となり, より労力的負担の少ない調査法となるであろう。

末筆になるが, 本稿を取りまとめるにあたり防除事例をご紹介いただいた, 山口県農林総合技術センターの本田善之氏および三重県農業研究所の西野実氏にお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) ENDO, N. (2016): *Appl. Entomol. Zool.* **51**: 341~346.
- 2) 遠藤信幸 (2017): *植物防疫* **71**: 235~237.
- 3) ——— (2019): *北陸病虫研報* **68**: 31~35.
- 4) ———・弘中満太郎 (2017): *九病虫研会報* **63**: 55~61.
- 5) ———ら (2014): *応動昆* **58**: 23~28.
- 6) 渕上小百合ら (2000): *福井農試研報* **37**: 31~36.
- 7) 本多健一郎 (1986): *東北農業研究* **39**: 157~158.
- 8) 石倉秀次ら (1955): *四国農試報* **2**: 147~195.
- 9) KIRITANI, K. (2006): *Popul. Ecol.* **48**: 5~12.
- 10) ——— (2007): *Global Change Biol.* **13**: 1586~1595.
- 11) ——— et al. (1963): *Res. Popul. Ecol.* **5**: 11~22.
- 12) 河野 哲 (1989): *応動昆* **33**: 128~133.
- 13) ——— (1991): *兵庫中農技セ特別研報* **16**: 32~68, 98~106.
- 14) MUSOLIN, D. L. (2012): *Physiol. Entomol.* **37**: 309~322.
- 15) 中村利宣ら (2009): *九病虫研会報* **55**: 99~104.
- 16) 大内義久・瀬戸口 脩 (1982): *鹿児島農試研報* **10**: 67~73.
- 17) 杉村和美ら (2007): *九病虫研会報* **53**: 39~44.
- 18) TAKEUCHI, H. and N. ENDO (2012): *J. Econ. Entomol.* **105**: 1024~1033.
- 19) WADA, T. et al. (2006): *Crop Prot.* **25**: 726~731.
- 20) 山崎昌三郎・井上健一 (1993): *北陸病虫研報* **41**: 89~93.
- 21) 安永智秀ら (1993): *日本原色カメムシ図鑑* (友国雅章監修), 全国農村教育協会, 東京, 380 pp.

植	物	
	防	疫
講	座	

農薬編-30

核酸合成を阻害する殺菌剤

—フェニルアミド殺菌剤・芳香族ヘテロ環・カルボン酸—

住友化学株式会社 あか赤 の野 ふみ史 たけ岳

はじめに

生物が生きるうえで重要な生体成分には核酸、アミノ酸、タンパク質、脂質、ステロールおよび細胞壁成分である多糖類等が挙げられる。植物病原菌が生存するうえでもこれら生体成分は重要であり、これらの生合成が阻害されると病原菌として正常な成長・増殖・形態形成および機能発現等を行うことができず、感染・発病・伝播が阻害される。植物病原菌の生育を阻害する薬剤の一つとしてDNAやRNAといった核酸の合成を阻害する殺菌剤が知られている。すべての生物は生体成分として何らかの核酸をもっており、それ自体も核酸である遺伝子に記録された情報に基づいてタンパク質の生合成を行う。一般に菌のライフサイクルは短く、核酸合成を阻害する殺菌剤は細胞分裂の抑制により病原菌の増殖を妨げ、病害を防ぐ。

殺菌剤を作用機構別に分類したFRAC (Fungicide Resistance Action Committee) コード表日本版 (2019年

3月)によると作用機構コードA:核酸合成代謝に分類される殺菌剤は、三つのグループ(フェニルアミド系、芳香族ヘテロ環系、カルボン酸系)に分類される。本稿ではこれら三つのグループの特徴について解説する(表-1)。

I フェニルアミド系殺菌剤

メトラキシル、メトラキシルM(メフェノキサム)等のフェニルアミド系殺菌剤は、べと病菌や疫病菌を含む卵菌類に分類される植物病原菌を特異的に制御する抗真菌化合物である。日本ではリドミル®やサブデューマックス®の商品名で販売されている。これら殺菌剤は卵菌類のリボソームリボ核酸(rRNA)合成を阻害する。また、移行性能を有するため予防的な場面だけでなく幅広い散布タイミングで効力を示すことができる。

1 開発の経緯

ボルドー液の発明以降、長きにわたり卵菌類によって引き起こされる病害の防除には、ジチオカルバメート、

表-1 核酸合成を阻害する殺菌剤の作用機構分

作用機構	作用点とコード	グループ名	化学グループ名	有効成分名	耐性菌リスク	FRACコード
A:核酸合成代謝	A1:RNAポリメラーゼI	PA殺菌剤 (フェニルアミド)	アシルアラニン	メトラキシル	高	4
				メトラキシルM		
				フララキシル*		
				ベナラキシル*		
			ブチロラクトン	オフレース*		
オキサゾリジノン	オキサジキシル*					
	A3:DNA/RNA合成(提案中)	芳香族ヘテロ環	イソキサゾール	ヒドロキシイソキサゾール	耐性菌未発生	32
	A4:DNAトポイソメラーゼタイプII(ジャイレース)	カルボン酸	カルボン酸	オキシロニック酸	不明 耐性菌発生	31

* 日本国内未登録。

Fungicides Acting on Nucleic Acids Metabolism. By Fumitake AKANO

(キーワード:フェニルアミド,芳香族ヘテロ環,カルボン酸, RNAポリメラーゼ, DNA/RNA合成, DNAトポイソメラーゼ)

銅剤、クロロタロニル等のマルチサイト阻害剤が使われた。その後1970年代にシモキサニルとホセチル-Alが開発され、病原菌が植物組織内に存在する場合でも駆除することが可能となった。

もともとフェニルアミド系殺菌剤はプロパクロール(1964年発見)およびメトラクロール(1974年発見)等のクロロアセトアミド系除草剤と構造的類似性を有しており、殺菌活性の向上と除草活性の低減という二つの性質について同時に最適化が行われ創製された。1970年代~80年代にかけて発見されたフェニルアミド系殺菌剤は以前「アシルアラニン系殺菌剤」と呼ばれていた。これはこのケミカルクラスで初めて発見されたフララキシルがアシルアラニンのサブグループに属していたからであり、その後メタラキシル、ベナラキシル、メタラキシルM(メフェノキサム)が発見された。その後、ブチロラクトン鎖またはオキサゾリジノン鎖構造を特徴とするオキサジキシルおよびオフレースが発見されたことにより、系統名がフェニルアミド系殺菌剤と改められ、最終的にフェニルアミド系殺菌剤は三つのサブグループ(アシルアラニン系、ブチロラクトン系、オキサゾリジノン系)を含むこととなった(図-1)。

2 作用特性

フェニルアミド系殺菌剤の代表的なターゲットとしては *Phytophthora* 属, *Plasmopara* 属, および *Pythium* 属等の卵菌類が挙げられる。一方で *Aphanomyces* 属に対しては活性を示さないことが知られている。フェニルアミド系殺菌剤は幅広い作物で使用されるが、主要なものとしてはジャガイモ、ブドウ、野菜類での茎葉散布用途およびタバコ、シバ、豆類、トウモロコシでの種子処理用途が挙げられる。フェニルアミド系殺菌剤の中で代表的

な化合物はメタラキシルである。メタラキシルは Ciba-Geigy AG (現 Syngenta) によって開発され日本では1984年に初回登録された。メタラキシルは構造的にDおよびL鏡像異性体からなるラセミ体(D:L=1:1)である。開発当初はラセミ体が上市されたが、その後活性本体であるD体(メタラキシルM, メフェノキサム)のみを含む製品が開発され、日本では2007年に初回登録された(農業工業会, 2020)。メタラキシルMはメタラキシルと比較して活性が向上し、かつ土壌分解性能が向上している。高い水溶解度(26,000 mg l⁻¹, 25°C)を有するメタラキシルMは最も移行性に優れたフェニルアミド系殺菌剤であり根や葉から植物体内に吸収され植物体内および葉内を速やかに移行し、その優れた移行性能により薬剤散布されていない植物の上位部位においても活性を示す。

3 作用機構

フェニルアミド系殺菌剤は *Phytophthora* 属菌の菌糸体を用いた検討より、rRNA合成を阻害すると考えられている。また、フェニルアミド系殺菌剤は菌糸の成長、吸器および遊走子の形成に影響する一方、遊走子の放出および発芽等卵菌類の生活環の初期段階への影響は限定的である。RNA合成阻害の結果として、RNA合成の前駆体(すなわち、ヌクレオシド三リン酸)が蓄積され、それらは細胞壁の形成に関与するβ-1,3-グルカン合成酵素を活性化することからメタラキシル処理を受けた菌糸は、多くの場合未処理のものよりも厚い細胞壁を形成する(FISHER and HAYE, 1982)。

4 耐性菌の現状

フェニルアミド系殺菌剤が商業的に使用され始めてから2年後には耐性菌が報告された。1980年にアイルラン

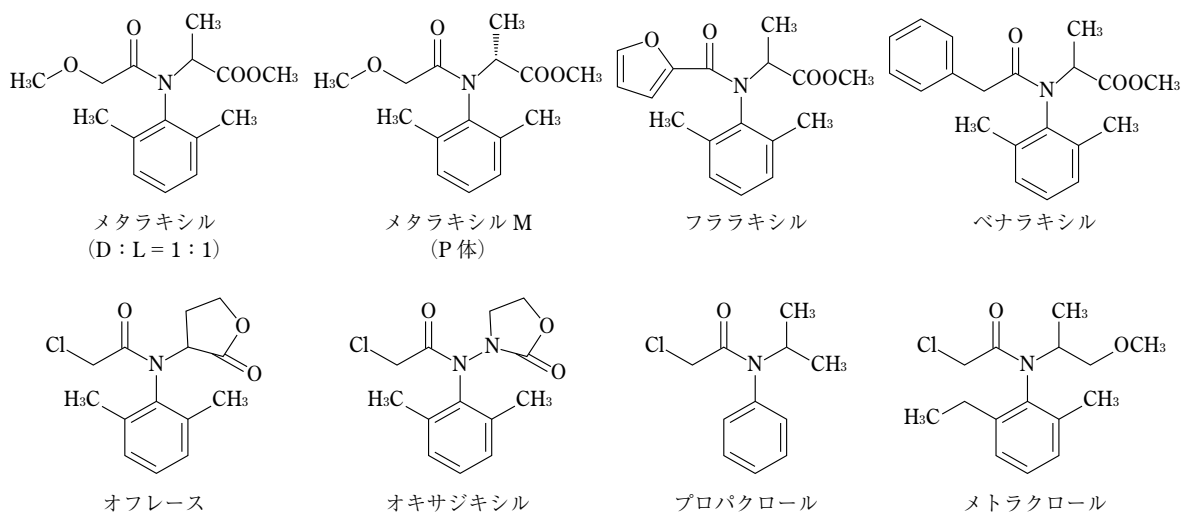


図-1 フェニルアミド系殺菌剤とクロロアセトアミド系除草剤の構造的

ド、オランダ、スイスにおいてジャガイモの *P. infestans* で耐性菌株が分離され、その後すぐに米国のタバコの *P. tabacina* で、フランスおよびスイスのブドウの *P. viticola* など様々な作物における卵菌類病害で耐性菌が報告された。この期間、多くの場合フェニルアミド系殺菌剤は他の系統殺菌剤と混合されず単体で使用されており、これ以上の耐性菌の拡大を防ぐため FRAC はフェニルアミド系殺菌剤の使用に関するガイドラインを作成し①他系統の殺菌剤と混合して使用すること、②作物、シーズンによって使用回数を制限すること、③地上部に出る病害に対して土壌処理しないことが含まれた。なおフェニルアミド系殺菌剤に対する作用機構と耐性のメカニズムに関する研究が長年にわたって行われてきたが、卵菌ゲノム内で耐性能を獲得する原因となる遺伝子とその変異部位等はいまだ特定されていない。

II 芳香族ヘテロ環系殺菌剤

芳香族ヘテロ環系殺菌剤であるヒドロキシイソキサゾールは三共株式会社（現 三井化学アグロ株式会社）によって創製され、タチガレン®の商品名で 1971 年にイネ苗立枯病防除剤として農薬登録された。現在まで耐性菌の発生は報告されておらず当該殺菌剤は日本のイネの健全育苗に大いに貢献してきた。

1 作用特性

ヒドロキシイソキサゾールは *Fusarium* 属、*Aphanomyces* 属、*Pythium* 属等に起因する植物病害を防除するための土壌および種子処理剤として使用されている。特定の *Aphanomyces* 属に対して活性があるという点で、卵菌に対して活性をもつほとんどの殺菌剤とは異なる特徴を有している。一方でヒドロキシイソキサゾールは、べと病などの *Peronosporaceae* 科に属する卵菌に対しては十分な防除効果を示さないことが知られている。適用作物はイネ、テンサイ、野菜類、観賞用作物と多岐にわたり、使用地域・場面に応じて、ヒドロキシイソキサゾールは土壌混和用の分散性粉末、種子処理用の湿潤性粉末、および土壌灌注用途用の水性液体として販売されている。

2 作用機構

作用性の本質はまだ解明されていないが作用機構に関する研究は、*F. oxysporum* および *Pythium* 属菌を用いて実施されている。*F. oxysporum* を用いた研究ではヒドロキシイソキサゾールが RNA および DNA 合成を阻害することが示唆された。一方で *Pythium* 属菌を用いた研究では RNA 合成のみを阻害されることが示唆されるとともに、ヒドロキシイソキサゾールは *Pythium* 属菌の菌糸

生育と孢子形成には影響するが、遊走子の運動性と発芽には影響しないことが示された。ヒドロキシイソキサゾールは植物に取り込まれると 2 種類の配糖体（N-グルコシド、O-グルコシド）に迅速に変換される。O-グルコシドには真菌毒性があるが、N-グルコシドには真菌毒性がない。一方で N-グルコシドは、植物の根毛および分岐根の発生等植物成長促進効果に関与することがわかっている（KAMIMURA et al., 1976 ; NAKANISHI and SISLER, 1983）。

ヒドロキシイソキサゾールが開発された当時、日本各地でキュウリ、イネおよびテンサイ等で評価された際、ヒドロキシイソキサゾールが作物の生育を促進させる現象が報告されていた。その後、植物生長調節作用を評価するためイネ育苗箱で数多くの試験が行われた。その結果を要約すると、ヒドロキシイソキサゾールはイネの生育初期に苗の根毛および分岐根の発生を促し、生育の経過とともに根の生長を促進し、生体重および乾物重の増加をもたらす。また、根の生理的活力を高め、特に低温下での養水分の吸収力を盛んにして生理的ムレ苗の発生を抑える。さらに移植後の活着が促進され、その後の生育が促進されるというものであった。タチガレン剤は、1971 年にイネ苗立枯病防除剤として農薬登録された。当時の稲作は手植えに代わる画期的な新技術である「箱育苗・機械移植」を模索していたが、最も大きな課題は健苗作りであった。従来の育苗方式と異なり、種籾が育苗箱に過密に播かれ、高温・多湿のもとで育苗されるため、苗立枯病防除と健苗育成は機械移植の成否を分ける重要な課題であった。タチガレン剤は、これらの課題を乗り越え箱育苗・機械移植の活路を見いだし、両者を大きく成長させたといえる（三井化学アグロ株式会社、2020）。

III カルボン酸系殺菌剤

カルボン酸系殺菌剤に分類されるオキシリニック酸はジヒドロオキシキノリン構造を有する殺菌剤であり、スターナ®などの商品名で販売されている。オキシリニック酸は *Burkholderia* 属菌や *Erwinia* 属菌等のグラム陰性細菌に高い抗菌活性を示し、その作用機構は DNA 合成を阻害することにより細菌の生育を阻害するものと考えられている。イネの難防除病害であるもみ枯細菌病および苗腐敗症に卓効を示すとともに、褐条病、苗立枯細菌病に対しても優れた効果を発揮し、野菜類での軟腐病などにも効果を示す。

1 開発の経緯

植物病原細菌類による病害はイネ、野菜、果樹等に広

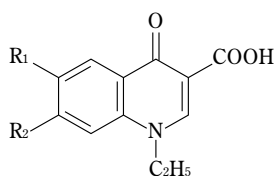


図-2 オキシロニック酸スクリーニング時に注目された構造

く発生し、概して難防除病害である。イネのみ枯細菌病は暖地ではもみ枯れ、寒冷地では育苗箱での腐敗病を引き起こし減収の原因となる。野菜類の軟腐病は風雨や作業時等に生ずる傷口などから植物体内に侵入し、特に可食部が罹病した作物は商品性が損なわれるため可販率が減少する。これら細菌病の防除剤としてストレプトマイシンなどの抗生物質や銅剤が使用されていたが、抗生物質は耐性菌による防除効果の低下、銅剤は薬害リスクが高いことや使用場面が限定される等の制約があり、新たな細菌病防除剤のニーズがあった。

住友化学工業株式会社（現 住友化学株式会社）では 8-hydroquinoline-sulphate が有する抗細菌活性に着目しスクリーニングを実施した結果、とりわけ図2に示す構造の化合物群が高い活性を有しており、R1 および R2 の置換様式により活性が変化することを見いだした。そして1976年にジヒドロオキシキノリン構造を有するオキシロニック酸が発見され、1989年に水稻用種子処理剤として初回登録された（図-2）。

2 作用機構

オキシロニック酸は細菌がもつ DNA トポイソメラーゼの1種である DNA ジャイレースに作用することがわかっている。DNA ジャイレースは、GyrA と GyrB のサブユニット二個ずつからなる四量体で、このうち GyrA サブユニットが二本鎖 DNA の切断と再結合に関与し、オキシロニック酸はこの GyrA に作用する (MAEDA et al., 2004)。

3 耐性菌の現状

研究が進んでいる医薬分野におけるキノロン系抗菌剤では、①標的酵素への一カ所または複数の部位の遺伝子の変異による耐性化、②膜透過性の変化による薬剤の取込み減少や排出ポンプによる薬剤の排出亢進、および③プラスミド性のキノロン耐性遺伝子による耐性化の三つの耐性機構が知られている。大腸菌などグラム陰性細菌では GyrA の「キノロン耐性決定領域」と呼ばれる比較的狭い領域のアミノ酸（大腸菌では N 末端から 67~106 番目）が変異することにより耐性を示す。この領域は一時的に切断された DNA と GyrA が共有結合する部位 (Tyr-122) の近傍であり、また高度耐性株ほど局所の

高次構造の変化が大きいことから、アミノ酸の変化によって局所構造が変化してキノロンに対する耐性を示すと考えられている。耐性株の GyrA の変異は、大腸菌では 83 番目のアミノ酸である Ser-83 やその近傍の特定の位置に認められることから、キノロン系抗菌剤耐性株の耐性機構を調べる際には、まずこの領域の遺伝子のシーケンスを行うことが多い (KIJIMA, 2018)。

イネでの細菌性病害防除場面で重要な役割を担ってきたオキシロニック酸についても1998年以降、耐性を示す *B. glumae* が検出された。イネのみ枯細菌病の圃場分離株のオキシロニック酸耐性は、いずれもオキシロニック酸の作用部位である GyrA タンパク質の 83 番目のアミノ酸残基 (GyrA83) の変異によることが明らかにされている。(HIKICHI et al., 2001 ; MAEDA et al., 2004)。

おわりに

本稿では核酸合成を阻害する殺菌剤の開発の経緯や作用機構等について解説した。フェニルアミド系殺菌剤は、卵菌類に分類される植物病原体を特異的に防除するのに有効な殺菌剤であり、既に耐性菌が世界中で報告されているが、他の作用機構が異なる殺菌剤と混合され製品化されることで耐性菌の発生を予防および遅延させると考えられており、今後も卵菌類による病害防除場面において重要であることは変わらない。芳香族ヘテロ環系殺菌剤であるヒドロキシイソキサゾールは、*Fusarium* 属菌や *Pythium* 属菌といった土壌性病原菌への防除に寄与するだけでなく、その植物生長調節作用により上市当時、日本の稲作で新技術となりつつあった「箱育苗・機械移植」の発展に大きく寄与した。現在でも耐性菌の発生は報告されておらず、今後も日本のイネ栽培場面で重要な資材であり続けると考える。カルボン酸系殺菌剤はイネ、野菜、果樹等に広く発生する植物病原細菌類による難防除病害の防除に寄与してきた。特にもみ枯細菌病および苗腐敗症に対して高い防除効果を示し、日本の稲作場面における細菌病防除の根幹を成してきたと言える。

核酸合成を阻害する殺菌剤の多くは上市されて30年以上が経過しており、作用機構や耐性菌発生のメカニズムなどに関する研究が盛んに行われてきた。しかし不明な点が多いのが現状であり、今後の研究により全容が明らかになることを期待したい。核酸合成を阻害する殺菌剤は多様な特性を有する重要な作物保護剤であり、今後も適正な使用を遵守することで世界の食料生産に貢献し続けると考える。

引用文献

- 1) FISHER, D. and A. HAYE (1982): Pesticide Science **13**: 330~339.
- 2) HIKICHI, Y. et al. (2001): J. Gen. Plant Pathol. **67**: 58~62.
- 3) KAMIMURA, S. et al. (1976): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **42**: 242.
- 4) KIJIMA, M. (2018): 日獣会誌 **71**: 227~232.
- 5) MAEDA, Y. et al. (2004): Appl Environ Microbiol. **70**(9): 5613~5620.
- 6) 三井化学アグロ株式会社 (2020): ウェブサイト, <http://www.mitsui-agro.com/>
- 7) NAKANISHI, T. and H. SISLER (1983): J. Pesticide Sci. **8**: 173~181.
- 8) 農業工業会 (2020): ウェブサイト, <https://www.jcpa.or.jp/>



農林水産省プレスリリース (2020.5.8~2020.6.5)

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> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆ 「令和2年度病害虫発生予報第2号」の発表について (20/5/13) [/syouan/syokubo/200513.html](http://syouan/syokubo/200513.html)
- ◆ 国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査の結果について (平成30年度) (20/5/15) [/syouan/nouyaku/200515.html](http://syouan/nouyaku/200515.html)
- ◆ 「令和2年度農薬危害防止運動」の実施について (20/5/15) [/syouan/nouyaku/200515.html](http://syouan/nouyaku/200515.html)
- ◆ タイ向け日本産かんきつ類生果実の輸出検疫条件の緩和について (20/5/19) [/syouan/syokubo/200519.html](http://syouan/syokubo/200519.html)
- ◆ 農業をサポートするサービスの推進に向けた情報提供を本格化~農業支援サービス関連施策を分かりやすく~ (20/5/27) [/kanbo/kihyo03/200527.html](http://kanbo/kihyo03/200527.html)
- ◆ スマート農業, 環境, バイオの3分野を強力的に推進! ~「農林水産研究イノベーション戦略2020」策定~ (20/5/27) [maff.go.jp/ 以下 docs/press/200527.html](http://maff.go.jp/docs/press/200527.html)
- ◆ 平成30年度農薬の使用に伴う事故及び被害の発生状況について (20/5/29) syouan/nouyaku/200529.html
- ◆ 令和2年度「農業技術功労者表彰」における候補者の募集開始について (20/6/4) [maff.go.jp/ 以下 docs/press/200604.html](http://maff.go.jp/docs/press/200604.html)

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 西日本農業研究センター 生産環境研究領域 病害管理グループ

西日本農業研究センター（西日本農研）は、瀬戸内の温暖な気候の広島県福山市に本所を置き、香川県善通寺市と島根県大田市に拠点をもつ、6研究領域21研究グループからなる試験研究機関です（綾部拠点は2020年3月をもって廃止）。本所にある病害管理グループでは8名の職員（図-1）が、農研機構の第4期中期目標（2016～2020）のもと、中山間地域での農業収益向上を目的に、水田輪作や野菜果樹園芸の場で栽培される農作物の病害を主な対象として研究に取り組んでいます。また、本センターの虫害管理グループとともに近畿中国四国地域合わせて15府県内の病虫害分野の研究ニーズ把握、連携強化等を目指した農業試験研究推進会議病虫害部会の事務局を担うとともに、毎年3月に府県の病虫害関係者が多数参加する問題別研究会を開催して府県間の情報交換を促すなどの取り組みも行っています。以下は今中期計画中に実施してきた研究の概要です。

水田輪作で問題となる病害対策

中山間地域での転換畑の安定生産技術の普及にあたって留意すべき病害の発生様相の解析を行い、現地圃場で発生したアスパラガスの斑点病、ムギ類の早枯病、マカロニコムギの赤かび病等の病原菌を明らかにしてきました。また、麦類で発生する赤色粒が *Erwinia* 属菌の感染に伴って生じることも報告しています。さらに、病虫害防除所の協力のもと、ムギ黒節病（図-2）の発生予察巡回調査データを活用した統計学ベースの数理モデリングにより発生予測モデルを開発し、多発生リスクが保菌種



図-2 萎凋病罹病ホウレンソウとムギ類黒節病罹病茎

子の播種と播種後翌年1月の最低気温（特に -4°C 以下の日数）であることがわかりました。

野菜栽培で問題となる土壌病害対策

中山間地域で夏季にホウレンソウをハウス栽培するための安定生産技術マニュアルの作成のため、カラシナすき込み後に還元土壌消毒を行うホウレンソウ萎凋病（図-2）防除技術を、遮光資材によるハウス内温度管理技術や、雑草防除技術等とともに現地農家に導入して経営評価も含めた実証試験を行っています。さらに、還元消毒により減少した病原菌の再増加を抑制する効果のある有機資材の選抜やその利用方法についても検討しています。また、アブラナ科根こぶ病発病低減効果の高い緑肥作物選抜のための試験をはじめています。

果樹栽培で問題となる病害対策

キウイフルーツに強い病原性を示すかいよう病菌の花粉を介した国内伝搬を防ぐため、香川県、農研機構・果樹茶業研究部門と共同で新規防除方法の開発を進めています。また、ブドウの根頭がんしゅ病の増殖やこぶ形成を抑制する拮抗細菌を発見し製剤化することに、岡山県、民間企業との共同研究により成功し、その登録に向けて鋭意作業を進めています。

（グループ長 川上 顕）



図-1 病害管理グループ関係者

〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1
TEL 084-923-4100

研究室紹介

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 十勝農業試験場 研究部 生産技術グループ

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構十勝農業試験場（以下、十勝農試）は、1895年に十勝農事試作場として設立されて以来、120年以上にわたり、北海道南東部に位置する十勝地方全域の農業振興に資する試験研究を担ってきました。十勝地方の面積は、都道府県別で7番目となる岐阜県と同程度と広大で、そのうちの約1/3は十勝平野が広がっております。このことを背景として、1経営体当たりの平均経営耕地面積が41.6ha（都道府県平均：1.8ha）と大規模農業が行われていることが十勝農業の特徴です。また、水稲作付面積は十勝地方全体で10～20haにとどまり、馬鈴しょ、小麦、砂糖の原料となるてん菜、豆類（大豆・小豆・菜豆）の4作物を基幹とした輪作体系がとられています。これら4作物の国内生産量に占める十勝産の比率は、馬鈴しょで34%、小麦で26%、てん菜で47%、大豆・小豆・菜豆でそれぞれ12%・64%・75%となっています。その他、スイートコーンや最近輸出量が増加傾向にある長いも等も多く栽培されており、十勝農試ではこれら作物に対する品種改良や栽培試験が行われています。

生産技術グループは、病虫担当、土壤肥料担当、園芸栽培担当から成っており、病虫担当は病害2.5名、虫害1名、センチュウ害0.5名の合計4名で構成されています。当グループで現在実施中の主な病害虫試験研究課題を以下に紹介します。

インファロー技術による馬鈴しょ害虫防除法の確立

馬鈴しょの種いも生産では、植物防疫法により“ウイルス罹病株が認められないこと”が厳格に求められることから、病原ウイルスを媒介するアブラムシが主要な防

除対象害虫となります。しかし、これまでに馬鈴しょ栽培で広く活用されてきた有機リン系殺虫剤が近年失効となったことから、代替剤が強く要望されています。インファロー技術は馬鈴しょ植付時の防除法としてヨーロッパでは広く普及しており、植付けと同時に薬剤の希釈液を散布するこの方法が導入できれば、アブラムシの密度低減効果が期待できることに加えて労働時間の削減が見込まれます。当グループでは、インファロー技術による主要害虫の防除効果を示すとともに他の防除法との併用方法の確立を目指した試験研究に、北見農業試験場と共同して取り組んでいます。

耐性菌出現に対応したテンサイ褐斑病防除法の確立

てん菜栽培で最も問題となる病害の一つにテンサイ褐斑病があり、本病発生の多少によりてん菜収量は大きく増減します。しかし、これまで主要な防除薬剤として活用してきたQoI剤、DMI剤、カスガマイシン剤に対する耐性菌が2015年以降に相次いで確認されたことから、マンゼブ剤と銅剤を効率的に活用してテンサイ褐斑病を抑制する必要が生じました。一方、米国では温度と湿度から算出される「感染好適指数（DIV）」がテンサイ褐斑病の適期防除決定方法として活用されています。当グループでは、DIVを応用することによって限られた防除薬剤の効率的活用法を明らかにすることを目的とした試験研究に、道内の3製糖会社および北海道大学と協力して取り組んでいます。

このほか、ジャガイモ黒あし病の発生リスク低減技術の確立試験、小豆・菜豆のダイズシストセンチュウおよび小麦の赤かび病を対象とした抵抗性品種開発にかかわる試験、各種作物の新農薬実用化試験等にも取り組んでいます。

以上、主な試験研究課題を紹介しました。研究課題ではありませんが、これらのほかにも十勝管内の農業改良普及センターや農協など農業関係者から日々寄せられる「病害虫診断」の依頼件数も少なくはなく、直近3年の平均では毎年117件を受けています。当グループでは、このような診断依頼や生産現場から提供される病害虫発生情報を整理して、十勝地方または北海道全体で問題となりうる課題を迅速に把握して対応することに努めています。

（主査(病虫) 三宅規文)



十勝農業試験場の庁舎

〒082-0081 北海道河西郡芽室町新生南9線2番地
TEL 0155-62-2431

発生予察情報・特殊報 (2020.5.1~5.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。**発生物種：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.jppn.ne.jp/>) でご確認ください。

- もちきび：ツマジロクサヨトウ（沖縄県：初）5/1
- トルコギキョウ：トルコギキョウ斑点病（鹿児島県：初）5/18
- スモモ：スモモミハバチ（仮称）（広島県：初）5/29

新しく登録された農薬 (2020.5.1~5.31)

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

〔殺虫剤〕

- フルピリミン水和剤
24391：クミアイエミリアフロアブル（クミアイ化学）
20/5/27
フルピリミン：10.0%
稲：ウンカ類，ツマグロヨコバイ，カメムシ類：収穫7
日前まで

〔殺菌剤〕

- イプフルフェノキシン水和剤
24390：ベスターフロアブル（日本曹達）20/5/13
イプフルフェノキシン：10.0%
西洋芝（ベントグラス）：炭疽病：発病初期
- バリダマイシン・フサライド水和剤
24394：ラブサイドバリダフロアブル（協友アグリ）
20/5/27
バリダマイシン A：5.0%
フサライド：20.0%
稲：いもち病，紋枯病：収穫14日前まで

〔除草剤〕

- カフェンストロール・フルピラウキシフェンベンジル・ベンゾピシクロン水和剤
24385：ダンクショットフロアブル（エス・ディー・エス バイオテック）20/5/13
カフェンストロール：5.7%
フルピラウキシフェンベンジル：0.94%
ベンゾピシクロン：3.8%
移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，オモダカ，ヒルムシロ，セリ
- カフェンストロール・フルピラウキシフェンベンジル・ベンゾピシクロン粒剤
24386：ダンクショット1キロ粒剤（エス・ディー・エス バイオテック）20/5/13
カフェンストロール：3.0%
フルピラウキシフェンベンジル：0.50%
ベンゾピシクロン：2.0%
移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，

ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，オモダカ，ヒルムシロ，セリ

- フルピラウキシフェンベンジル乳剤
24387：ロイヤント乳剤（ダウ・アグロサイエンス）
24388：クミアイロイヤント乳剤（クミアイ化学）
20/5/13
フルピラウキシフェンベンジル：2.7%
移植水稻：一年生雑草，ノビエ，マツバイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，セリ
- フルピラウキシフェンベンジル・ペノキススラム・ベンゾピシクロン粒剤
24389：ウイードコア1キロ粒剤（ダウ・アグロサイエンス）20/5/13
フルピラウキシフェンベンジル：0.40%
ペノキススラム：0.50%
ベンゾピシクロン：2.0%
移植水稻：一年生雑草，多年生広葉雑草
- オキサジクロメホン・テフリルトリオン・ピラクロニル粒剤
24392：ジェイフレンド400FG（協友アグリ）20/5/27
オキサジクロメホン：0.75%
テフリルトリオン：7.5%
ピラクロニル：5.0%
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，ヒルムシロ，セリ
- イマズスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル粒剤
24393：サラブレット KAI400FG（協友アグリ）20/5/27
イマズスルフロン：2.25%
オキサジクロメホン：0.75%
ピラクロニル：5.0%
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ
- イマズスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル粒剤
24393：サラブレット KAI400FG（協友アグリ）20/5/27
イマズスルフロン：2.25%
オキサジクロメホン：0.75%
ピラクロニル：5.0%
移植水稻：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，オモダカ，クログワイ，コウキヤガラ
- イマズスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル粒剤
24393：サラブレット KAI400FG（協友アグリ）20/5/27
イマズスルフロン：2.25%
オキサジクロメホン：0.75%
ピラクロニル：5.0%
移植水稻：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

学会だより

○茨城県病害虫研究会 2020 年度研究発表会および総会の開催中止について

7月に開催を予定しておりました茨城県病害虫研究会 2020 年度研究発表会および総会は、新型コロナウイルス感染拡大の状況を鑑み、中止となりました。

○2020 年度日本菌学会菌類観察会（八王子フォーレ）中止のお知らせ

2020年度の日本菌学会菌類観察会は、9月27日（日）、東京都立大学南大沢キャンパスを主会場に「八王子フォーレ」として開催の予定でしたが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響から、本年度の開催は中止となりました。

広告掲載会社一覧（掲載順）

ダウ・アグロサイエンス日本(株) …… 主要品目
 三井化学アグロ(株) …………… 主要品目
 バイエルクロップサイエンス(株) … オルフィン
 ファンタジスタ普及会 …………… ファンタジスタ
 日本曹達(株) …………… ピシロック
 日本農薬(株) …………… パレード
 サンケイ化学(株) …………… 主要品目
 日産化学(株) …………… グレーシア
 クミアイ化学工業(株) …………… プロポーズ

次号予告

次号 2020 年 8 月号の主な予定記事は次のとおりです。

植物病原細菌 <i>Dickeya dadantii</i> は果樹急性枯死症状を引き起こす 藤川貴史	殺菌剤インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）の特長 倉橋 真
テグス（釣り糸）を利用した果樹園へのカラス侵入対策 吉田保志子ら	テトラニリプロールの特長と使い方 安宅 雅
水稻育苗期に使用する農薬の水稻育苗ハウス後作葉菜類における農薬残留 松田英樹ら	植物防疫講座 病害編：Corynespora 属菌による病害の発生生態と防除 宮本拓也
ダリアのウイルス・ウィロイド病の診断と防除 浅野峻介ら	植物防疫講座 虫害編：野菜のオオタバコガ類の発生生態と防除 八瀬順也
ランタンキュラス安定生産のためのウイルス診断マニュアルの作成 早日早貴ら	植物防疫講座 農薬編：脱皮阻害剤 ハエ目昆虫—シロマジン— 小笠原宏実
サトウキビ畑のネグサレセンチュウに対するフィプロニルの抑制効果 河野辺雅徳ら	研究室紹介：農研機構 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 野菜病害虫管理グループ 水谷信夫
山梨県におけるイネ株腐病の発生と課題 舟久保太一	長野県果樹試験場 環境部 江口直樹

植物防疫

第 74 巻 2020 年 6 月 25 日印刷
 第 7 号 2020 年 7 月 1 日発行
 (通算 883 号)

定価 965 円
 本体 877 円

2020 年分購読料
 前払 11,000 円、後払 11,580 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)
 F A X (03) 5980-6753 (支援事業部)
 振替 0 0 1 1 0-7-1 7 7 8 6 7 番

2020 年
 7 月号
 (毎月 1 回 1 日発行)

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

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。

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

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



【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
トマト、ミニトマト、たまねぎ、だいこん、てんさい



HPはこちら

🔒 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)



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
<https://www.nippon-soda.co.jp/nougyou/>



®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園場などに放置せず、適切に処理してください。

新登場

豊かな収穫へ行進!!

野菜用殺菌剤

パレード20® フロアブル



(写真はイメージです)

菌核病、灰色かび病、
うどんこ病など

葉菜・果菜の幅広い病害に高い効果を発揮!!
適用作物への薬害リスクが極めて低い!

●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ところには置かないでください。

果樹用に
パレード15
もあります!



日本農薬株式会社



SANKEI
ECO PRODUCTS



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
グムラス



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 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951



速く効く。
あの害虫にも効く。^{*1}

だから、
収量に差がつく。^{*2}

効きの速さ
有効成分が直接害虫に作用するから、作物が食べられる前に駆除できる。

対象害虫の幅広さ
チョウ目害虫やアザミウマなど幅広い害虫^{*1}に効く。

大切な作物の食害を抑え、収量を確保したい。
決め手は「効きの速さ」と「対象害虫の幅広さ」。
食べられる前に害虫を駆除、野菜・茶用殺虫剤 グレーシア。

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



- 有効成分フルキサメタミド配合。抵抗性コナガにも卓効
- 葉内に薬剤が浸透、葉裏の害虫も退治
- 幅広いチョウ目害虫に効果
- 殺虫効果は約2週間持続

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはWebをご覧ください。*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。



お客様窓口 TEL.03-4463-8271 東京都中央区日本橋二丁目5番1号
(9:00~17:30 土日祝日除く) <https://www.nissan-agro.net/>



 日産化学株式会社

殺菌剤



プロポーズ[®] 顆粒水和剤

べと病・疫病に 2成分で優れた効果

予防

治療

残効性

耐雨性



100g



500g

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連
全農は登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <https://www.kumiai-chem.co.jp>

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

●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。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●防除日誌を記帳しましょう。

植物防疫

VOL.74 No.7

2020年7月1日 発行 (毎月1回1日発行) 定価 965円 本体 877円 (送料サービス)
一般社団法人 日本植物防疫協会

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
電話 03(5980)2181 FAX 03(5980)6753

<http://www.jpipa.or.jp/>

