

植物防疫

Plant Protection

8

2020
VOL.74



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



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

*2

*1

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
(9:00~17:30 土日祝日除く)

東京都中央区日本橋二丁目5番1号
<https://www.nissan-agro.net/>



 日産化学株式会社

新登場

殺菌剤

カナメ

フロアブル[®]

防除の要、

カナメ

現る

。

農林水産省登録 第24265号
カナメ・KANAMEは住友化学(株)の登録商標



リンゴ黒星病



ナシ赤星病



ネギさび病



タマネギ灰色腐敗病



タマネギ灰色かび病



インゲンマメ菌核病

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

カナメフロアブル普及会

協友アグリ株式会社

SCAGROUP

住友化学

事務局：住友化学株式会社
〒104-8260 東京都中央区新川1丁目27番1号
お客様相談室 0570-058-669

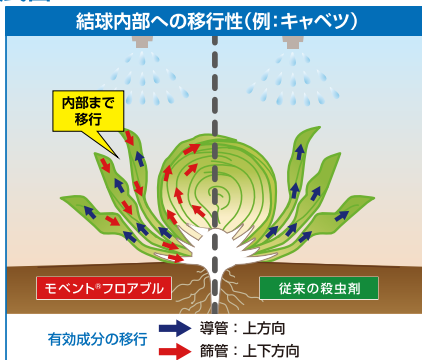
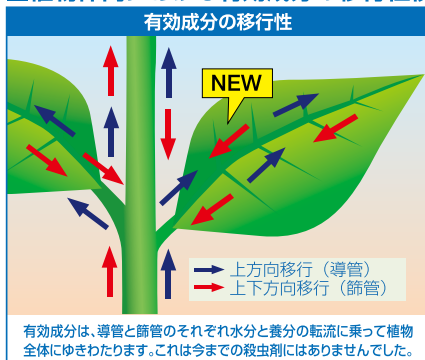
キャベツ、はくさい、レタス、 非結球レタスに新規の 作用機構[※]を持つ殺虫剤!!

※ [RACコード/殺虫剤分類23] (アセチルCoAカルボキシルーゼ阻害)

- 新規の作用機構により、既存薬剤に対し感受性の低下した害虫にも有効です。
 - 優れた浸透移行性で…
- 結球内部も防除! 散布後の展開葉も防除! 長期残効性が望めます!**



植物体内における有効成分の移行性模式図



詳しくはこちら



適用作物および害虫 (葉菜類一部抜粋)

作物名	適用害虫名
はくさい	アブラムシ類
キャベツ	アザミウマ類
	コナガ
ブロッコリー レタス	アブラムシ類
	アザミウマ類
非結球レタス	アブラムシ類
	アザミウマ類

®モベントはバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

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 発売中

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)
369頁 送料サービス

只今, Webで注文受付中

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

農業・幸福・化学 我々を幸せにしているあたりまえのもの…………… 浅見 忠男 1

総説

植物病原細菌 *Dickeya dadantii* は果樹急性枯死症状を引き起こす…………… 藤川 貴史 2

研究報告

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・佐伯 緑 8

調査報告

水稻育苗期に使用した農薬の後作葉菜類への残留…………… 松田英樹・佐山 玲・高橋良知 14

トピックス

山梨県におけるイネ株腐病の発生と課題…………… 舟久保 太一 19

新技術解説

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・郡嶋浩志・瀬古隆司 24

ダリアのウイルス・ウイロイド病の診断と防除…………… 浅野峻介・平山喜彦・芳田侃大・松下陽介・中村 薫 29

ラナンキュラス安定生産のためのウイルス診断方法の開発…………… 早日早貴・照屋亜希子・櫛間義幸・中村 薫・松下陽介・菅野善明 34

植物防疫講座

病害編-32 *Corynespora* 属菌による病害の発生生態と防除…………… 宮本 拓也 40

農薬編-31 脱皮阻害剤 ハエ目昆虫—シロマジン—…………… 小笠原 宏美 47

新農薬の紹介

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 51

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 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 56

長野県果樹試験場 環境部…………… 江口 直樹 57

農林水産省プレスリリース（2020.6.6～2020.7.7）…………… 39

新しく登録された農薬（2020.6.1～6.30）…………… 46

登録が失効した農薬（2020.6.1～6.30）…………… 13

発生予察情報・特殊報（2020.6.1～6.30）…………… 33

【表紙写真】

上段左：キュウリ褐斑病、発生圃場

上段右：ハス褐斑病、発生圃場

下段左：ハシブトガラスによる梨の食害

下段右：ダリアわい化病の病徴（左：健全、右：感染）

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

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

殺菌剤

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

殺虫殺菌剤

スタウトダントツ® スタウトパディート® ハコナイト®
箱将軍® 箱いり娘® 箱大臣® 箱王子®

水稲用除草剤

新規剤 **ゼータプラス** **マスラオ** **ゼータタイガー**
メガゼータ® 忍® ブスモン® オサキニ®

植物成長調整剤

住友ジベレリン® **ロミカ**® **スミセブンプ**® フルメット®

®は登録商標です。

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

〒104-8260 東京都中央区新川1丁目27番1号 お客様相談室



0570-058-669




大粒のめぐみ、まっすぐ人へ
SCG GROUP



住友化学

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


 巻頭言

農業・幸福・化学 我々を幸せに しているあたりまえのもの

東京大学大学院農学生命科学研究科 あさ 浅 み 見 ただ 忠 お 男



秋になると東京大学弥生キャンパスにある多くのどんぐりの木が沢山の実をつけて、舗道は落ちてきたどんぐりで一杯になる。踏まれて割れた実からは、炭水化物や脂肪がたっぷりの中身が地面にこぼれ出てきたの見える。弥生キャンパスは本郷台という高台にあり、東に坂を下っていくと根津に出る。縄文海進時には今の不忍池から根津に続く低地は石神井川の河口に続く入り江であり、その向こう側には寛永寺のある上野台が見えたはずである。この入り江の両岸にあたる地域の坂の途中には数多くの貝塚があることから、高台ではどんぐりを始めとする山の幸、そして低地では多様な種類の貝を始めとする海の幸が容易に採取可能だったのであろう。縄文時代には、食糧供給可能な新しい定住場所を探すことが、生き延びていくために必須であったが、たとえ見つけたとしてもそこに定住し人口が増えるに従い、それ以上の人口を養うだけのカロリーをその地域が提供できなくなると人は新しい場所を求めて移動した。こうして人々はその活動範囲を広げていった。

弥生キャンパス付近にある貝塚から縄文時代の土器とは形状が異なる土器が発見され、弥生式土器と命名された。その後、これらが使われた時代はその文化も含めて弥生時代として認識されるようになった。弥生時代の特徴は農業による食糧生産であり、根津の低地でも稲作が行われるようになったのではないだろうか。加えて当時弥生キャンパス一帯は山の幸に加えて、海退が始まったが依然身近である海からの幸が採取可能であり、多くの人口を支えるだけの食糧生産力があったものと思われる。日本においてはこの縄文時代から農業の始まった弥生時代にかけて人口が20万人程度から60万人程度に増加しているが、この間全体で8万人程度まで減少した時期があったと推定されている。海退の原因となった気温の低下による山の幸の減少が原因である。農耕の台頭は長期にわたる漸進的な出来事であったが、その技術は着実に浸透していきこの人口減少を補うことができただけでなく、時代を下って奈良時代には日本の人口は500万人へと増加した。

食糧増産にともなう人口増加により人々は幸せになったのだろうか。遺跡から発掘された縄文人の平均身長と比較して江戸時代の平均身長ははかなり低いことが確認されている。農耕を始めた当初は安定的な食糧入手は福音であっただろう。しかし農耕は放浪の生活様式を放棄

し、女性は多くの子供を産んで育てることができるようになったために、農耕により生じた余剰の食物はすぐに消費されるようになり、さらに多くの食糧を栽培し、効率的な栽培のためにはより勤勉にならなければならなかった。食糧生産力の増加にともない人口も増加したが、増えた人口への食糧供給は常にギリギリの状態であり、大きな気候変動があれば一気に飢饉が生じるような状態であった。しかもそのころになるともう、縄文時代の生活に戻ることはできなくなっていた。そのために人間は知恵を絞り、作物や農業技術の改良に取り組んできたが、結果は人口の増加を招き長期にわたり飢餓のない生活を送ることはできなかったはずである。このような状況は結局近世まで続き、現代においても食糧生産力の増加にともなう人口の増加は続いている。しかし最近の統計を見ると、これまでの長い歴史と異なり人口増加を上回る食糧生産の増加が可能になっているように見える。局所的には飢餓は起きているが、迅速な情報伝達と流通技術の進化により、筆者が小・中学生のころよりはその深刻度は減少しているのではないだろうか。この理由として、女性一人当たりが出産する子供の数の減少も関係しているであろうが、大きな理由の一つは農業技術の進歩にある。特にこれまで普及してきた農薬を中心とする化学物質と新しい作物や栽培法を組合せた総合的な栽培技術のさらなる進化は今後も期待できる。

世間では新型コロナウイルスの感染爆発により、命に直接かかわる防疫という言葉が身近になり、期待されるワクチンの開発や抗ウイルス薬の開発に関する報道も毎日目にするようになった。今回のCOVID-19は新型であり、医薬としての対抗策がないことは問題視されないうまでも、行政の不適切な対応や遅れは事後になっても批判が絶えない。現在は食糧があるのは当たり前で、食糧不足の苦しさを経験した人は減る一方である。しかしその食糧生産を支えているのは農業では農薬を中心とする農業技術であるが、そのことに目を瞑りがちな世間に広く知らせることはできていない。しかしこの事実に関心をもち、今回の新型コロナウイルスに相当するような農業上の危機が到来した場合にも対応できるような、新しい技術を開発・蓄積しておくことは産官学における植物防疫関係者の責務であると考えている。今後のご努力に前もって感謝したい。

(植物化学調節学会 会長)



植物病原細菌 *Dickeya dadantii* は 果樹急性枯死症状を引き起こす

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門
生産・流通研究領域

ふじ かわ たか し
藤 川 貴 史

はじめに

モモやナシでは、古くから赤褐色の樹液の漏出を伴って樹勢が衰弱し枯死する障害が知られており、それぞれモモ急性枯死症、ナシさび色胴枯病と呼ばれ全国的に発生している。これらの被害樹からは、*Erwinia chrysanthemi* が分離され、切り枝や休眠枝を用いた接種によって病原性が確認されているが、圃場で見られる全身症状の再現には成功していなかった。また、近年になって岩手県などではリンゴにも同様の症状が発生している。筆者らは、リンゴ、モモ、ナシから細菌を分離して健全宿主の根部に接種することによって、全身症状を再現することに成功した。この病原細菌は上述の樹種によらず同一種であり、それは *Dickeya dadantii* (旧体系名では *E. chrysanthemi* に分類される) であることがわかった。本総説では、*D. dadantii* による本病害の特徴や発生状況、接種試験による再現結果、そして今後開発が期待される防除技術について、筆者の体験や雑感を交えて情報共有したい。

I リンゴ急性衰弱症と次世代シークエンサー

2014年ころから、岩手県の一部地域では、梅雨時期から盛夏期にかけて数年生のリンゴ樹が急に枯死するという障害が発生していた(中村ら, 2019a)。その症状は枯死に先立って、地際付近の幹から褐色の樹液が漏出し、上位の葉がえ死したり落葉したりして、突然死するというものであった(図-1)。はじめ、関係者の中では、リンゴ病害として従来から知られている疫病や胴枯病、あるいは紫紋羽病ではないかと疑われていたようである。さらには病害ではなく、凍霜害や何らかの生理障害ではないかとも考えられていた。しかし、これら推察した病害・障害に対して、病原体は分離されず、障害の原因も特定されないままであった。とは言え、園地におい

て若いリンゴ苗木の樹勢がある日突然弱くなり枯死するという症状は生産者にとって衝撃であった。また、一見、海外で広く問題となっているリンゴ火傷病の症状にも似ているため、誤診による社会的なインパクトも懸念された。このため、本症状は「リンゴ急性衰弱症」と呼ばれ原因の究明が切に望まれた。

筆者がこのリンゴ急性衰弱症に初めてかかわったのは、2015年夏のことである。リンゴ急性衰弱症の原因究明に取り組んでいた共同研究者らから、筆者のところに発症樹の一部試料が送られた。これまでに病原菌の分離に成功していなかったため(もちろん障害と考えた場合にもその原因の特定には至っていなかった)、別のアプローチで原因を探ろうということであった。筆者の研究室では次世代シークエンサーを日常的に使用しており、次世代シークエンサーによる遺伝子検出技術が今回のリンゴ急性衰弱症の原因究明にも役立つのではないかと期待されたためである。

そこでいくつかの試料から、褐色の樹液漏出の痕跡がある樹皮を剥ぎDNAを抽出し次世代シークエンサー解析を行ったところ、リンゴ由来のDNAに交じって、植物病原細菌 *D. dadantii* と思われる遺伝子配列が顕著に多く検出された。通常、どれほど健全に栽培しようともその植物に付着していたり内生的に生息していたりする



図-1 リンゴ急性衰弱症

果実の収穫前に全身枯死することが多く(左図)、その株元からは大量の褐色の樹液が漏出している(右図)。

Phytopathogenic Bacterium *Dickeya dadantii* Causes the Quick Decline of Fruit Trees. By Takashi FUJIKAWA

(キーワード: 細菌病, *Dickeya dadantii*, リンゴ急性衰弱症, モモ急性枯死症, ナシさび色胴枯病)

微生物や、場合によっては何かしらの病原体が検出されることは大いにあり得る。実際にリンゴ急性衰弱症の試料からもリンゴの表層に付着していると思われる細菌（例えば *Pantoea agglomerans* など）の遺伝子配列が検出されたが、検出量や検出頻度等あらゆる点で *D. dadantii* が圧倒的に検出され、これを雑菌や土壌からの持ち込みによるコンタミと判断するには無理があるように思えた。なお、疫病菌や胴枯病菌、紫紋羽病菌といったリンゴの病原糸状菌の遺伝子配列は全く検出されなかった。

このことから筆者は *D. dadantii* 感染がリンゴ急性衰弱症の原因ではないかと考えた。しかしこの時点では仮説に過ぎないばかりか、次世代シークエンサーに供した試料から病原菌の分離も試みたにもかかわらず *D. dadantii* を分離することはできなかった。実はこのときの試料は枯死してから時間が経っており、そもそも生きた *D. dadantii* を分離することが非常に困難であったと気付くのは随分後になってからであった。とは言え、これまで全く原因がわからなかったリンゴ急性衰弱症であったが、*D. dadantii* による病害かもしれないという仮説を得ることができた。同時に、病原体の分離・同定の正攻法ではない手法ながら、次世代シークエンサーはパワフルな病原体検出手法になり得ると実感したものである。これ以降、筆者は *D. dadantii* がリンゴ急性衰弱症から分離できるかどうか積極的に調べることとなった。

II *D. dadantii* の分離と果樹急性枯死症状の再現

2016年以降、度々リンゴ急性衰弱症の発生園地を調査したり、発症樹試料を分譲していただいたりして、筆者は病原体の分離を行った。発症樹の発症部位やその隣接部位から正攻法によって複数の細菌を分離することができた。分離された菌群それぞれを切り枝に接種したところ、褐色の樹液漏出や枝の枯死が確認できたものを得ることができた（図-2）。この菌群が何者であるか明らかにするために、API20NEを用いた生化学的同定や、16S rRNA 遺伝子やハウスキーピング遺伝子のシークエンスによる分子生物学的同定等を行ったところ、リンゴの切り枝に対して病原性を有する菌はすべて *D. dadantii* であった（藤川ら, 2017; 2019; FUJIKAWA et al., 2019）。分離された *D. dadantii* はまた、ジャガイモ塊茎やハクサイに軟腐症状を引き起こし、タバコ接種では過敏反応を起こす等、典型的な *D. dadantii* ばかりであった。発症樹から分離されながら、切り枝で病原性を示さなかった細菌の多くについても同定を行ったが *Pantoea* 属、*Enterobacter* 属、*Rahnella* 属など *D. dadantii* と同じ腸内細菌目に属する細菌が顕著であった。このとき、腸内細



図-2 切り枝を用いた付傷接種1日後のリンゴ枝の様子
水差しのリンゴ枝に菌を付傷接種すると、接種1日で萎凋や枝の褐色化が見られる（左図：*D. dadantii*接種，右図：水接種）。

菌目の細菌が高頻度にリンゴから分離されたことに筆者は驚いたが、同時に急性衰弱症の発症樹の樹体をめぐる環境が相当嫌氣的になっているのではないかと感じた。実際に、リンゴの園地を訪れて急性衰弱症の発症樹付近の土壌を調べると排水性が悪く還元鉄の多い粘土質土壌が多くなっていて、このことから、発症樹から分離される細菌群と発症樹が晒されている環境にはある程度の相関があると実感した。古くから様々な手法によって植物や土壌の菌叢解析が行われているが、分離される細菌群の特徴をうまく抽出できれば、宿主環境を読み取ることも可能かもしれず、菌叢解析は園地や宿主の環境調査にも役立つのではないかと筆者は考えている。

ともあれ、*D. dadantii* がリンゴ急性衰弱症発症樹から分離されただけでなく、人工接種によってもその病原性が確認できたのであれば、新病害として認められるはずである。ところが、リンゴの樹を丸々枯死させる急性衰弱症を、切り枝での接種だけで病徴再現と言えるのか、という問いが筆者や共同研究者にはあった。と言うのも、*D. dadantii* を含む旧 *E. chrysanthemi* 群細菌による果樹病害として、ナシさび色胴枯病（梅本・長井, 1984; 陶山ら, 1987）やモモ急性枯死症（菅野ら, 2002; 舟久保ら, 2010）、マンゴー枝枯細菌病（宮平ら, 2008）が日本植物病名目録に記載されているが、このうち全身枯死を引き起こす病害はナシさび色胴枯病とモモ急性枯死症である。ナシさび色胴枯病もモモ急性枯死症もその病徴はリンゴ急性衰弱症と極めて似ており、宿主が異なるだけで本質的に同じ病害であると言える。そして、その両病害について分離された *E. chrysanthemi* を切り枝・休眠枝に接種することで病徴を起こすことが確認されている。ただし、いずれの場合も樹一本丸々枯死

できるような病徴再現には成功していなかった。旧 *E. chrysanthemi* 群細菌による野菜やイモ類、花きの病害ではいずれも人工接種によって原病徴と同じ病徴の再現に成功している一方で、果樹ではその再現が困難であり決定打に欠けていると言えた。にもかかわらず、ナシに対しては病名が与えられ、モモに対しては「急性枯死症」という症状名のままであった。この違いの経緯についてはさておき、少なくとも前者は病害として認識され、発生予察情報の「特殊報」やその他の調査報告によって国内の発生が明らかにできるのに対し、後者は「特殊報」は出せずに、また病害として全国的に知られることもないため、国内における発生実態は未だに明らかではない。リンゴ急性衰弱症についても症状名のままでは発生実態がわからないままになる恐れがあったため、筆者らはリンゴ急性衰弱症を樹で病徴再現し、病害であることを明確にすることを目指した。同時に、ナシさび色胴枯病もモモ急性枯死症も樹で病徴再現できるよう合わせて人工接種に取り組むことにした。

ところで、上述のように、リンゴ急性衰弱症の病原菌は *D. dadantii* であるのだが、そもそもナシさび色胴枯病の病原菌は旧 *E. chrysanthemi* または旧 *E. carotovora* とされており、*D. dadantii* を指すのか、他の *Dickeya* 属細菌や *Pectobacterium* 属細菌も含まれているのかわからなかった。同様に、モモ急性枯死症の病原菌も旧 *E. chrysanthemi* と言われているものの、果たしてそれは *D. dadantii* を指すのか否か判然としていなかった。残念ながら農研機構の農業生物資源ジーンバンクにはナシさび色胴枯病もモモ急性枯死症も当時の病原菌が預託されておらず参照できる病原菌試料がなかった。そこで、リンゴ急性衰弱症のときと同様に、ナシさび色胴枯病およびモモ急性枯死症の発生が知られている県の試験場のご協力を得て、発生園地を調査したり、発症樹試料をいただきたりして病原菌の分離を行った。その結果、現在発生しているナシさび色胴枯病とモモ急性枯死症の発症樹から分離される病原菌はすべて *D. dadantii* であった。発生園地が国内のあちらこちらに分散しているにもかかわらず、旧 *E. chrysanthemi* の中で *D. dadantii* だけが選択的に分離されるということは大変興味深い。

さて、少なくとも現在発生しているリンゴ急性衰弱症、ナシさび色胴枯病、モモ急性枯死症はいずれも *D. dadantii* によって引き起こされていることがわかったため、それぞれの症状を一括りにして、果樹急性枯死症状と呼び *D. dadantii* の人工接種による病徴再現の試験を続けた。リンゴ、ナシ、モモのいずれの切り枝を使った場合にも *D. dadantii* を付傷接種すると赤い樹液漏出が、

また、菌液に枝を水差しすると激しい落葉や萎凋がそれぞれ再現される。

一方で、1~2年生の苗木に対して主幹に付傷接種したり土中に菌液を添加したりしても病徴再現できなかった。苗木への接種は悪戦苦闘が続いたが、ここで現地の発生園地の様子が打開策につながった。発生園地は先述のように、その発症樹付近の土壌は排水性が悪くなっている。これまで接種用のポット苗は園芸土を用いて一般的な果樹栽培に準じて栽培していた。したがって、土壌は栄養が豊富であり、土壌の三相（気相・液相・固相）バランスはよく、適度な水はけと保水性を維持している。このため果樹は相当元気であって、土中に高密度の菌液を添加しても感染力は弱く、増殖も抑えられてしまっているようだった。そこで、接種用のポット苗の土壌を思い切って湛水条件にしたり、園芸土の代わりに荒木田土（粘土質の多い河川由来の土壌で、水はけが悪く容易に嫌氣的になる）で栽培したりして宿主環境を変えてみた。さらに、苗の根部を大きく傷を付けてみた。こうした条件下で病原菌を接種すると、荒木田土に菌液を添加した場合には接種1か月程度で苗木が枯死した（大田・藤川, 2019; Ota and Fujikawa, 2020）。また園芸土であっても湛水条件にした場合に、接種3か月程度で苗木が枯死した。もちろんこうした土壌条件は苗木そのものに大きな負担を与えるため、全くの健康な状態とはいえないものの、病原菌接種区と非接種区とは明らかに区別できるほどの病徴再現となった。また、接種区の苗木では、地上部の主幹や枝葉から病原菌の再分離にも成功した。こうして、多少強引な接種方法ではあるものの、何とか苗木レベルでの人工接種に成功したと筆者らは考えている。ただし、現地で実際に *D. dadantii* が地下の根部の傷口からのみ感染しているかどうかは実はまだ不明である。というのも、多くの植物病原細菌と同様に、雨滴に交じった菌液が樹の地上部の傷口に付着して感染するという可能性もやはり残っているだろう。筆者らの苗を用いた人工接種では、地上部にいくら傷をつけて接種を行っても、一向に感染が成立しなかったが、切り枝や休眠枝では付傷接種は成立するため、地上部における感染成立も少なからず警戒したほうがよいのだろう。

III 果樹急性枯死症状の特徴と発生園地の様子

これまで述べたように、リンゴ急性衰弱症、ナシさび色胴枯病、モモ急性枯死症のいずれにおいても病徴再現が成功し、現地で発生しているこれら症状が *D. dadantii* による病害であることを明確にすることができた。しかしながら、果樹急性枯死症状は生産地で大規模に発生す

るものではなく、園地の中で局所的に発生し、しかも一見何の予兆もなく突然枯死するという異常さから、生産者をはじめとする現場関係者にとって、細菌による急性枯死症状を見分けることは困難であると思われる。実際に、筆者も急性枯死症状の発生園地と言われて調べた園地や、発症樹だと言われて持ち込まれた試料を調べてみると、白紋羽病や腐朽菌による枯死だったり、その他の原因による枯死であったりする場合もあった。そこで、誤診のリスクを少しでも減らすために、*D. dadantii* による急性枯死症状の発症樹の特徴や園地の様子を示したい。

D. dadantii による急性枯死症状の大きな特徴は、健全だと思っていた果樹が前触れなく褐色樹液を、まるで出血したかのように幹や枝から垂れ流すことである(図-3)。このとき、樹液が漏出してすぐの場合、その発症樹の病徴部分からは甘いアルコール臭が漂う。またその時点で樹を切断すると切断面から多数の気泡が噴き出す。これはアルコールとともに発生した炭酸ガスによるものと思われる。*D. dadantii* が樹体内で嫌氣的に糖をアルコールと炭酸ガスに代謝した結果と考えられる。そして樹液漏出に次いで速やかに樹全体が枯死する。見た目には異常がないと思われるような樹であっても、一週間後には既に枯れていた、というような話もよく聞く。凍霜害が、気象条件によって起こるため、枯死から遡って気象データを見ながら、そう言えばあのとき霜が降りていたなあ、と分析できるのに対して、急性枯死症状はあまりにも唐突である。また、多くの病害が感染程度に合わせて落葉が目立ったり、葉色が悪くなったり、といった樹勢の劣化が見えてから枯死に至るのに対して、急性枯死症状は突然すぎるように思える。ただし、実際には、樹液漏出から枯死までの間には果樹の種類によって時間差や程度差があるようである。また、果樹の種類や品種



図-3 モモ急性枯死症の様子

典型的な急性枯死症(図ではモモ急性枯死症)では、褐色の樹液が突然漏出し(左図)、落葉しながら速やかに全身枯死に至る(右図)。

によって樹液漏出の部位にも違いがあるようである。すなわち、モモ急性枯死症の場合、秋の収穫時期や秋雨のころに、褐色の樹液が漏出すとすぐに枯死する。これは文字通り急性枯死と言えるだろう。このとき、樹液漏出は株元から主幹や主枝の上位まで広範な位置で見られる。これに対してリング急性衰弱症の場合、梅雨のころに樹液漏出が見られる場合が多いが、秋雨のころにも見られる。また、樹液漏出が見られてもすぐに枯死しないケースもあり、1~2年経ってから枯死する事例もあった。また、リングは台木品種や穂品種によっても樹液漏出や落葉といった症状に違いがあるようで、台木品種によっても発病程度が違うものや(中村ら, 2019 a)、穂品種によっては樹液漏出が株元だけのものやモモ程度に主幹の上位まで達するものまであった(図-4)。ナシさび色胴枯病の場合も激しい樹液漏出の末に全身枯死するが、モモやリングに比べて発病過程がわかりにくいように思われる。と言うのも、現地調査において、*D. dadantii* が主幹で検出される樹であっても樹液漏出が見られない、あるいは漏出量が少ないものがあった。さらに、筆者らの人工接種によってもモモやリングが激しい落葉や枝のえ死が見られるのに対し、ナシではその程度が低いまま枯死に至る場合があることを確認している。また、いずれの果樹についても比較的若い樹で急性枯死症状が発生しやすい。改植して数年から10年未満の苗で発生が多いことから、数十本レベルで行う幼木の移植や改植における被害は深刻である。園地によっては、改植した苗が



図-4 全身が褐色化したリング

リングの品種によっては、急性衰弱症によって樹液漏出や葉のえ死が全身に広がり枯死するケースもあった。

数百本も急性枯死症状によって枯死してしまった事例もあった。

急性枯死症状の発生園地については、これまでに筆者や関係者で調査したところ、基本的には園地全体または局地的に排水性が悪くなっていることが大きな特徴であった。いくつかの発生園地は、水田転換園であったり、近くに川や池があったりした。また、いくつかの発生園地は、かつては十分に機能していた暗渠や明渠が経年劣化し、排水機能を大きく失っているような所もあった。こうした園地では、一見、園地土壌の表層は水はけがよく乾燥しやすいように見えても、少し土を掘ると、水分を多く含んだ土壌が横たわっていることがしばしば見られる。これまでの土壌調査では、地表から深さ 30 cm 前後の土壌に粘土質が多かったり水分が過剰にあったりする場合に、急性枯死症状が発生しやすい環境にあるようだ (図-5)。さらに筆者らが調べたところ、この深さの土壌では、*D. dadantii* の DNA がよく検出されることもわかっている。そして、この深さの土壌にはどのような意味があるかと言うと、多くの若年生の果樹の細根が伸びている位置にあたる。つまり、苗が発育にともなって細根を伸ばしている地中の場所が、排水性が悪く嫌気的環境になっていると、*D. dadantii* の感染が起こりやすいのではないかと考えられる。一方で、野菜を園地の一部で栽培していたり野菜畑を果樹園に転換したりするような園地や、下草が繁茂しているような園地であっても急性枯死症状が助長されるということは見られていな



図-5 発病樹周辺の土壌調査の様子
枯死した樹の周辺の土壌を調査することによって、土壌の三相分布や土壌中の病原菌密度と発病の関係性を明らかにすることができる。

い。*D. dadantii* が野菜などの広範な宿主を持つ軟腐病菌として知られているにもかかわらず、その宿主が生えていた履歴があったとしても、それがそのまま感染リスクになっているわけではなさそうだ。

ところで、現在の果樹急性枯死症状の発生について全国的な状況について少し述べたい。先述の通り、ナシさび色胴枯病のみ病害として「特殊報」で報告できるため、急性枯死症状の発生状況はどうしてもナシさび色胴枯病の発生を参考にせざるを得ない。ナシさび色胴枯病の特殊報や過去の発生を調べると、東北地方から九州・四国地方まで幅広く発生が報告されている。これに加えて、筆者の調査や関係者の情報によれば、リンゴ急性衰弱症は関東や東北地方で、モモ急性枯死症は東北から中国地方にわたって発生が認められる。つまりこれら果樹を栽培できる地域であれば、どこで発生しても不思議ではない病害ということになる。むしろ、これまでも全国各地の園地で発生していたにもかかわらず、急性枯死症状が見逃されていたように思われる。したがって、今後も全国的に急性枯死症状の発生事例は増加していくだろう。さらに懸念されることは、急性枯死症状の宿主がリンゴ、ナシ (ニホンナシ)、モモに限られるのか、ということである。いずれもバラ科果樹という共通点があり国内で広く栽培されている。国内でよく栽培されているバラ科果樹は、上記3品目に加えて、セイヨウナシやウメ、スモモ、アンズ、オウトウ、ビワが主に挙げられるが、これらバラ科果樹についても注意したいところである。

IV 果樹急性枯死症状への対策と検討している取り組み

これまでに果樹急性枯死症状の被害を軽減させたり予防させたりするにはどうすればよいか、多くの関係者と議論を行ってきた。しかし現時点では有効性が十分に検討されていなかったり、試験されていなかったりするため手探りの状態であると言うのが正直なところである。しかしながら、果樹急性枯死症状は病原菌である *D. dadantii* が存在すればすぐに感染し発病する、という単純な図式ではないようで、果樹をとりまく環境要因が発病に大きくかかわっている。III章の果樹急性枯死症状の特徴、で述べたように果樹の台木品種や穂品種による発病程度の違いが人工接種や現地調査の結果で確認できるのであれば、急性枯死症状に耐性をもった品種の利用につながるだろう。また、これまでに何度も述べているが土壌の排水性の悪化が発病にかかわることから、園地の排水性を改善できれば発病を防ぐことになる。このために、局所的な土壌改良は有効性が高いと考えられ、そ

の利用が検討されている（中村ら, 2019 b）。これには明渠や盛土等の環境工学的な処置や、木炭やパーライトのような排水性改善用の土壌混和剤等園芸資材の利用、さらには緑化樹木の管理で用いられる植穴の通気性を高めて根に酸素を供給するような方法が考えられる。また、苗の植え付け時に、あらかじめ株元や根部に殺菌剤を処理したり、シートで養生したりすることで、*D. dadantii* の感染を予防できないかといった試験も検討されている。こうした対策技術の開発は、急性枯死症状で困っている関係者にとって喫緊の課題であることから、多くの研究機関で一丸となって試験研究に取り組み始めたところである。

V 病名について

ここまで、リンゴ急性衰弱症、モモ急性枯死症、ナシさび色胴枯病からなる果樹急性枯死症状の紹介をしてきたが、今後の研究開発や、現場の発生調査、生産者等関係者との情報共有において、前二者が病害にもかわらず病名として日本植物病名目録に記載されていないことは合理的ではない。そこで、2019年はじめに、これまで急性枯死症状に対して連携して試験研究を行っていた関係機関の方々と病名について意見交換の場を設けた。生理障害と区別できない症状名では誤解を招きやすいこと、さらには病名が記載されているナシさび色胴枯病にしても、この病名から細菌病害であることを理解するのは難しいという意見がでた（ナシさび色胴枯病をさび病や糸状菌による胴枯病と誤解することによって農薬などを間違っって使う恐れさえある！）。こうした状況を改善

するために、現在、日本植物病理学会に新病名の提案を行っているところである。すなわち、リンゴ急性衰弱症を「リンゴ胴枯細菌病」、モモ急性枯死症を「モモ胴枯細菌病」とし、加えてナシさび色胴枯病を前二者の病名に揃えて、「ナシ胴枯細菌病」としてはどうかと考えている。

おわりに

本総説では、果樹急性枯死症状（上述の提案病名で言い換えれば果樹の「胴枯細菌病」となる）に対する筆者や関係者のこれまでの経緯をできるだけ詳しく記載した。このため、学術的な総説にしては冗長かもしれない。しかしながら、本病害は古くから存在するにもかかわらず、その実態が解明されていない以上、多くの研究者に賛否両論織り交ぜて関心を持っていただくことによって新たな研究のブレイクスルーが起こると期待している次第である。それゆえに、本総説や果樹急性枯死症状に関する様々なご意見を賜りたい。

引用文献

- 1) 舟久保太一ら (2010): 関東病虫研報 57: 41~43.
- 2) 藤川貴史ら (2017): 日植病報 83(3): 235~236.
- 3) ——— (2019): 同上 85(1): 46.
- 4) FUJIKAWA, T. et al. (2019): JGPP 85: 314~319.
- 5) 菅野英二ら (2002): 北日本病虫研報 53: 137~140.
- 6) 宮平奈央ら (2008): 日植病報 74(3): 253~254.
- 7) 中村太紀ら (2019 a): 北日本病虫研報告 70: 96~100.
- 8) ———ら (2019 b): 同上 70: 101~104.
- 9) 大田将禎・藤川貴史 (2019): 日植病報 85(1): 46.
- 10) OTA, N. and T. FUJIKAWA (2020): JGPP 86: 199~204.
- 11) 陶山一雄ら (1987): 日植病報 53(1): 71.
- 12) 梅本清作・長井雄治 (1984): 同上 50(1): 83.

研究 報告

テグス（釣り糸）を利用した果樹園へのカラス侵入対策

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 虫・鳥獣害研究領域

よしだ ほしこ さえき みどり
吉田 保志子・佐伯 緑

はじめに

農林水産省の2018年度の集計では、野生鳥獣による日本全国の果樹被害の22%にあたる7.2億円がカラスによるものである。鳥のなかではカラスによる被害が最も多く、次いで多いムクドリとヒヨドリが合わせて3.4億円である。雑食性のカラスにとって栽培果実は好適な食物であり、強いくちばしで様々な果実を食害する（図-1）。多くの果樹が収穫期を迎える夏から秋冬にかけては、主に若齢のカラスで構成される群れが多く見られ、このような群れが果樹園に侵入した場合の被害は甚大である。

農作物への鳥害を防ぐために、模型や音等で鳥をおどかして追い払う方法がよく行われる。しかし、これらの方法は鳥が慣れるため持続性がない。鳥から農作物を物理的に遮断する防鳥網には慣れの問題がないが、設置には資材費や労力がかかり、積雪や強風による倒壊や破損も起こりやすい。防鳥網より簡易な物理的方法としてテグス（釣り糸）やワイヤーを張る方法があるが、その有効性は対象鳥種、設置間隔、侵入を防ぎたい場所のタイプや周囲の環境条件によってまちまちであり、確立され



図-1 ハシブトガラスによる梨の食害（撮影 百瀬 浩）

Using Fishing Lines to Prevent Crows from Orchards. By
Hoshiko YOSHIDA and Midori SAEKI
(キーワード: カラス, 侵入対策, テグス, 果樹園)

た方法となっていない。

そこで私たちは、テグスを利用した簡易で有効な果樹園へのカラス侵入対策技術の開発を目的として、まずは個体数や餌量をコントロールできる飼育下のカラスを用いて、糸状の障害物の設置間隔を段階的に変える試験により、設置間隔と侵入抑制効果の関係を詳しく検討した。続いて、得られた結果に基づいて、作業のしやすさも考慮した果樹園へのテグス設置方法を考案し、野生カラスに対する侵入抑制効果を検証する試験を行った。開発したカラス対策テグス設置方法は「くぐれんテグス君」という愛称で設置マニュアルを公開している (<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/chougai/>)。本稿では、「くぐれんテグス君」開発に至る一連の試験 (YOSHIDA et al., 2019) により明らかになったテグス設置によるカラスの侵入抑制効果について紹介するとともに、果樹園以外への応用や、テグスによる鳥害対策の限界についても述べたい。

なお、本稿において「カラス」は年間を通して国内に広く生息するハシブトガラスとハシボソガラスの2種を指す。畜産施設に侵入するのは主にハシブトガラスであるといった違いはあるが、農作物への被害対策という点では、この2種に大きな違いはないと考えてよい。

I 糸などの設置による鳥の侵入対策

鳥の侵入を防ぎたい場所の上方に、糸やワイヤーを平行や格子状に設置する方法自体は、以前から行われている。古い報告としては、貯水池や養魚場への水鳥の侵入を防ぐ方法としてこれらの対策を勧めている McATEE and PIPER (1936) がある。その後様々な場所や鳥種に対して、多様な資材や設置方法で対策が行われてきたが、侵入防止効果があった事例となかった事例の両方が報告されている (POCHOP et al., 1990)。これらは、鳥による被害が生じている対象地からの鳥の排除を目的として、その場所の形状や設置費用等に基づいて決めた方法で資材を設置して、その結果がどうであったかを報告したものが多く、コントロールされた実験条件下で鳥の反応を詳細に検討した例はほとんどない。

資材を設置する間隔について、McATEE and PIPER (1936) は、侵入を防ぎたい対象種の翼開長（翼を広げた状態での左右両端までの長さ）の2倍の間隔で格子状に設置することを勧めたが、これは経験的な目安と思われる。30 cm 間隔で平行に設置した糸が、イエズメ（翼開長 19~25 cm）には有効でも、より体サイズが大きいホシムクドリ（翼開長 31~44 cm）などには効果がなかった例もあり（AGUERO et al., 1991；STEINERGER et al., 1991）、鳥の体サイズは重要な要素ではあるが、それだけで適切な設置間隔を決めることはできないと考えられている（POCHOP et al., 1990）。また、設置対象地に存在する食物量が多いときや、集まる個体数が多いときにはワイヤー設置による侵入抑制効果が低かったことから（McLAREN et al., 1984）、侵入を防ぎたい場所の鳥にとっての利用価値の違いも設置間隔と有効性の関係に影響を及ぼすと考えられる。

II 飼育カラスを用いた大型ケージ内でのテグス設置条件の解明

カラスに有効なテグス設置方法を開発するためには、個体数や餌量をコントロールできる飼育下のカラスを用いて、設置間隔を段階的に変えて侵入抑制効果との関係を検討する試験を行う必要があると考えた。野生のカラスは細かい環境の変化に敏感で、利用価値がそれほど高くない場所や代わりのきく場所では、糸を1本張る程度でも来なくなることがある。その一方で、良い餌があるなどの利用価値が高い場所では、模型や音等のおどかし道具にはすぐに慣れ、防鳥網を張っても隙間があれば侵入する。そのため、野外では試験のために最初の糸を張っただけで来なくなったり、環境中に存在する餌量の変動によって侵入意欲が変わったりする可能性があり、設置間隔と侵入抑制効果の関係を定量的に評価する試験の実施は野外では困難である。飼育カラスにおいても、試験用の餌皿を別の形状のものに交換する、餌皿近辺を撮影するビデオカメラを設置するといった変化に敏感に反応し、しばらくはその餌皿付近に来なくなるといった行動が見られることから、こういった試験条件に十分にカラスを慣らしてから試験を実施した。

茨城県つくば市の農研機構中央農業研究センター（以下、中央農研）構内にある、広さ 40 m × 60 m、高さ 12 m の大型ケージにおいて、当地で野生から捕獲したハシブトガラス 12 羽、ハシボソガラス 3 羽を飼育して試験を行った。ケージ内に 11 m × 20 m、高さ 1.6 m の試験枠を直径 22 mm の金属パイプで組み、側面には目合 6 mm の防風網を張って横からは入れないようにした（図-2）。

試験枠の上面に設置する針金または釣り用透明テグスの間隔を週ごとに段階的に変え、カラスの出入りを地上 7.5 m にある観察窓から録画して解析した。試験にあたっては中央農研動物実験委員会の承認を受けた。

大型ケージ内での試験は、設定の異なる試験 1~試験 3 を行った。カラスは見えやすいワイヤーよりも見えにくいワイヤーを警戒するため（HONDA, 2012）、試験 1 と試験 2 では太くて見えやすい緑色被覆針金を使い、警戒心の影響をなるべく避けて設置間隔そのものに対する反応を調べることを目的とした。試験 1 では試験枠外に通常の飼育で与えている餌を置いたままで、試験枠内にさらに餌を置く条件としたが、試験 2 では試験枠内のみに餌を置く給餌制限を行ってカラスの侵入意欲を高めた。試験 3 では、緑色被覆針金に代えて、作業性や価格から実際の果樹園で使いやすいと考えられる釣り用の透明テグス（ナイロンモノフィラメント）を用いた。

1 試験 1（針金を使い給餌制限なし）

直径 2 mm の見えやすい緑色被覆針金を使い（図-2）、給餌制限なしで 6 時間の試験を週 4 日行った。試験餌はカラスが好むラッカセイとした。針金の設置間隔を 10 m から開始し、週ごとに段階的に 0.25 m まで狭め、続いて 10 m まで段階的に広げると、侵入回数は間隔を狭めるごとに減り、1 m での侵入は 1 個体の 1 回のみであった。続く 0.5 m、0.25 m、0.5 m、1 m の過程では全く侵入はなく、2.5 m から再び侵入するようになったが、5 m、10 m に針金間隔を広げても侵入回数は元に戻らなかった（図-3）。

2 試験 2（針金を使い給餌制限あり）

試験 1 と同じ緑色被覆針金を使い、試験中は試験枠内のみに餌を置く給餌制限を行った。試験は昼行性のカラスの空腹度が高まっている日出に開始し 4 時間後までとした。試験餌は、ラッカセイに加えてリンゴと普段の餌であるドッグフードを使用した。試験枠内にしか餌がない試験 2 では、針金の設置間隔を狭めても侵入回数の減

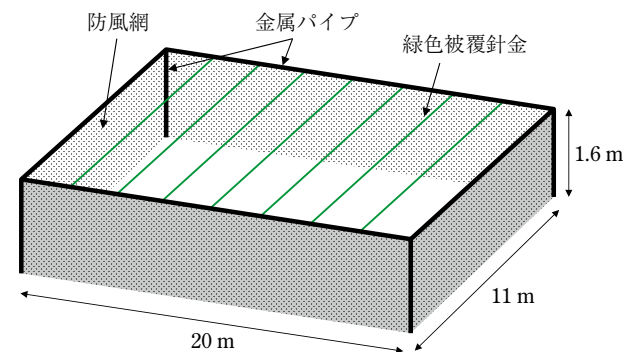


図-2 緑色被覆針金を張った試験 1（給餌制限なし）と試験 2（給餌制限あり）で使用した試験枠（YOSHIDA et al., 2019）

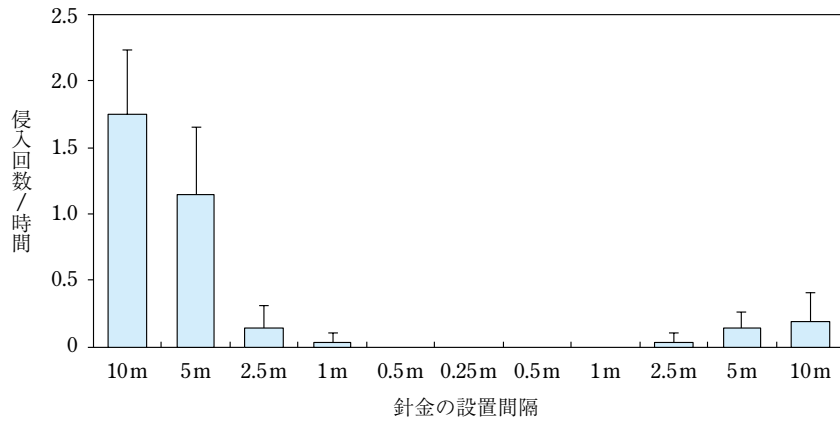


図-3 試験1（緑色被覆針金・給餌制限なし）におけるカラスの侵入回数
各設置間隔における平均と標準偏差を示す（YOSHIDA et al., 2019 を一部改変）。

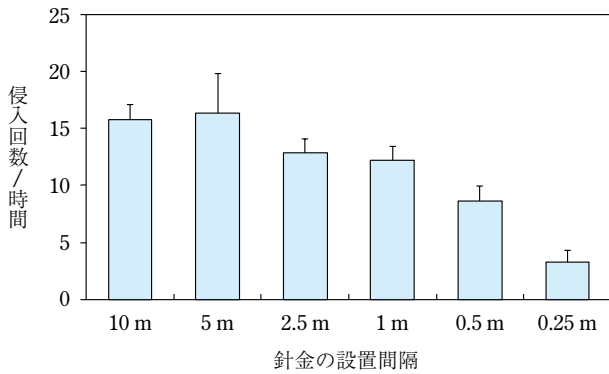


図-4 試験2（緑色被覆針金・給餌制限あり）におけるカラスの侵入回数
各設置間隔における平均と標準偏差を示す（YOSHIDA et al., 2019 を一部改変）。

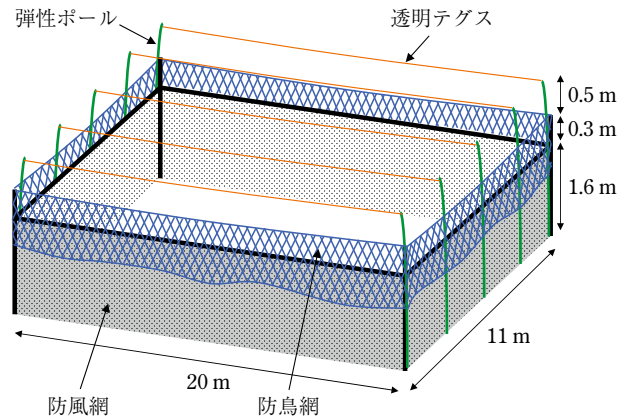


図-5 試験3（透明テグス・給餌制限あり）で使用した試験枠
（YOSHIDA et al., 2019）

少しは緩やかで、0.25 mでも少数の侵入が見られた（図-4）。狭めた後に広げる過程は、試験2では行わなかった。

3 試験3（透明テグスを使い給餌制限あり）

線径 0.52 mm（10号）の釣り用の透明テグスを使い、試験2と同様の給餌制限を行った。試験枠外周には、試験枠への止まりを防ぐための防鳥網を全周に張った。テグスは長さ 2.4 m のポールを立てて張り、張る方向を試験枠の長辺と平行にして、試験1、2に比べて角度の浅い離着陸がしやすいようにした（図-5）。テグス設置なしから試験を開始して、週ごとに 11 m、5.5 m、2.75 m、1 m まで設置間隔を狭めた。試験餌の種類、量、配置は試験2と同じにしたが、試験3の実施時期は日長が短く気温も低かったので、試験時間を日出2時間後までに短縮して給餌制限による試験個体の負担を減らした。テグスの間隔 11 m では、テグスなしと侵入回数に大きな差はなかった。間隔 5.5 m では侵入回数が減少したが、次の段階の 2.75 m に狭めても侵入回数は 5.5 m とほとんど差がなかった。テグスの設置間隔を 1 m まで狭める

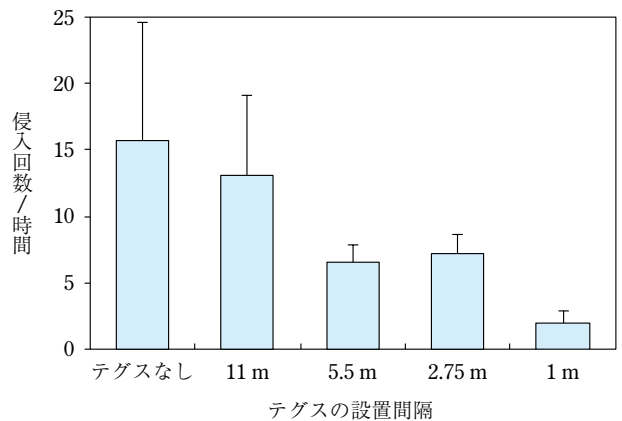


図-6 試験3（透明テグス・給餌制限あり）におけるカラスの侵入回数
各設置間隔における平均と標準偏差を示す（YOSHIDA et al., 2019 を一部改変）。

と侵入回数は大きく減少した。（図-6）。

III 飼育下試験の結果に基づく 果樹園への設置方法の考案

飼育カラスを用いて行った試験1~3の結果から、飛来侵入するカラスに対する障害物として、見えやすい緑色被覆針金に比べて透明テグスのほうが侵入抑制効果が高いこと、透明テグスの設置間隔は1mが実用的と考えられることが明らかになった。給餌制限ありという条件が同じで、針金を用いた試験2と透明テグスを用いた試験3を比較すると（図-4、図-6）、針金での侵入回数は、1m間隔と2.5m間隔以上で大きな違いがなかったのに対し、透明テグスでの侵入回数は1m間隔で大きく減少した。透明テグス1m間隔での侵入回数は、針金0.25m間隔での侵入回数より少なかった。カラスの翼開長は1m前後であり、1m間隔に張られた針金やテグスを避けながら飛ぶためには、降下する方向や角度、羽ばたきのタイミングを調整する必要があると考えられる。見えやすい針金は1m間隔でも侵入の妨げになりにくいですが、透明テグスは見えづらいために避けにくく、侵入がしにくくなったのではないかと考えられる。

これらの結果をもとに、果樹園での設置方法として、上面に透明テグスを1m間隔の平行に張り、側面からの侵入を防ぐ防鳥網を組合せることとした。テグスの支柱として、長さ4mで直径10.5mmの弾性ポール（トンネル栽培用資材）を用いることで、脚立に上らずに樹高を上回る高さへのテグス設置ができるようにした。使

用する資材はすべて一般的な市販品であり、農業者による自力施工が可能である。30aの果樹園（30m×100m）に設置する場合に資材費は13.5万円程度で、設置作業は2~3名で約3日かかる。詳しい設置方法は、果樹園のカラス対策「くぐれんテグス君」として、マニュアルを作成してウェブサイトで公開している（図-7）。

IV 野生カラスに対する効果検証（試験4）

考案した設置方法の野生カラスに対する効果を検証するために、果樹園を模した野外の試験枠を作り、露地栽培の主要な果樹が収穫される夏~秋に約6か月の試験を行った。中央農研の圃場の一部に、金属パイプと防風網で15m×30m、高さ1.75mの試験枠を作った。試験枠内に12個の餌台を等間隔に配置して、週日の9:00から15:00を試験時間として、各餌台に試験餌（食パン、リンゴ、ドッグフード）を試験開始直前に置き、地上7mの位置から試験枠全体を俯瞰する録画を行ってカラスの出入りを記録した。試験は、テグスなし期間とテグス設置期間を3週間ずつ交互に各4回繰り返した。

合計24週間の試験において、テグスなし期間の侵入回数は2千回を超えたが、テグス設置期間の侵入回数は9回のみであり、テグス設置の有無でカラスの侵入回数は有意に異なった（図-8）。試験餌の消費量についても、テグス設置期間はテグスなし期間と比べて非常に少なく、テグス設置の有無によって消費量は有意に異なった。

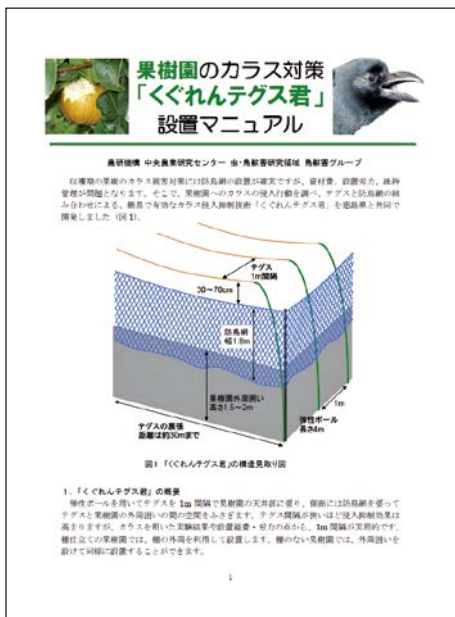


図-7 果樹園のカラス対策「くぐれんテグス君」設置マニュアル

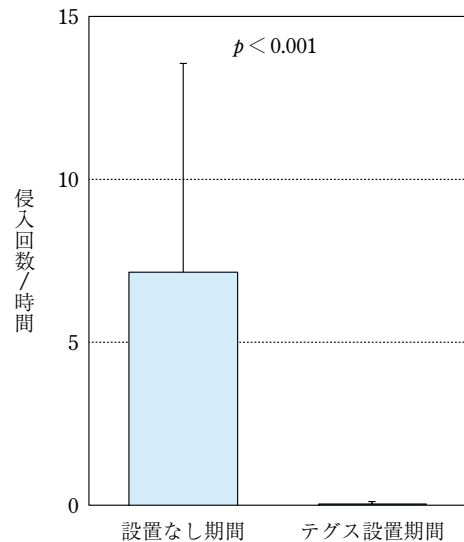


図-8 試験4（野生カラスに対する効果検証）におけるカラスの侵入回数

設置なし期間とテグス設置期間を3週間ずつ交互に各4セット繰り返した総計120日分の試験における平均と標準偏差を示す（YOSHIDA et al., 2019をもとに作成）。

また、約6か月にわたる試験期間において、試験セットを繰り返すにつれて侵入回数や試験餌の消費量が増加する傾向は見られなかった。これらの結果から、考案した「くぐれんテグス君」は果樹園におけるカラス対策として、実用に十分な侵入抑制効果を持つと考えられた。

V 畑作物圃場への応用

果樹園のカラス対策「くぐれんテグス君」は、設置後は常設することを想定している。他方、畑作物では作付けごとに圃場を変えるため、カラス対策が必要な時期にだけ設置し、撤去した資材を再利用できる簡易なテグス設置方法を開発し、設置マニュアルをウェブサイトで公開している。この、畑作物のカラス対策「畑作テグス君」は、長さ1.2mの農業用支柱を圃場の周囲に立てて、テグスを圃場上面1mの高さに1m間隔で平行に張り、側面は25cm間隔で4段のテグスで囲む（図-9）。10aの畑（30m×33m）に設置する場合の資材費は約1.7万円、2名での作業時間は、設置が1時間半～2時間、撤去が1時間～1時間半である。

芝広場内の15m×30mの範囲を模擬畑として、ラッカセイ、リンゴ、ドッグフードを配置して、テグスなし期間とテグス設置期間を3週間ずつ交互に各4回繰り返した野外検証試験では、テグス設置期間中はテグスなし期間に対して、カラスの侵入は0～7%、試験餌の消費量は0～9%に抑えられ、実用に十分な侵入抑制効果があると考えられた。

VI テグスを利用する鳥害対策の留意点

1 カラス以外の鳥種への有効性は低い

テグスを張る侵入防止対策は、現在のところカラス以外の鳥種に対しては有効性が低いと考えられる。まず、ハト類やヒヨドリ等のカラスより小型の鳥では、テグスの設置間隔を1mよりもかなり狭めないと飛行の支障にならないと考えられ、資材費や労力等設置コストがか

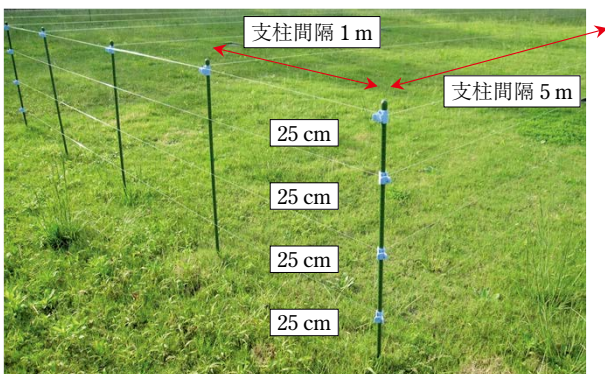


図-9 畑作物のカラス対策「畑作テグス君」の設置方法

かる。小型の鳥はホバリングができるなど、飛行の小回りがカラスより効くため、翼開長と同程度の設置間隔で有効かどうかについても検討が必要である。実際、囲いの上面から飛来侵入するヒヨドリ（翼開長約40cm）に対して透明テグスを設置した場合に、50cm間隔～5cm間隔まで間隔を狭めても侵入頻度は大きく変わらなかった（山口、私信）。

カラス以外の鳥種では、糸などの設置に対する警戒がそれほど見られない場合が多いことも問題となる。ハトはワイヤーに接触しても直後に採食を開始し、ワイヤーを忌避する様子は見られなかった（Honda, 2012）。水稻湛水直播の播種期のカルガモ食害に対してテグスを設置した試験例では、被害軽減効果は低く、有効な対策手法とはいえなかった（高城, 1995）。ただし、スズメの仲間ではイエスズメにおいて30cmまたは60cm間隔で平行に張った糸で、餌台に来る個体数が大幅に減るという実験があり（Aguero et al., 1991）、日本のスズメでも糸やテグスの設置による侵入抑制効果がある程度見られている（山口、私信）。

2 畜舎や生ゴミ集積所のカラス侵入対策には向かない

設置した障害物が針金で、給餌制限をしなかった試験1と給餌制限をした試験2の、同じ設置間隔での侵入回数を比較すると、給餌制限ありでの侵入回数には10倍程度からそれ以上の差があった（図-3, 図-4）。したがって、周辺環境に食物が少なかったり、侵入を防ぎたい場所に存在する食物の価値が高かったりして、カラスの侵入意欲が高い場合には、1m間隔で平行に設置したテグスでは侵入抑制効果が不十分だと考えられる。実際に、畜舎で大きな開口部に網を張ったところ、残された高さ約30cmの隙間からハシブトガラスが出入りするようになった事例を観察している。畜舎や生ゴミ集積所のような、穀類や肉類等のカラスが好む食物が豊富に存在する場所では、防鳥網などでカラスが完全に侵入できないようにする必要がある。

3 野鳥の絡まり事故を防ぐ

鳥の侵入対策に使用するテグスは、線径0.74mm（20号）前後が適している。少なくとも線径0.52mm（10号）以上の太さがあるものを使い、ある程度のテンションをかけて張ることで、野鳥が絡まる事故を少なくできると考えられる。細いテグスは柔軟にたわみ、鳥がぶつかった際に羽根や足に絡みつきやすい。テグスは太いほど絡まり事故は起こりにくいと考えられるが、すぎるテグスは結びにくい、価格が高いなどの問題がある。

近年、個体数の増加とともに麦や牧草への食害が生じているガン・ハクチョウ類は、大型で離着陸にスペース

を必要とする。したがって、これらの侵入を阻止するには、離着陸に適さない場所であることを視覚的に明示でき、野鳥の絡まり事故の発生も少ないと考えられるトラロープなどのほうが、テグス設置よりも好ましいと考えられる。

おわりに

カラスは賢いから他の鳥種にくらべて対策が難しいと思われていることが多い。実際は逆で、賢くて「疑心暗鬼」になるのか、他の鳥種がすぐに慣れてしまう脅かし型の防鳥用品でも、カラスでは場合によっては効果が長持ちすることがある。透明テグスや、HONDA（2012）が開発した黒つや消し色の極細ワイヤーを利用したカラス侵入対策は、このようなカラスの性質を逆手にとった方法といえる。透明テグスを使った私たちの試験では、飼育下と野外の両方で、試験枠に侵入する方向に降下するものの、テグスの直前でやめて再上昇する行動を何度も観察している。透明テグスは、ある程度見えにくいことで、実際にはカラスが羽ばたいて通過できる1m間隔（カラスの翼開長と同等）であっても、侵入をためらわ

せる効果があると考えられる。いっぽう、黒色極細ワイヤーは非常に見えにくいいため、HONDA（2012）の試験結果によれば、気づかずに飛来したカラスが接触し、見えないものに接触した警戒感からその場を逃避して、以後その場所への接近を避けるというかたちで侵入抑制効果が現れるようである。透明テグスと黒色極細ワイヤーはカラスに対する有効性の発揮の仕組みが異なると考えられ、これらの知見を今後さらにカラスの「賢さ」を逆手にとれる対策の開発に活かしていきたいと考えている。

引用文献

- 1) AGUERO, D. A. et al. (1991): Wildl Soc Bull 19: 416~422.
- 2) HONDA, T. (2012): J Ethology 30: 11~14.
- 3) McATEE, W. L. and S. E. PIPER (1936): USDA Leaflet No. 120, Washington DC, 6 pp.
- 4) McLAREN, M. A. et al. (1984): U.S. Dept of Transportation Report DOT/FAA/AAS/84~1: 241~251.
- 5) POCHOP, P. A. et al. (1990): Proceedings of the 14th Vertebrate Pest Conference, p.317~324.
- 6) STEINEGGER, D. H. et al. (1991): Hortscience 26(7): 924.
- 7) 高城哲男 (1995): 植物防疫 49: 232~234.
- 8) YOSHIDA, H. et al. (2019): Appl Entomol Zool 54: 399~408.



登録が失効した農薬 (2020.6.1~6.30)

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

「殺虫剤」

- MPP 乳剤
10527：クミアイバイジット乳剤（クミアイ化学工業）
20/6/10

● オキシロニック酸粉剤

- 23635：協友スターナ粉剤 DL（協友アグリ）20/6/26
- イミノクタジナルベシル酸塩水和剤
23668：協友ベルコート水和剤（協友アグリ）20/6/26

「殺菌剤」

- オキシロニック酸粉剤
17956：スターナ粉剤 DL（住友化学）20/6/24

「除草剤」

- グリホサートナトリウム塩・テトラピオン液剤
21290：フレピオン液剤（三井化学アグロ）20/6/25



水稲育苗期に使用した農薬の 後作葉菜類への残留

秋田県農業試験場 まつだ ひでき さやま あきら たかはし よしとも
松田 英樹・佐山 玲・高橋 良知

はじめに

食品衛生法改正に伴う残留農薬のポジティブリスト制度の施行以降、水稲育苗ハウスで適切に使用された農薬が、後作物において残留農薬基準値を超過する事例が生じている。秋田県においても水稲育苗後のハウスを活用し、葉菜類などの栽培が行われており、水稲育苗期に使用する農薬がハウス内の土壌にどの程度移行・残留するのか、また、その土壌で栽培される葉菜類に吸収・移行し、残留農薬基準値を超過するリスクがあるかを調査することは、生産指導を進めるうえで重要である。筆者らは2006年度から19年度までに23製剤(22有効成分)について調査を行った。供試農薬の選定は、主要な水稲病害虫に対して防除効果が確認され、秋田県内で広く普及している農薬と、今後新たに普及が見込まれる新規系統農薬を中心に進めた。

調査にあたって供試作物は、栽培期間が短く(30~50日程度)、農薬が検出されやすいと報告されているコマツナやシュンギク(清家, 2015)、秋田県内の水稲育苗ハウスで多く作付けされているホウレンソウを用いた。水稲育苗ハウス内土壌への育苗箱施用農薬の混入は、床土混和あるいは播種時散布した育苗箱から、灌水等で移行するケースや、水和剤を育苗箱に灌注した際に移行するケース、粒剤がこぼれ落ちるケース等が考えられる。したがって、試験にあたっては剤型(使用方法)が異なる3製剤を慣行の方法で水稲育苗期に使用し、育苗後のハウス内土壌中および後作葉菜類への残留実態を把握した(佐山ら, 2015; 2016; 松田ら, 2019)。

I 調査方法

1 供試農薬、試験区および農薬の処理方法

本稿では、プロベナゾール・クロラントラニリプロール

粒剤(商品名:ファーストオリゼフェルテラ粒剤, 有効成分プロベナゾール20.0%, クロラントラニリプロール0.75%), アミスルブロム水和剤(商品名:オラクル顆粒水和剤, 有効成分50.0%)およびピカルブトラゾクス水和剤(商品名:ナエファインフロアブル, 有効成分10.0%)について取り上げる。試験区および農薬の処理方法については表-1の通りである。倍薬量処理区については、農薬がハウス内土壌にスポット的に多く混入することなどが想定されたため設定した。

2 耕種概要

(1) プロベナゾール・クロラントラニリプロール粒剤
試験は2011年と2012年に秋田県農業試験場内の異なる育苗ハウスで行った。育苗ハウス内土壌は2011年が腐植質普通黒ボク土, 非埋没腐植質, 炭素含量3.9%, 2012年がアロフェン質黒ボク土の下層土, 炭素含量3.4%である。2011年は4月7日に薬剤を床土に1箱当たり100gまたは50g混和後, 4月12日に水稲品種‘あきたこまち’を播種し, 5月16日まで育苗ハウスで箱下に不織布(商品名:ラブシートブラック, ユニチカ株式会社製)を敷いて育苗した。水管理は育苗箱内の土壌の乾燥状態に応じて, 1日に0~2回程度かん水した。育苗箱を除去後, 6月6日に育苗ハウス内に施肥, 耕起, 整地後(耕起深15cm), コマツナ(品種:‘なかまち’), シュンギク(品種:‘さとゆたか’), ホウレンソウ(品種:‘スーパースター’)を播種し, 栽培した。コマツナは7月5日, ホウレンソウは7月6日, シュンギクは7月11日に収穫し, 分析に供試した。育苗ハウス土壌については4月14日(水稲育苗前), 6月6日(水稲育苗後葉菜類播種前), 9月6日(葉菜類収穫後)の計3回, 耕起後, 地表から深さ10cmの部分の採土管(長さ30cm, 直径5cm)を用いて, 各区5か所から採取し, 4mmの篩を通した後, 分析に供試した。

2012年は4月6日に薬剤を床土に1箱当たり100gまたは50g混和後, 4月13日に水稲品種‘あきたこまち’を播種し, 5月18日まで2011年と同様に育苗した。育苗箱を除去後, 5月28日に育苗ハウス内に施肥, 耕起, 整地後(耕起深15cm), 2011年と同様の葉菜類を播種,

Pesticide Residue in Leafy Vegetables Planted after Cultivation of Paddy Rice Seedling treated with Nursery-Box-Applied Pesticide Products (in Greenhouse). By Hideki MATSUDA, Akira SAYAMA and Yoshitomo TAKAHASHI

(キーワード: 残留農薬, 水稲育苗ハウス, 後作葉菜類)

表-1 供試農薬、試験区および処理方法

試験年度	供試農薬 (分析対象有効成分)	試験区 ^{a)}	希釈倍数・処理量	処理方法
2011年 2012年	プロベナゾール・クロラント ラニプロール粒剤 (プロベナゾール, クロラントラニプロール)	倍薬量処理区	100 g/箱	床土混和後、育苗箱を不織布を敷いた試験区 に設置
		慣行処理区	50 g/箱	
		無処理区	-	床土混和していない育苗箱を不織布を敷いた 試験区に設置
2013年	アミスプロム水和剤 (アミスプロム)	倍薬量処理区	1,000 倍・500 ml/箱	播種時に育苗箱にかん注処理し、不織布を敷 いた試験区に設置
		慣行処理区	2,000 倍・500 ml/箱	
		無処理区	-	かん注処理していない育苗箱を試験区に設置
2014年	アミスプロム水和剤 (アミスプロム)	倍薬量処理区	1,000 倍・500 ml/0.18 m ^{2b)}	育苗ハウス内土壌に直接かん注
		慣行処理区	2,000 倍・500 ml/0.18 m ²	
		無処理区	-	かん注処理なし
2016年 2017年	ピカルブトラゾクス水和剤 (ピカルブトラゾクス, TZ-1E)	倍薬量処理区	500 倍・500 ml/0.18 m ²	育苗ハウス内土壌に直接かん注
		慣行処理区	1,000 倍・500 ml/0.18 m ²	
		無処理区	-	かん注処理なし

^{a)} 2011年、2012年、2013年は各区3.6 m²、単連制。2014年、2016年、2017年は各区4.5 m²、単連制。

^{b)} 0.18 m²は育苗箱1箱分の設置面積に相当する。

栽培した。コマツナは7月10日、ホウレンソウは7月5日、シュンギクは7月10日に収穫し、分析に供試した。育苗ハウス土壌については4月11日（水稲育苗前）、5月28日（水稲育苗後葉菜類播種前）、8月22日（葉菜類収穫後）の計3回、耕起後、2011年と同様に採取し、分析に供試した。

(2) アミスプロム水和剤

試験は2013年と2014年に秋田県農業試験場内育苗ハウスで行った。育苗ハウス内土壌は腐植質普通黒ボク土、非埋没腐植質、炭素含量3.9%である。2013年は4月10日に床土に1箱当たり500 ml水道水を灌水後、1,000倍または2,000倍薬液を500 ml/箱灌注し、水稲品種‘あきたこまち’を播種し、5月20日まで育苗ハウスで2011年、2012年と同様に育苗した。育苗箱を除去後、6月3日に育苗ハウス内に施肥、耕起、整地後（耕起深15 cm）、コマツナ（品種：‘なかまち’）、シュンギク（品種：‘さとゆたか’）、ホウレンソウ（品種：‘スーパースター’）を播種し、栽培した。コマツナ、シュンギクは7月8日、ホウレンソウは7月16日に収穫し、分析に供試した。育苗ハウス土壌については6月3日（水稲育苗後葉菜類播種前）、葉菜類収穫後の7月29日および9月25日の計3回、耕起後、地表から深さ10 cmの部分を実区5箇所から採取し、4 mmの篩を通した後、分析に供試した。

2014年は6月20日に育苗ハウス内を耕起、整地後、1,000倍または2,000倍液の薬剤を500 ml/0.18 m²、ハウス内土壌に薬液をジョウロで直接灌注した。6月23日

に2013年と同様に施肥、耕起、整地後、コマツナ、シュンギク、ホウレンソウ（2013年と各同一品種）を播種し、栽培した。コマツナは7月18日、シュンギクは7月25日、ホウレンソウは7月31日に収穫し、分析に供試した。育苗ハウス土壌について6月23日（葉菜類播種前）、葉菜類収穫後の8月20日および10月7日の計3回、2013年と同様に採取し、分析に供試した。

(3) ピカルブトラゾクス水和剤

試験は2016年と2017年に秋田県農業試験場内育苗ハウスで行った。育苗ハウス内の土壌は腐植質普通黒ボク土、非埋没腐植質、炭素含量3.2%である。2016年は5月31日に水稲育苗後のハウスを耕起（耕起深15 cm）し、6月13日に薬液をジョウロで直接土壌に灌注した。6月15日に施肥、耕起後にコマツナ（品種：‘なかまち’）、シュンギク（品種：‘さとゆたか’）、ホウレンソウ（品種：‘サンホープセブン’）を播種し、栽培した。コマツナを7月11日、シュンギクおよびホウレンソウは7月15日に採取し、分析に供試した。育苗ハウス土壌については2016年の倍薬量処理区および慣行処理区においては、6月15日（葉菜類播種前）と葉菜類収穫後の8月17日、9月15日および10月17日に耕起後に地表から深さ10 cmの土壌を実区5箇所から採取し、4 mmの篩を通し採取した。

2017年は5月31日に水稲育苗後のハウスを耕起し、6月12日に薬液をジョウロで土壌に直接灌注した。6月14日に施肥、耕起後に2016年と同様の葉菜類品種を播種、栽培した。その後、コマツナを7月10日、ホウレ

ンソウを7月13日、シュンギクを7月18日に採取し、分析に供した。育苗ハウス土壌について、倍薬量処理区および慣行処理区においては6月14日（葉菜類播種前）と、葉菜類収穫後の8月14日および9月19日に耕起後に2016年と同様に試料を採取した。

なお、2の(1)~(3)のいずれの試験においても、ハウス内で以前に分析対象とした有効成分を含む農薬は使用しておらず、また、試験実施前の土壌中濃度が定量限界未満であることを確認した。

3 分析方法

プロバナゾールは、土壌および葉菜類試料ともにアセトン抽出、グラファイトカーボンミニカラム、シリカゲルミニカラムによる精製後、ガスクロマトグラフ質量分析計で定量した。クロラントラニプロールは、土壌および葉菜類試料ともにアセトン抽出、陰イオン交換性ミニカラム、スチレンジビニルベンゼンポリマーゲルミニカラムによる精製後、高速液体クロマトグラフ質量分析計で定量した。アミスルブロムは、土壌および葉菜類試料ともに含水アセトニトリル抽出、C18ミニカラム、グラファイトカーボンミニカラムによる精製後、高速液体クロマトグラフ質量分析計で定量した。ピカルブトラゾクスとその代謝物であるTZ-1Eは、土壌試料についてはメタノール抽出、葉菜類試料についてはメタノール抽出後、グラファイトカーボン/PSA積層ミニカラムによる精製後、高速液体クロマトグラフ質量分析計で定量した。なお、ピカルブトラゾクスとTZ-1Eの分析は、株式会社日曹分析センターに委託した。

II 土壌における農薬の残留と減衰

本調査では4mmのふるいを通したものを土壌試料としており、2mmのふるいを通した一般的な土壌試料とは異なる。したがって、以下の土壌中濃度は参考値として取り扱うこととする。

プロバナゾールは、2か年とも試験期間を通じてすべての試験区で0.025 mg/kg未満であった（図表省略）。これはプロバナゾールの畑土壌中での半減期が6~24日であり（食品安全委員会、2018）、水稻育苗期から葉菜類の播種まで（期間は53日間（2011年）、47日間（2012年））に土壌中での分解が進んだと考えられた。

クロラントラニプロールについて、2011年は葉菜類播種前（6月23日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ0.34~0.50 mg/kg、0.23~0.29 mg/kg、葉菜類収穫後（9月6日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ0.10~0.15 mg/kg、0.02~0.09 mg/kgとなり、92日間で61.8~91.3%の減衰が確認された。

2012年は葉菜類播種前（5月28日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ0.54~1.10 mg/kg、0.36~0.47 mg/kg、葉菜類収穫後（8月22日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ0.11~0.16 mg/kg、0.05~0.10 mg/kgとなり、86日間で70.4~90.0%の減衰が確認された。

アミスルブロムについて、2013年は葉菜類播種前（6月3日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ0.158~0.309 mg/kg、0.058~0.108 mg/kg、葉菜類収穫後（7月29日）はそれぞれ0.057~0.083 mg/kg、0.023~0.034 mg/kg、最終調査時（9月25日）はそれぞれ0.029~0.034 mg/kg、0.011~0.018 mg/kgとなり、58日間（7月29日から9月25日まで）に試験区全体で47.1~59.0%の減衰が確認された。2014年は葉菜類播種前（6月23日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ4.085~5.358 mg/kg、1.956~2.466 mg/kg、葉菜類収穫後（8月20日）はそれぞれ2.223~2.768 mg/kg、1.123~1.321 mg/kg、最終調査時（10月7日）はそれぞれ1.236~1.381 mg/kg、0.580~0.738 mg/kgとなり、48日間（8月20日から10月7日まで）で40.2~51.1%の減衰が確認された。

ピカルブトラゾクスについて、2016年は葉菜類播種前（6月15日）の倍薬量処理区、慣行処理区においてそれぞれ3.26~4.00 mg/kg、1.76~2.36 mg/kg、葉菜類収穫後（8月17日）ではそれぞれ0.06~0.09 mg/kg、0.03~0.05 mg/kgとなり、63日間で97.9~98.2%の減衰が確認された。2017年は葉菜類播種前（6月14日）の倍薬量処理区、慣行処理区ではそれぞれ1.60~2.67 mg/kg、1.15~1.26 mg/kg、葉菜類収穫後（8月14日）ではそれぞれ0.06~0.07 mg/kg、0.04~0.06 mg/kgとなり、61日間で95.1~97.5%の減衰が確認された。また、葉菜類播種前のTZ-1E濃度は、2016年の倍薬量処理区と慣行処理区でそれぞれ0.06~0.07 mg/kg、0.03~0.04 mg/kg、2017年では0.03~0.04 mg/kg、0.02 mg/kgとなり、薬剤処理から約2か月後以降は定量限界未満となり、減衰が確認された。

クロラントラニプロールの畑土壌中半減期は約149日（環境省、2008）、アミスルブロムの圃場試験（火山灰土、壤土、茨城）による推定半減期は28.2日（日産化学工業株式会社、2016）、ピカルブトラゾクスの畑地土壌における90%減衰期は138.5日（日植防茨城）または73.8日（日植防高知）と報告されている（日本曹達株式会社、2017）。本試験結果と既報告の数値との差異は、土壌条件などが異なるためと考えられた。

以上のことから、3製剤（4有効成分）が育苗ハウス

表-2 プロベナゾール・クロラントラニリプロール粒剤を床土混和し、育苗後、後作葉菜類を栽培したときの各種葉菜類におけるプロベナゾールとクロラントラニリプロールの残留

供試作物	試験区	プロベナゾール			クロラントラニリプロール		
		残留濃度 (ppm)		残留農薬 基準値 (ppm)	残留濃度 (ppm)		残留農薬 基準値 (ppm)
		2011年	2012年		2011年	2012年	
コマツナ	倍薬量処理区	< 0.01 ^{a)}	< 0.01	0.01	< 0.01 ^{a)}	0.12	20
	慣行処理区	< 0.01	< 0.01		< 0.01	0.05	
	無処理区	< 0.01	< 0.01		< 0.01	< 0.01	
シュンギク	倍薬量処理区	< 0.01	< 0.01	0.01	0.17	0.43	20
	慣行処理区	< 0.01	< 0.01		0.09	0.07	
	無処理区	< 0.01	< 0.01		< 0.01	< 0.01	
ホウレンソウ	倍薬量処理区	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	20
	慣行処理区	< 0.01	< 0.01		< 0.01	< 0.01	
	無処理区	< 0.01	< 0.01		< 0.01	< 0.01	

^{a)} 定量限界は 0.01 ppm.

内の土壌に混入した場合の土壌中での減衰の程度を確認できた。ただし、本試験は黒ボク土での結果であり、他の土壌タイプでの検討などさらなるデータの蓄積が必要である。

III 後作葉菜類における農薬残留

後作葉菜類における農薬残留を調査した結果、プロベナゾールは2か年ともすべての試験区で 0.01 ppm 未満であった(表-2)。クロラントラニリプロールは、2011年の試験でコマツナとホウレンソウのすべての試験区で 0.01 ppm 未満、シュンギクの倍薬量処理区および慣行処理区はそれぞれ 0.17 ppm, 0.09 ppm であり、2012年の試験でホウレンソウのすべての試験区で 0.01 ppm 未満、コマツナの倍薬量処理区および慣行処理区はそれぞれ 0.12 ppm, 0.05 ppm, シュンギクの倍薬量処理区および慣行処理区はそれぞれ 0.43 ppm, 0.07 ppm であった(表-2)。アミスルプロムは2か年ともすべての試験区で 0.005 ppm 未満であった(表-3)。ピカルブトラゾクスと TZ-1E は2か年ともすべての試験区で定量限界未満 (<0.005 ppm) であり、ピカルブトラゾクスとその代謝物 TZ-1E をピカルブトラゾクスに換算したものの和は2か年ともすべての試験区で 0.01 ppm 未満となった(表-4)。調査した4有効成分について、すべての試験区で残留農薬基準値を下回った。

土壌を介した後作物への農薬残留に関する既報の調査結果では、水溶解度が 500 mg/l 以上で、オクタノール/水分配係数 (logPow) が1以下の農薬や、水溶解度が 500 mg/l 未満であっても土壌吸着係数 (Koc 値) が比較的低い農薬 (Koc 値 < 1,000) の作物中濃度は他の供試農薬と比較して高くなることが報告されている(岩船

表-3 アミスルプロム水和剤を水稲育苗箱にかん注処理し、育苗したとき(2013年)と、育苗ハウス内土壌に直接かん注したとき(2014年)の各種後作葉菜類におけるアミスルプロムの残留

供試作物	試験区	残留濃度 (ppm)		残留農薬 基準値 (ppm)
		2013年	2014年	
コマツナ	倍薬量処理区	< 0.005 ^{a)}	< 0.005	15
	慣行処理区	< 0.005	< 0.005	
	無処理区	< 0.005	< 0.005	
シュンギク	倍薬量処理区	< 0.005	< 0.05	0.01
	慣行処理区	< 0.005	< 0.05	
	無処理区	< 0.005	< 0.05	
ホウレンソウ	倍薬量処理区	< 0.005	< 0.05	30
	慣行処理区	< 0.005	< 0.05	
	無処理区	< 0.005	< 0.05	

^{a)} 定量限界は 0.005 ppm.

ら、2010)。4有効成分の水溶解度、logPow、および土壌吸着係数は表-5のとおりである。プロベナゾール(環境省、2010)は土壌中での分解が速く、播種時に土壌中濃度が定量下限値未満であったためと考えられた。また、クロラントラニリプロール(環境省、2008)は、一部の葉菜類に残留しているが、残留農薬基準値の1/100で十分低かった。アミスルプロム(日産化学工業株式会社、2016)とピカルブトラゾクス(日本曹達株式会社、2017)は、土壌吸着性が高く、水に溶けにくいいため、植物に吸収移行されにくかったと考えられた。

以上のことから、3製剤(4有効成分)が育苗ハウス内の土壌に混入した場合に、後作物に葉菜類を作付けしても残留農薬基準値を超過するリスクは低いと考えられた。

表-4 水稲育苗ハウスにピカルブトラゾクス水和剤をかん注処理した土壤に栽培した各種後作葉菜類におけるピカルブトラゾクスおよびTZ-1Eの残留

供試作物	試験区	残留濃度 (ppm)						残留農薬 基準値 (ppm)
		ピカルブトラゾクス		TZ-1E		合計値		
		2016年	2017年	2016年	2017年	2016年	2017年	
コマツナ	倍薬量処理区	< 0.005 ^{a)}	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	0.01
	慣行処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	
	無処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	
シュンギク	倍薬量処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	0.01
	慣行処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	
	無処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	
ハウレンソウ	倍薬量処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	15
	慣行処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	
	無処理区	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.01	

a) 定量限界は 0.005 ppm.

表-5 有効成分の水溶解度, logPow および土壤吸着係数

有効成分	水溶解度	logPow	土壤吸着係数
プロベナゾール ^{a)}	36.6 mg/l (20℃)	1.76 ± 0.056 (25℃)	$K_{Foc} = 100 \sim 310$ (25℃)
クロラントラニプロール ^{b)}	1.023 mg/l (20℃)	2.76 (20℃)	$K_{Foc} = 100.1 \sim 526$ (20℃)
アミスプロム ^{c)}	0.11 mg/l (20℃)	4.4 (40℃)	$K_{Foc}^{ads} = 8,156 \sim 44,231$
ピカルブトラゾクス ^{d)}	0.333 mg/l (20℃)	4.16 (25℃)	$K_{Foc}^{ads} = 1,337$ (25℃, 茨城牛久)

a) 環境省, 2010 より引用.

b) 環境省, 2008 より引用.

c) 日産化学工業株式会社, 2016 より引用.

d) 日本曹達株式会社, 2017 より引用.

おわりに

本稿では、秋田県で普及している、または普及の見込みのある3製剤(4有効成分)について、水稲育苗ハウス後作葉菜類における残留と土壤中での減衰について報告した。いずれの農薬ともコマツナやシュンギク、ハウレンソウの残留農薬基準値を超過するリスクは低いと考えられる。一方、土壤条件などの違いによっては残留農薬基準値を超過するリスクがあると考えられるため、秋田県では水稲育苗終了後の育苗ハウスに野菜類を栽培する場合の注意事項として、農薬の処理は育苗ハウスの外で行うことや水稲育苗箱の下に不透水性無孔シートを敷くこと等を指導している(秋田県, 2020)。

水稲育苗ハウス後作葉菜類での残留農薬基準値超過を未然に防止し、安全・安心な農作物の生産に向けた指導を推進するため、今後、秋田県内で普及が見込まれる農薬は、有効成分の特性や製剤としての使用方法、残留農薬基準値等を考慮したうえで、水稲育苗ハウス後作葉菜

類への残留や土壤中での減衰について今後も調査を進めたい。

なお、本研究を行うにあたり、Meiji Seika ファルマ株式会社、クマイ化学工業株式会社に協力をいただいた。ここに記して深く感謝申し上げる。

引用文献

- 1) 秋田県 (2020): 秋田県農作物病害虫・雑草防除基準 令和2年度版, p.9.
- 2) 岩船 敬ら (2010): 土壤を経由した後作物への農薬残留に関する調査研究 (第三報), p.1~7.
- 3) 環境省 (2008): 水質汚濁に係る農薬登録保留基準の設定に関する資料 クロラントラニプロール 2008.
- 4) ——— (2010): 水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準の設定に関する資料 プロベナゾール 2010.
- 5) 松田英樹ら (2019): 北日本病害虫研報 70: 24~29.
- 6) 日本曹達株式会社 (2017): ピカルブトラゾクス農薬抄録.
- 7) 日産化学工業株式会社 (2016): アミスプロム農薬抄録.
- 8) 佐山 玲ら (2015): 北日本病害虫研報 66: 27~30.
- 9) ———ら (2016): 日本農薬学会 41(2): 153~159.
- 10) 清家伸康 (2015): 農薬環境科学研究 23 および農薬残留分析研究会 38: 21~26.
- 11) 食品安全委員会 (2018): 農薬評価書 プロベナゾール, p.20.



山梨県におけるイネ株腐病の発生と課題

山梨県総合理工学研究機構 ふな く ぼ た いち* 舟久保 太 一*

はじめに

山梨県は標高 200 m~1,000 m の平坦地から高冷地まで幅広い地域で水稻が栽培されており、そのため、作期や品種も多岐にわたっている。甲府盆地では早出しスイートコーンと水稻の 2 毛作が行われ、スイートコーンを 1~2 月に播種して二重トンネルや一重トンネルで栽培し、5~6 月の収穫後に水稻栽培を行う栽培形態である。

2014 年に山梨県の南部地域でイネ株腐病が発生した。本病の国内における発生は 1984 年以来報告がなかった。本病の病原菌はトウモロコシ倒伏細菌病の病原菌でもある (瀧川ら, 1982)。よって、水稻とスイートコーンの 2 毛作地帯に発生した場合の被害は大きくなる懸念された。

ここでは、山梨県で発生したイネ株腐病の症状、診断、分離菌の同定、分離菌のイネやトウモロコシに対する病原性について紹介するとともに、本病発生における課題について述べる。

I イネ株腐病の国内での発生について

イネ株腐病は以前より東南アジア (フィリピン、インド、バングラディッシュ) や韓国で発生が知られていたが (Goto, 1965; IRRI, 1979)、日本では 1977 年に静岡県三島市の国立遺伝研究所の圃場にて確認され (Goto, 1979)、病原菌は *Erwinia chrysanthemi* pv. *zeae* と報告された (Goto, 1983)。これが本病の日本国内における初めての発生報告となる。その後、1984 年 7 月に三重県鈴鹿市と千葉県天津小湊市で類似した症状が発生した。両県の分離菌について細菌学的性状から同定を行った結果、それぞれの分離菌ともに対照となる *E. chrysanthemi* とほぼ一致した。よって両県の分離菌は *E. chrysanthemi* と同定された (植松ら, 1985)。三重県分離菌をイネ幼

苗と成苗に接種したところ、強い病原性を示したことから、三重県で発生した症状はイネ株腐病と診断された (田上ら, 1985)。一方、千葉県分離菌を出穂期のイネ葉鞘および稈とイネ稈切片に接種したところ、イネ稈切片は腐敗させたが、イネ葉鞘および稈では接種部の小さな斑点にとどまり、病原性は弱かった。そのため、本症状がイネ株腐病との診断は保留した (竹内ら, 1985)。以上のことから三重県の発生が日本国内の一般水田における初めての報告となった。

ただし、これら報告以降、国内における本病発生報告は確認されていない。

II 山梨県における発生

1 発生状況

2014 年 7 月上旬に、山梨県南巨摩郡南部町の分けつ期のイネ (品種: 'キヌヒカリ', '龍の瞳') で葉が枯れる症状が発生した。心配に思った生産者が農協営農指導員と普及指導員に相談し、この時点では除草剤の薬害であると診断された。その後、何かの病害虫であることを心配した普及指導員が病害虫担当の筆者にも相談してきた。現場では何かの障害が出た場合リスクの高い病害虫を恐れ、最初に病害虫担当に相談に来るのが常であった。原因は病害虫に限らないためイネ栽培や土壌肥料の専門家にも参加してもらい原因を考えた。病害虫の観点からは、縞葉枯病やイネミズゾウムシ、ニカメイチュウ等と似ているようだが違うと判断した。結局、除草剤による被害の可能性が最も高いといったんは判断した。分けつ期に葉が枯れる、坪状に発生している点等、除草剤の被害としてよく見かけるものだったためである。ただ、この時点で筆者には気になることがあった。被害株の中心葉を引っ張ると簡単に抜けてしまったこと。また、腐敗部に悪臭があり、いわゆる軟腐臭 (軟化腐敗症状を引き起こす細菌による腐敗臭) によく似ていること。そして、イネ株腐病についての予備知識があったことから、本病の可能性もあるかも? と考えたのである。そこで、イネ葉鞘の腐敗部をジャガイモの切断面に置し、恒温器内に一晚置いてみた。結果、検体置床部を中

Occurrence and Problem of Bacterial Foot Rot of Rice in Yamanashi Prefecture. By Taichi FUNAKUBO

(キーワード: イネ株腐病, *Dickeya zeae*, トウモロコシ倒伏細菌病)

*山梨県総合農業技術センター兼務

心にジャガイモ表面から内部まで豆腐状に腐敗させ、軟化腐敗症状を引き起こす細菌による腐敗に酷似していた。これら細菌はペクチナーゼを大量に分泌し植物組織を崩壊させるため、通常の腐敗とは異なるこのような腐敗を起こすのである。腐敗したジャガイモの臭いも、過去にこれら細菌を用いてジャガイモ腐敗テストを行ってきたときのものと同等であった。以上のことから、本症状は *E. chrysanthemi* が引き起こすイネ株腐病の可能性が出てきたため、菌の分離、接種試験、分離菌の同定へと進んでいくこととなった。

2 症状

山梨で発生した症状について述べる。症状を確認したイネのステージは分けつ期（定植後 40～50 日）である。葉が萎ちょう・枯死し、地際部から上部にかけて葉鞘が褐変腐敗し、悪臭がある。被害葉鞘の中心葉を引っ張ると簡単に抜ける。根は地際部に近い部分が褐変しているものが見られる。株全体としては、根張りは悪く、株の生育も悪い。発症株は坪状に発生しているケースが多い。以上の症状はこれまでの報告と類似している（図-1、



図-1 イネ株腐病症状1（葉の萎ちょう・枯死）



図-2 イネ株腐病症状2（地際部葉鞘の褐変）

図-2、図-3）。

症状による診断にあたって、縞葉枯病は分けつ期に葉が巻いて垂れ下がって枯れる症状を示し、害虫でも似たような症状を示すものがある（害虫の場合は根や葉鞘内部に当該害虫が確認されるケースも多い）。しかしその場合は、被害葉鞘が簡単に抜けてしまうことや、悪臭を放つようなことはあまりないように思われる。診断のポイントはこの辺にあると考えられる。

3 菌の分離

発症部位を顕微鏡で観察すると細菌の集団（細菌泥）の溢出が確認された。分離部位はできる限り健全部位との境目の組織を用いた。これを表面殺菌したのち滅菌水内で摩砕し、懸濁液1白金耳分を肉エキス・ペプトン（BP）寒天培地に画線して培養した。結果、白色のコロ



図-3 イネ株腐病症状3（坪状に発生）

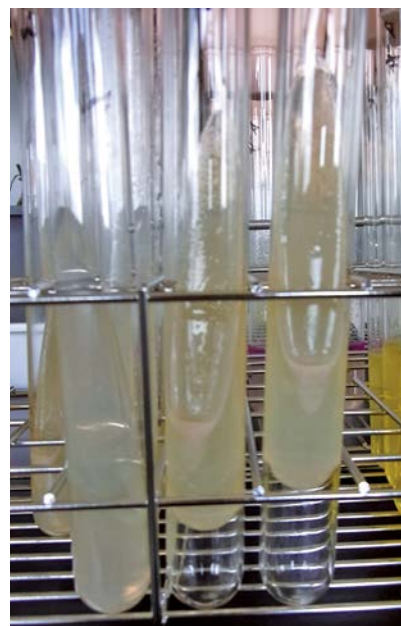


図-4 PPGA斜面培地でガスを発生し培地が浮き上がった様子（右と中央）

ニーを呈する細菌が高頻度で分離された。これら単一コロニーをジャガイモ・ペプトン・グルコース寒天 (PPGA) 斜面培地に移植した。増殖後ガスが発生し培地が浮き上がる現象が見られた (図-4)。この現象は軟腐病菌類ではよく見られる。単離した細菌をジャガイモに接種してみると、豆腐状に激しく腐敗させた。

4 接種試験による病原性の確認

細菌分離の結果、軟腐病細菌の可能性も高くなってきたが、詳細な細菌の同定を行う前に、分離した菌がイネの病原菌であり、今回の症状を引き起こした原因菌であることについて確認する必要がある。そこで、分離菌のイネに対する病原性の有無と、症状の再現性について確認した。

接種試験用品種として‘コシヒカリ’を用いた。本来であれば現地で発症している品種の‘キヌヒカリ’か‘龍の瞳’を用いるべきであった。発病の品種間差の可能性があり、そのため接種試験がうまくいかない場合もあるためである。ただ、これら品種の種子がすぐに手に入らず (発症農家の種を使うわけにはいかない)、時期はすでに7月中下旬であり、本来の生育時期からかけ離れてしまうと、発病条件により再現できないことも考えられた。そこで止むを得ず県内で栽培が主流な‘コシヒカリ’を用いた。種子は山梨県総合農業技術センター作物特作科より健全種子を提供していただいた。

種子を無菌培養土に播種し、3週間育苗したのち無菌培養土と水道水を入れた1/5,000 a ワグネルポットに移植して栽培した。播種から45日後の9月上旬に、分離菌を約 1×10^8 cfu/ml に調整した滅菌ペプトン水懸濁液をイネの葉鞘地際部に注射器で注入接種した。なお、対照の無接種株は滅菌ペプトン水のみを同様の部分に注射器で注入した。

分離菌懸濁液を接種した株において、接種3日後に葉



図-5 イネ接種試験の様子 (右は接種株 左は無接種株)

鞘の褐変腐敗が見られ、その後葉鞘上部に向かい褐変腐敗が進展した。さらに進むと、葉先が枯れ、葉鞘の中心葉を引っ張ると簡単に抜け、原病徴と同様な症状が再現され、褐変腐敗部から分離菌と同種の細菌が再分離された (図-5, 図-6)。これらのことから、分離菌が今回の症状の原因菌であることが証明された。

5 分離菌の同定

(1) 学名について

前述したとおりイネ株腐病菌の学名は *Erwinia chrysanthemi* pv. *zeae* であるが、*E. chrysanthemi* はその後 *Dickeya* 属とされ、さらにいくつかの種に分類されている。*E. chrysanthemi* pv. *zeae* は *Dickeya zeae* とされた。なお、Goto (1979) による三島での分離菌や植松ら (1985) による三重での分離菌については、後に遺伝的解析によりいずれも *D. zeae* と同定された (SUHARJO et al., 2014)。

以後、イネ株腐病菌の学名は *D. zeae* を用いる。

(2) 分離菌の細菌学的性状による同定

分離した5菌株についていくつかの細菌学的性状について調べた。対照菌株としイネ分離 *D. zeae* SUPP739 (静岡県産, Goto, 1983) とトウモロコシ分離 *D. zeae* SUPP27 (山形県産) を用いた。

結果的にはD-アラビノースの利用が陰性であり対照菌と異なったが、それ以外は一致した (表-1)。

(3) 遺伝学的解析

山梨で分離された菌株については、FEBRYANI らが遺伝学的解析を行い日本植物病理学会で報告した (FEBRYANI et al., 2015)。16SrDNAの全塩基配列に加え、*dnaX*, *gyrB*, *recA*, *rpoD* を指標遺伝子とした Multilocus sequence analysis (MLSA) 法による分子系統解析を行った。その結果、双方の解析とも山梨県産菌株は *D. zeae* と同一



図-6 イネ接種株の葉鞘褐変

表-1 イネ分離菌の細菌学的性状

細菌学的性状	イネ分離菌 (n = 5)	SUPP739 ^{a)}	SUPP27 ^{b)}
コロニーの色	白色	白色	白色
コロニーの表面性状	平滑	平滑	平滑
コロニーの質	バター質	バター質	バター質
グラム反応	-	-	-
OFテスト	F ^{c)}	F	F
硝酸塩の還元	+	+	+
オキシターゼ反応	-	-	-
インドール産生	+	+	+
レシチナーゼ活性	+	+	+
ジャガイモ腐敗	+	+	+
39℃下での生育	+	+	+
アルギニン加水分解	-	-	±
カゼイン加水分解	+	+	+
D-アラビノース利用	-	+	+
D-酒石酸利用	-	-	-
イヌリン利用	-	-	-
ラクトース利用	+	+	+
cis-アコニット酸利用	+	+	+
D-メリビオース利用	+	+	+
D-ラフィノース利用	+	+	+
5-ケート-グルコン酸利用	-	-	-
マンニトール利用	+	+	+
meso-酒石酸利用	+	+	+
myo-イノシトール利用	+	+	+

^{a)} SUPP739: *Dickeya zeae* (イネ分離菌 静岡産 静岡大学保存菌株).

^{b)} SUPP27: *Dickeya zeae* (トウモロコシ分離菌 山形産 静岡大学保存菌株).

^{c)} F: 通性嫌気性.



図-7 トウモロコシへの接種による茎の軟化腐敗による倒伏
右側から3株が接種株(それぞれ異なる菌株).
最左株は無接種株.

のグループ (clade) に属しており, D-アラビノースの利用性は異なるが山梨県分離菌株は *D. zeae* であると結論付けた (FEBRYANI et al., 2015)。

以上のことから, 山梨県で発生した症状はイネ株腐病と診断された。



図-8 トウモロコシ接種株の茎の軟化腐敗

III 分離菌のトウモロコシに対する病原性

D. zeae はトウモロコシ倒伏細菌病の病原菌でもある (瀧川ら, 1982)。山梨分離菌がトウモロコシにも病原性を有するか調べるため, トウモロコシへの接種を

試みた。トウモロコシ品種は‘恵味ゴールド’を用い、無菌培養土を入れた1/5,000 a ワグネルポットに播種し、45日後の9月上旬(7~8葉期)に、分離細菌を 1×10^8 cfu/mlに調整した滅菌ペプトン水懸濁液をトウモロコシの地際部に注射器で注入した。

その結果、接種2日後には接種部位が軟化腐敗し、株が倒伏した(図-7, 図-8)。罹病部位から分離菌と同様の細菌が再分離された。このことから分離菌はトウモロコシ(スイートコーン)にも病原性を有することが判明した。

IV 今後の課題

1 スイートコーンとイネの輪作圃場における発生

今回山梨で発生が見られたのは、スイートコーン栽培地域ではない。しかし、前述した早出しスイートコーンとイネの輪作地帯において本病が発生した場合、大きな被害となることが懸念される。

これらスイートコーン産地では以前より倒伏細菌病の発生が見られ、スイートコーン栽培上の重要病害になっている。これまで調べた限りでは本病のもう一つの病原細菌である *Pseudomonas marginalis* のみの確認で、*D. zeae* は今のところ確認されていない。推測ではあるが、*P. marginalis* は好気性細菌であり、イネに病原性を持たないことから、水田稲作では菌密度は低下すると考えられる。そのため発生は問題になってはいるものの、現状の被害程度で済んでいるのかもしれない。ただし、これら地域にイネ株腐病が発生した場合、*D. zeae* は通性嫌気性菌であるため酸素が少ない環境下でも生きていけることに加え、イネに感染し菌密度が増加することで、病原菌にとって理想的な伝染環が作られてしまい大きな被害となってしまうことが懸念される。また、このことは産地の存続が危ぶまれる事態にもなりかねない。今後、これら地域におけるイネ株腐病と *D. zeae* によるスイートコーンの倒伏細菌病の発生には十分注意する必要がある。そのためには、イネ株腐病に似たような症状については常に気を配ることとスイートコーンの倒伏細菌病の菌種を定期的に調査することが望まれる。*D. zeae* の同定をしっかりと行うと大変なので、まずはジャガイモの腐敗テストを行うとよい。罹病組織をジャガイモの切断面に一晩置いてみる。*P. marginalis* もジャガイモを腐敗させるが、*D. zeae* の腐らせ方とは全く違うので区別はつく。*D. zeae* のほうが腐敗は激しく悪臭をともなう。研究機関や病害虫防除所等では、一度ジャガイモに菌を塗って試してみるとよい。*D. zeae* は手に入りにくいので、一般的な軟腐病菌の *Pectobacterium carotovorum* (旧 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) でも *D. zeae* とほぼ同じよ

うにジャガイモを腐敗させるため、これで腐敗状況を認識するとよい。爪楊枝か何かで腐敗部を突くと豆腐のように柔らかくなっていることがわかる。ついでに臭いも覚えておくとよい。このテストで決まりではないが、反応が出た場合はかなり可能性が高いと考えられる。

2 イネ株腐病の診断について

前述したが、最初は除草剤の薬害と考えた。よく似ていたのである。もしかしたら、本病害に対する報告が少ない背景には、マイナー病害であるため知名度が低いことと、除草剤被害とよく似ているため見落とされてきたのかもしれない。診断のポイントは葉のしおれや枯死と葉鞘の褐変に加え、中心葉が簡単に抜け、悪臭がある点と考えられる。なお、過去の報告と山梨での発生事例ともに発生時期は7月である。高温性の菌なので気温が高い時期に発生しやすいのかもしれないが、症例が少ないため定かではない。

3 防除対策について

イネ株腐病はもちろん、トウモロコシ倒伏細菌病も防除薬剤はない。よって、現段階では伝染源をなくするための被害株の除去と、トウモロコシでは排水対策、イネでは水を切って干すことくらいしかない。病原菌の生態もよくわかっていないため、防除は難しいと考えられる。だからこそ発生には注意し、認められた場合は伝染源の撤去を迅速に行うことが大切である。

おわりに

山梨県のイネ株腐病の感染経路は不明である。また、2014年の発生以降県内では確認していない。1979年の国内発生以来この病気が大きな問題になったことはなく、イネではそれほど大きな問題となる病害ではないのかもしれない。ただし、品種の変遷や気象の変化等によりマイナー病害からメジャー病害へと変化した病害もこれまでいくつもあった。よって、本病害の存在やその特徴について頭の片隅でもいいので記憶しておいてもらうとありがたい。

引用文献

- 1) FEBRYANI, N. et al. (2015): 日植病報 81: 300.
- 2) GOTO, M. (1965): 同上 30: 42~45.
- 3) ——— (1979): Phytopathology 69: 213~216.
- 4) ——— (1983): 日植病報 49: 576~579.
- 5) IRRI (1979): Annual Report for 1979.
- 6) SUHARJO, R. et al. (2014): J. Gen. Plant Pathol. 80: 237~254.
- 7) 田上征夫ら (1985): 関西病虫研報 27: 72.
- 8) 瀧川雄一ら (1982): 日植病報 48: 76.
- 9) 竹内妙子ら (1985): 関東病虫研報 32: 33~35.
- 10) 植松 勉ら (1985): 同上 32: 30~32.

新技術 解説

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

国立大学法人 東京農工大学 ^{かわの}河野 ^べ辺 ^{まさ}雅 ^{のり}徳*
BASF ジャパン株式会社 ^{ぐんじま}郡嶋 ^{こうし}浩志・^{せこ}瀬古 ^{たかし}隆司

はじめに

サトウキビは熱帯、亜熱帯地域で世界的に主要な換金性作物で、亜熱帯気候に属する沖縄県でも農業産出額の2割弱を占める基幹作物であり、サトウキビ生産は精糖業をはじめ幅広い産業に関連することから経済への波及効果も大きい。このため、その増減収は雇用機会や所得創出の観点から地元の生活に与える影響が大きく、安定的な生産が重要な課題となっている。サトウキビ生産の安定性に大きな影響を与える要因として、台風をはじめとする自然災害や害虫、病原菌、ウイルスによる被害等があり、さらに植物寄生性線虫と言われる植物の根部を加害する土壌生物(長さ0.1~1 mm程度のひも状の生物)によるサトウキビ収量減も世界的に問題となっている。サトウキビへの被害が大きいといわれている植物寄生性線虫としては、ネグサレセンチュウ(図-1)、ネコブセンチュウ、オオハリセンチュウ等が知られており、オーストラリア、ブラジル、アフリカでの調査では10~40%に上る収量減が報告されている(CADET and SPAULL, 2005)。沖縄でも、サトウキビ畑の主要植物寄生性線虫であるネグサレセンチュウがサトウキビの初期成育に影響を与えることで、サトウキビ収量の約2割の減少要因であることが明らかになり、その影響は株出しの収量にもおよぶ可能性が示唆されている(河野辺・宮丸, 2019)。また、サトウキビ畑で使うことのできる殺線虫剤はこれまで日本では登録されておらず、防除手段の確保が大きな課題となっていた。

このような背景から、サトウキビ収量減の要因と考えられるネグサレセンチュウの防除方法を探る試みとして、サトウキビ畑のハリガネムシやメイチュウ防除に使われている殺虫剤(有効成分はフィプロニル)の適用を

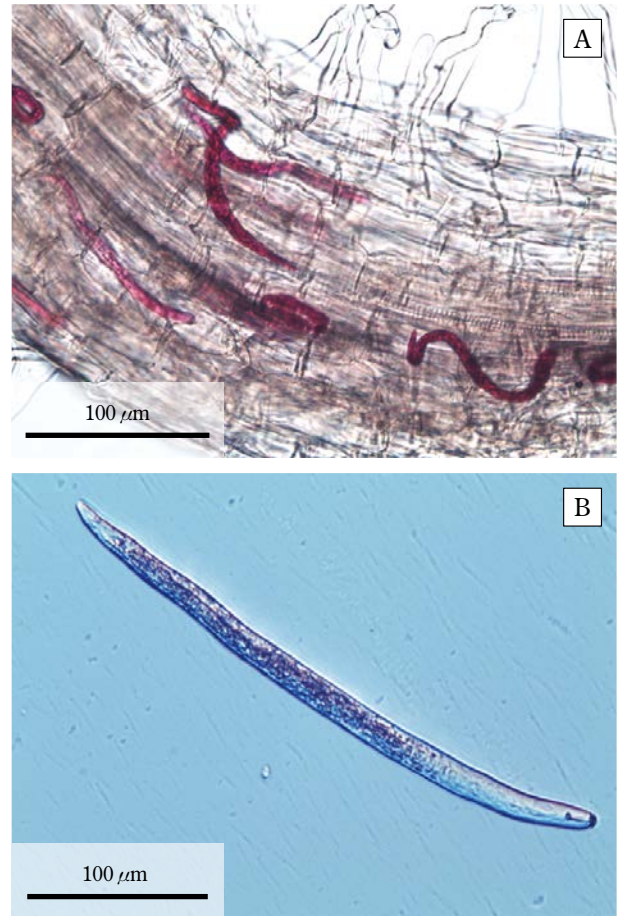


図-1 A: サトウキビ根中のネグサレセンチュウ(赤い染色部分), B: モロコシネグサレセンチュウ

検討した。本稿では、検討にあたって実施したポット試験および圃場試験において、①フィプロニルがネグサレセンチュウを抑制する効果について明らかにし、②フィプロニル施用によるサトウキビ畑のネグサレセンチュウ対策がどの程度収量に影響するかについて考察することを目的とした研究(KAWANOBE et al., 2019)について報告する。なお、この研究成果を受けてプリンス®ベイト(登録番号: 第21839号, 有効成分: フィプロニル)はサトウキビのモロコシネグサレセンチュウ(*Pratylenchus zeae*)を対象として2019年6月26日に適用拡大登録さ

Effect of Fipronil on Root-lesion Nematodes in Sugarcane. By Masanori KAWANOBE, Koshi GUNJIMA and Takashi SEKO

(キーワード: 殺線虫剤, サトウキビ, 植物寄生性線虫, 初期生育, ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* sp.), フィプロニル)

*アグリランド兼務

れている。

I フィプロニルについて

フィプロニルはフェニルピラゾール系の GABA (γ -Aminobutyric acid = γ -アミノ酪酸) 作動性塩素イオンチャンネルブロッカーの化合物の一つで、標的生物の抑制性神経伝達物質である GABA による塩素イオンチャンネルの制御を阻害し、神経興奮抑制を妨げることにより殺虫作用を示すと考えられており、本邦では 1996 年に初回農薬登録された(郡嶋・瀬古, 2018)。サトウキビ栽培においては、フィプロニルはハリガネムシ類、メイチュウ類、シロアリ等の害虫対策を目的として幅広く使用されている。また、フィプロニルは、イネ芯枯線虫病を引き起こすイネシガラセンチュウ (*Aphelenchoides besseyi*) に対して殺線虫剤登録されているが、他の植物寄生性線虫に対する本邦での薬剤登録はされていなかった。また、サトウキビ畑で頻繁に検出されるネグサレセンチュウに対するフィプロニルの殺線虫効果については、フィプロニル溶液に浸したモロコシネグサレセンチュウへの薬効が示唆されているのみであった (KAWANOBE et al., 2014)。

II フィプロニルの殺線虫効果の確認 (ポット試験)

沖縄県北大東島のサトウキビ畑作土について、事前にネグサレセンチュウの生息を確認し供試土壌とした。土壌(砂0.1%, シルト27.8%, 粘土72.1%, 全炭素16.8 mg/g, 全窒素2.0 mg/g, pH(H₂O)4.7, EC 400 μ S/cm) は 2016 年 5 月にサトウキビ株元の深さ 0~30 cm の位置から採取し、よく混和したうえで 2.8 kg を取り分け、プリンス® 粒剤 0.34 g/kg 土壌 (3 kg/10 a 植溝処理相当, 有効成分: フィプロニル 1%) と化成肥料 0.61 g/kg 土壌 (49-26-

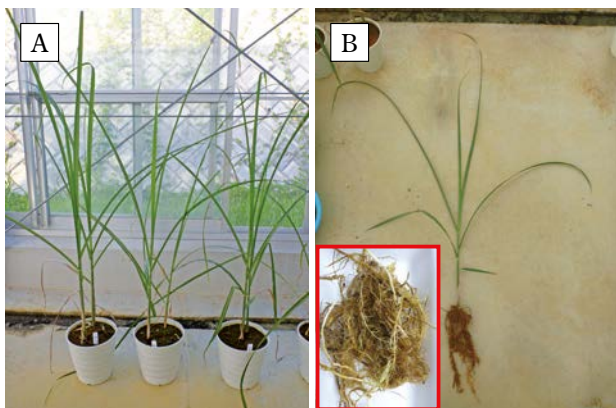


図-2 ポット試験のサトウキビ生育状況 (試験開始7週間後)
A: サトウキビ植え付けポット, B: サトウキビ一節苗 (枠内は洗浄後の根部)。

50 N-P-K) を混合してプラスチックポットに充てんした(フィプロニル施用区)。対照区は同量の化成肥料のみ土壌に混合した。対照区とフィプロニル処理区はそれぞれ3反復として、各ポットにサトウキビ (Ni29) 一節苗(発芽・発根前) 2本を植え付け、育苗用温室にて栽培した。7週間の生育後、土壌中およびサトウキビ根中のネグサレセンチュウ密度(ベールマン法: 室温, 土壌は72時間・根は48時間の線虫抽出, 根は摩砕により前処理), サトウキビの仮茎長と展開葉数を測定した(図-2)。

7週間のサトウキビ生育後、対照区とフィプロニル施用区の土壌中のネグサレセンチュウ密度はそれぞれ63頭/20g土壌(以下同様)と70頭(初期密度は21頭)となり、差は見られなかった(図-3)。一方、サトウキビ根中のネグサレセンチュウ密度は、対照区では根部1g当たり1,550頭であったのに対して、フィプロニル施用区で同764頭となり、フィプロニル施用により約5割に抑制された。仮茎長は約25cm, 展開葉数は約5枚と対照区とフィプロニル施用区の違いは見られなかった。

これらの結果から、7週間のポット試験ではフィプロニル施用によって土壌中のネグサレセンチュウ密度に影響を与えなかったが、根中のネグサレセンチュウ密度を抑制する可能性が示唆された。一方、植物体の生育には明らかな違いは確認されなかった。

III サトウキビ畑におけるフィプロニルの殺線虫効果と収量への影響 (圃場試験)

2017年と2018年のサトウキビ春植え新植畑を使い、フィプロニル施用が土壌中および根中のネグサレセンチュウ

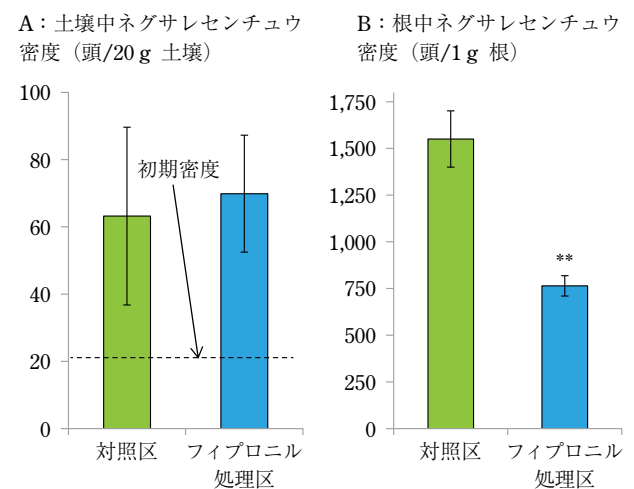


図-3 フィプロニル処理7週間後のポット試験の結果

A: 土壌中ネグサレセンチュウ密度, B: サトウキビ根中ネグサレセンチュウ密度 (棒グラフは3反復の平均, エラーバーは標準偏差, アスタリスクはスチューデント *t* 検定 (**: 1%水準) で有意差あり)。

ユウ密度に与える影響を検証し、さらにサトウキビ収量への影響を確認した。試験圃場は沖縄県久米島のサトウキビ畑（2017年試験畑の土壌：砂3%，シルト40%，粘土57%，全炭素13.5 mg/g，全窒素1.0 mg/g，pH(H₂O)4.3，EC 98 μS/cm；2018年試験畑の土壌：砂3%，シルト58%，粘土39%，全炭素13.3 mg/g，全窒素1.2 mg/g，pH(H₂O)3.9，EC 147 μS/cm）で、事前にネグサレセン

チュウの生息を確認し、それぞれ3月下旬にサトウキビ（Ni22）二節苗の植え付けを行った。植え付け時には1区10.8平方メートル（8 m × 1.35 m）の対照区（フィプロニル無施用）とフィプロニル施用区（プリンス®バイト（有効成分0.5%）6 kg/10 a，植溝処理土壌混和）をそれぞれ16反復設定（土壌中線虫密度は4区をまとめて測定し、それぞれ4反復）し、フィプロニル施用以外

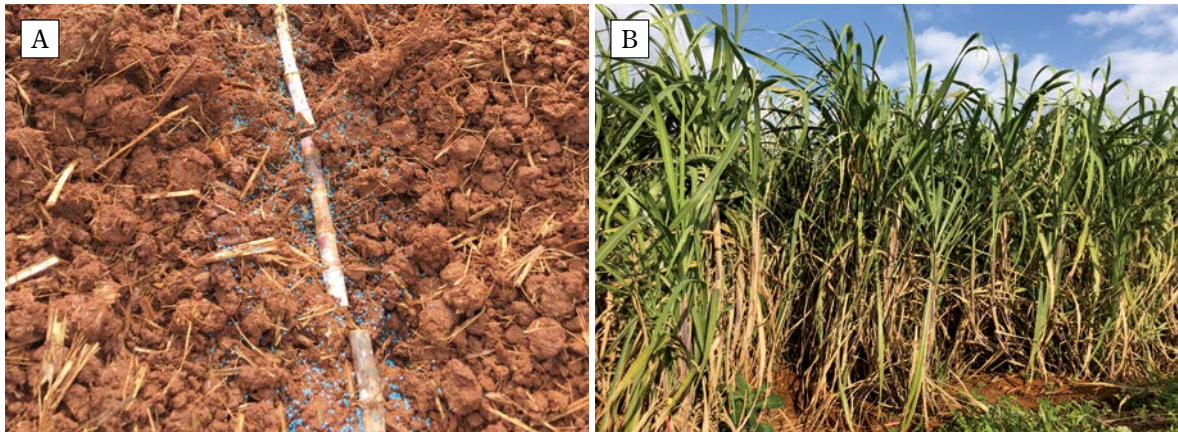


図-4 サトウキビ圃場試験の様子
 A：植付け時の薬剤施用（中央は二節苗，青部分はプリンス®バイト），
 B：収量調査時（植付け11か月後）のサトウキビ。

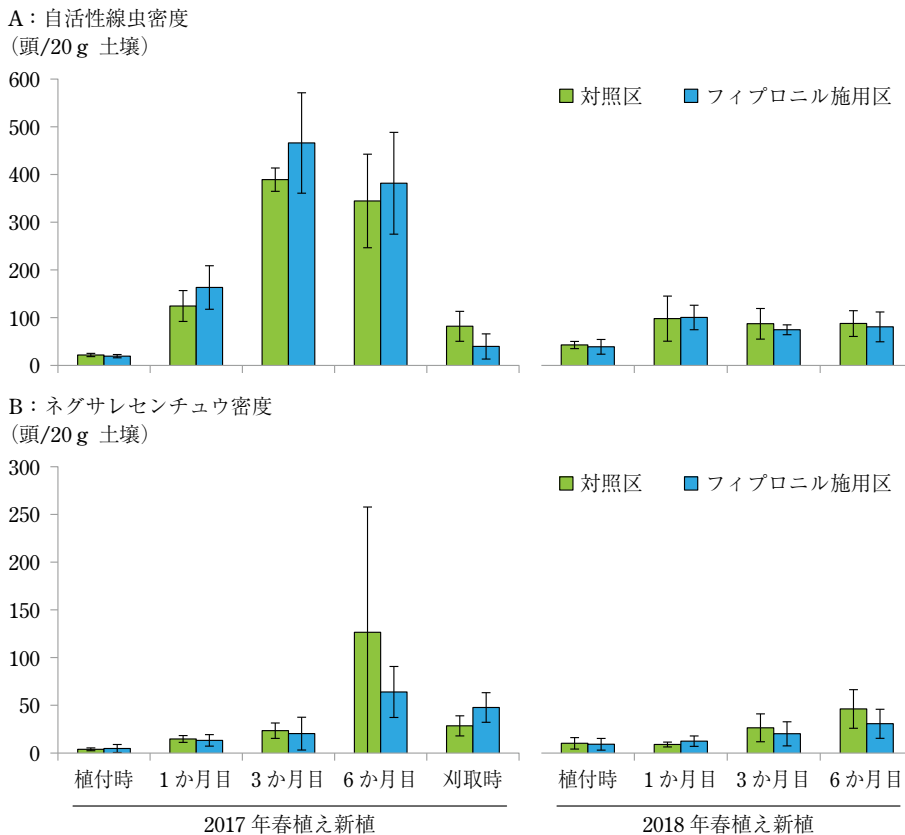


図-5 2017年および2018年春植えサトウキビ圃場試験の土壌中の線虫密度
 A：自活性線虫密度，B：ネグサレセンチュウ密度（KAWANOBE et al., 2019 より作成）
 （棒グラフは4反復の平均，エラーバーは標準偏差）。

の栽培管理は現地農家慣行に従った(図-4)。また、サトウキビの重要な害虫であるハリガネムシ対策としてクロチアニジンを規定量用いた(2017年試験は対照区のみ、2018年試験は対照区とフィプロニル施用区に施用)。サトウキビ植え付け後1か月目、3か月目、6か月目(2017年試験は収量調査時も)に土壌中の自活性線虫とネグサレセンチュウ密度(バールマン法:室温、72時間)を、また同3か月目、6か月目にサトウキビ根中のネグサレセンチュウ密度(バールマン法:室温、48時間、根は摩砕により前処理)を測定した。収量調査(春植え11か月目)では、サトウキビの原料茎重、原料茎数、一茎重、原料茎長、原料茎径、ブリックスを測定した。

土壌中の自活性線虫とネグサレセンチュウは特に夏場(植え付け3~6か月目)にかけて増加傾向が見られた。自活性線虫密度は対照区とフィプロニル施用区に違いは見られなかったが、ネグサレセンチュウは3か月目と6か月目において対照区よりフィプロニル施用区のほうが傾向的に少なかった(図-5)。また、根中のネグサレセンチュウは、2017年、2018年試験の3か月目で対照区よりもフィプロニル施用区が44%、73%それぞれ少なかったが、6か月目には違いは見られなかった(図-6)。11か月目の収量調査では、原料茎重は2017年、2018年試験で対照区よりもフィプロニル施用区がそれぞれ6%、8%重く、原料茎数は同様にフィプロニル施用区がそれぞれ5%、6%多かった(図-7)。一茎重は傾向的に対照区よりもフィプロニル施用区のほうが重く(2017年、2018年試験でそれぞれ1%、3%)、原料茎長は2017年試験のみ対照区よりフィプロニル施用区が5%長

かった。原料茎径は処理区間に差は見られず、ブリックスは2017年試験のみ対照区よりフィプロニル施用区が2%高かった。さらに、2017年と2018年の新植2年分のデータを多重比較検定すると、収量調査時の原料茎重、原料茎数について対照区とフィプロニル処理区の間での差異が確認(5%水準、交互作用なし)された。これらの結果から、サトウキビ初期生育時の根中のネグサレセンチュウ数の差が主として茎数に影響し、結果として原料茎重の差につながった可能性が示唆された。

フィプロニルを使った7週間のポット試験ではサトウキビの生育に処理区間での差異は見られなかったが、同じ期間でフィプロニルにより根中のネグサレセンチュウは半数程度にまで減少した。また、圃場試験では3か月後の根中ネグサレセンチュウがフィプロニル施用区で対照区の半分程度まで抑制され、同試験の収量調査ではフ

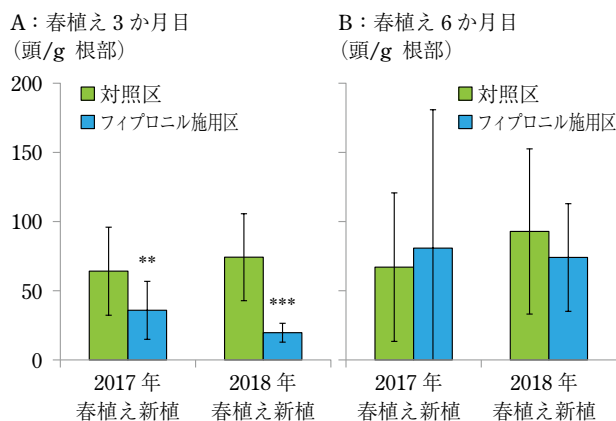


図-6 2017年および2018年春植えサトウキビ圃場試験の根中のネグサレセンチュウ密度

A: 春植え3か月目, B: 春植え6か月目 (KAWANOBE et al., 2019より作成) (棒グラフは4反復の平均, エラーバーは標準偏差, アスタリスクはスチューデントt検定 (**: 1%水準, ***: 0.1%水準) で有意差あり)。

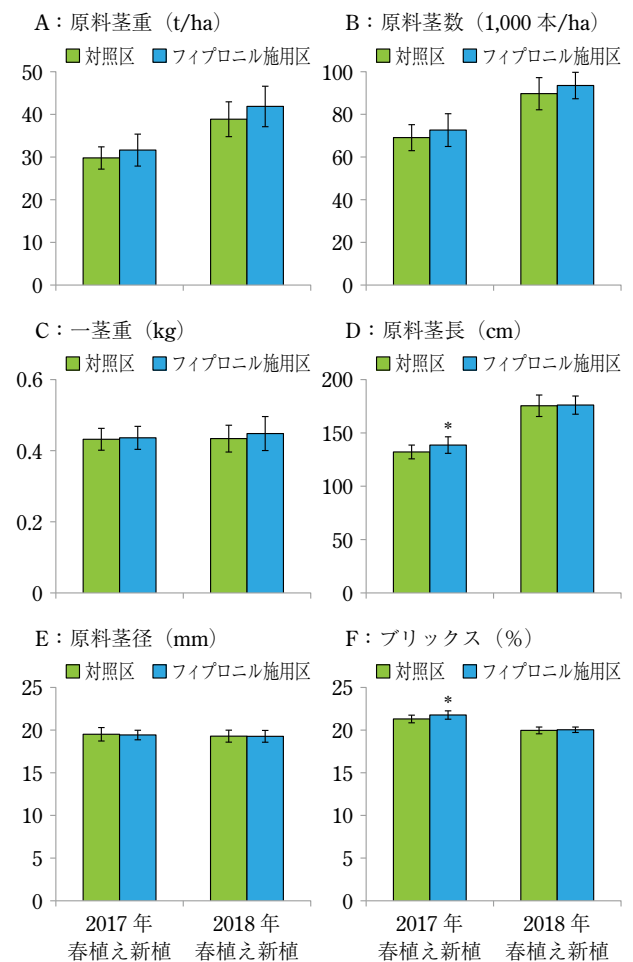


図-7 2017年および2018年春植えサトウキビ圃場試験収量調査結果

A: 原料茎重, B: 原料茎数, C: 一茎重, D: 原料茎長, E: 原料茎径, F: ブリックス (KAWANOBE et al., 2019より作成) (棒グラフは4反復の平均, エラーバーは標準偏差, アスタリスクはスチューデントt検定 (*: 5%水準) で有意差あり)。

イプロニル施用区で対照区よりも1割弱原料茎重が重かった。過去に行った同様の試験（使用薬剤はホスチアゼート：サトウキビには未登録）では、薬剤施用によりポット内の根中のネグサレセンチュウが8割以上抑制され、同薬剤を使った圃場試験では薬剤施用により新植と株出しを通して約2割の原料茎重の増加が見られた（河野辺・宮丸，2019）。これらのフィプロニルおよびホスチアゼートを使った圃場試験の両方で、薬剤施用によりサトウキビの生育初期のネグサレセンチュウ密度が抑制されており、程度の違いはあるが初期成育の段階での根部へのネグサレセンチュウの加害がその後のサトウキビ生育に大きな影響を与え、サトウキビの収量減につながっていることが示唆された。

おわりに

2014年に沖縄県北大東島（50地点）および久米島（60地点）で実施したサトウキビ畑の植物寄生性線虫の実態調査では、土壌から抽出された線虫の過半数が植物寄生性線虫（北大東島：215頭中56%；久米島：311頭中51%）で、植物寄生性線虫のうちネグサレセンチュウが北大東島では68%、久米島でも23%（他の主要植物寄生性線虫であるイシユクセンチュウが65%）を占めるなど、植物寄生性線虫が両島内で広範囲かつ高密度に分布していることが判明した（河野辺・宮丸，2016）。さらに沖縄本島、宮古島、石垣島の85地点で実施した線虫の広域実態調査でも、ネグサレセンチュウやイシユクセンチュウをはじめとする植物寄生性線虫が全域に分布していることが判明し、沖縄全体で植物寄生性線虫が広くまた高い密度で分布している実態が徐々に解明されてきた（KAWANOBE et al., 2020）。

サトウキビ畑の線虫に関する試験、特に圃場試験は新植春植えて1年近く、夏植では1年半程度の期間がかか

り、株出しまで含めた試験となると極めて長期にわたる。また収量調査は手作業での刈り取りをすることになる場合が多いため、作業負荷は極めて大きい。このため、サトウキビに対する線虫害の実態を把握すること自体難しいことであったが、これまでの研究で沖縄におけるネグサレセンチュウによるサトウキビの収量減の実態が少しずつわかってきた。また、本研究によりサトウキビ畑のネグサレセンチュウに関する一つの防除方法が確認されたことは、営農上有益な情報と考えている。一方、沖縄県内でも地域によって植物寄生性線虫の種類に違いがあることもわかってきており、ネグサレセンチュウ以外の線虫種、特に照屋（1967；1971）がサトウキビの生育阻害要因として示しているイシユクセンチュウなど、沖縄のサトウキビ圃場で高密度に検出される植物寄生性線虫によるサトウキビ収量への影響についても検証をしていくことが必要と思われる。

なお、本研究を進めるにあたって、久米島製糖株式会社および北大東村役場の方々に日々のサトウキビ管理や現地情報の提供など多岐にわたるご協力をいただいた。記して感謝する。

引用文献

- 1) CADET, P. and V. W. SPAULL (2005): Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, CAB International, Wallingford, UK, p.645~674.
- 2) 郡嶋浩志・瀬古隆司 (2018): 植物防疫 72(7): 469~474.
- 3) KAWANOBE, M. et al. (2014): Nematology 16(7): 807~820.
- 4) ——— et al. (2019): Journal of Nematology 51: e2019-75.
- 5) ——— et al. (2020): Agronomy 10(5): 762.
- 6) 河野辺雅徳・宮丸直子 (2016): 砂糖類・でん粉情報 40(1): 41~50.
- 7) ——— . ——— (2019): 植物防疫 73(3): 150~155.
- 8) 照屋林宏 (1967): 熱帯農業 10(4): 196~201.
- 9) ——— (1971): 植物防疫 25(11): 458~460.



ダリアのウイルス・ウィロイド病の診断と防除

奈良県農業研究開発センター

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 花き生産流通研究領域

宮崎県総合農業試験場

あさの 浅野 峻介*・平山 喜彦・芳田 侃大**
まつ 松 下 陽 介
なか 中 むら 村 薫***

はじめに

国内の花き生産額が年々低下している中、ダリア切り花の生産額は増加傾向にあり有望な品目となっている。従来は仏花としての需要が主であったが、近年ではブライダルやパーティー等の業務用需要を中心に、フラワーアレンジメントに欠かせない花材となっている。

ダリアは冷涼な気候を好む植物であるため、夏秋期には奈良県や兵庫県の中山間地域と山形県等の冷涼地に産地が形成されている。これらの地域では、夏秋期の切り花生産とその後の球根生産を組合せることによって、労働力の周年活用が図られている。また、近年増加している冬春期の切り花生産は、従来産地ばかりでなく長野県、愛知県、高知県、宮崎県等全国各地に導入されている。

ダリア生産では、糸状菌病であるうどんこ病、斑葉病および菌核病、細菌病である根頭がん種病による被害は少ない一方で、ウイルス・ウィロイド病による被害が問題となっている。生産現場における増殖は、夏秋期産地では主に球根（塊根）の分球、冬春期産地では挿し芽によって行われている。そのため、ウイルス・ウィロイドに感染した母株から後代に伝染し、その被害が拡大している。

そこで、2013～15年度に農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業実用技術開発ステージ「無病球根の効率的増殖を核とした有望球根切り花の生産流通技術開発」において、ダリアのウイルス・ウィロイド病の診断・防除技術の開発に取り組んだ（浅野ら、2019）。本

Diagnosis and Management Guide to Virus and Viroid Disease of Dahlia. By Shunsuke ASANO, Yoshihiko HIRAYAMA, Kandai YOSHIDA, Yosuke MATSUSHITA and Kaoru NAKAMURA

（キーワード：病徴、伝染源の除去、感染予防、TSWV, DMV, CSVd）

*現所属：奈良県北部農林振興事務所

**現所属：奈良県庁畜産課

***現所属：宮崎県東臼杵南部農業改良普及センター

稿では本事業で得られた成果を紹介する。

I ダリアでの主要なウイルス・ウィロイド病

ダリアには複数のウイルス・ウィロイドが感染することが知られており、全国での発生調査の結果、ダリアモザイクウイルス（DMV：dahlia mosaic virus）、トマト黄化えそウイルス（TSWV：tomato spotted wilt virus）およびキク矮化ウィロイド（CSVd：chrysanthemum stunt viroid）による被害が大きいことが明らかになった（ASANO et al., 2015；2020）。一方でキュウリモザイクウイルス（CMV：cucumber mosaic virus）、タバコ条斑ウイルス（TSV：tobacco streak virus）については感染報告があるものの、その被害は小さい。

1 ダリアモザイクウイルス（DMV）

DMVによるダリアモザイク病の病徴は、葉のモザイク症状（図-1-1）、葉脈黄化（図-1-2）、稲妻状や斑点などのクロロシス（図-1-3）、萎縮（図-1-4）が生じ、植物全体の生育が抑制される。品種、生育ステージ、気温等により病徴の程度は様々である。潜在感染もしくは病徴が軽微な時期が多いため、目視のみでの健全株の選抜

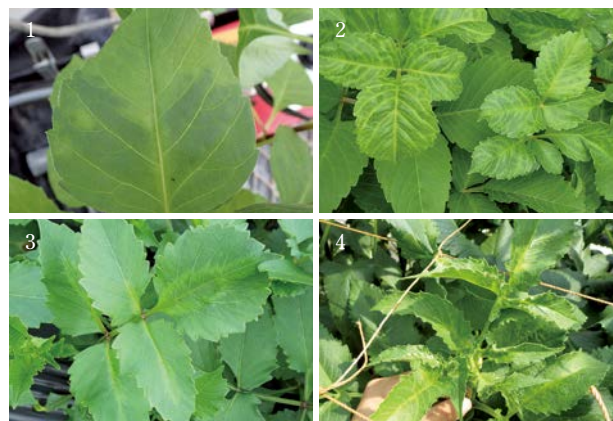


図-1 DMVによるダリアモザイク病の病徴

- 1) モザイク症状、2) 葉脈黄化、3) 稲妻状のクロロシス、4) 萎縮症状。

は困難である。感染は栽培管理中の汁液または虫媒伝染により起こり、ワタアブラムシ、モモアカアブラムシ、チューリップヒゲナガアブラムシ等 16 種のアブラムシ類による非永続伝播が報告されている。野外での宿主がダリアに限られるため、健全な種苗を用いることで容易に伝染源を除去できる。

2 トマト黄化えそウイルス (TSWV)

TSWV によるダリア輪紋病の病徴は、葉に黄斑 (図-2-1) や輪紋 (図-2-2)、輪紋状のえそ (図-2-3)、稲妻状の黄変、茎や葉柄にえそ条斑 (図-2-4)、塊根にあざ状のえそ条斑を生じ、生育が抑制されるが、品種、生育ステージ、気温等により病徴の程度は様々である。また葉の黄斑が複数重なるとモザイク症状のように見えることがある。盛夏の高温期には葉の病徴が抑制されるため、病徴が確認しやすい春から初夏の生育初期と秋に発病株の抜き取りを徹底することが大切である。アザミウマ類による永続伝播が報告されており、虫媒伝染によるダリア生産圃場での感染拡大の程度は大きい。一方で植物汁液中では、TSWV の感染性が顕著に低下することや (Iwaki et al., 1984)、ダリアではハサミを用いた汁液接種での感染効率が低いことから (浅野ら, 2015 a)、圃場での植物同士の接触や管理作業での感染拡大の程度は低いと考えられている。宿主範囲は広く、トマト、キク、ナス、ピーマンおよび様々な雑草にも感染するため、周囲に伝染源となる植物の存在を確認する必要がある。

3 キク矮化ウイロイド (CSVd)

CSVd によるダリアわい化病の病徴は茎の節間伸長の抑制によって、植物長の短縮、葉・花が小型化する (図-3-1) (Asano et al., 2020)。品種や生育時期により病徴の程度が異なり、切り花長は 6 割程度、植物重は 4 割程度になることがある。‘真心’では花色が濃くなることや、露心花率が高くなることも確認されている (図-3-2)。



図-2 TSWV によるダリア輪紋病の病徴
1) 黄斑症状, 2) 輪紋症状, 3) 輪紋状のえそ, 4) えそ状斑。

感染は栽培管理中の汁液により起こり、実験室レベルでの汁液接種で感染率が高いことから、圃場レベルでの感染拡大の程度は高いと考えられる。その一方で虫媒伝染は報告されていない。葉にモザイクや萎縮等の明瞭な病徴を生じないため、生育不良株を除去することが感染拡大の防止に必要である。

II ウイルス・ウイロイドの検定

ウイルス・ウイロイド種の特異性、健全株の選抜の際には主に RT-PCR などによる遺伝子診断法が利用される。奈良県では、栽培上で問題となる DMV, TSWV および CSVd の 3 種を対象として、健全株選抜のための検定を実施している。

1 検定方法

検定で最も労力がかかる RNA 抽出を省力化するため、針で植物体の汁液を採取しテンプレートとする方法 (micro tissue direct 法) での RT-PCR を推奨している (図-4)。単一ウイルス・ウイロイド種の検定の場合は電気泳動が不要な micro tissue direct RT-qPCR を、複数ウ



図-3 CSVd によるダリアわい化病の病徴
1) 株のわい化症状, 2) 花色の変化と露心花の発生。

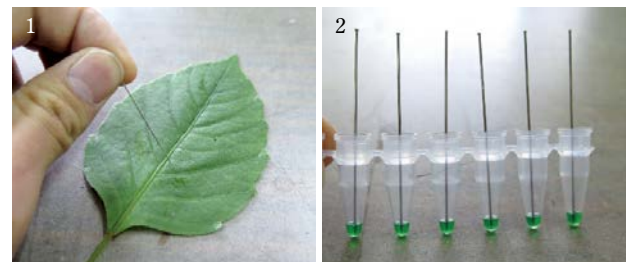


図-4 micro tissue direct 法による植物汁液の採取
1) サンプルへの針刺し, 2) PCR 反応液への針の浸漬。



図-5 ダリアのウイルス・ウイロイド病診断マニュアル

ウイルス・ウイロイド種を同時検定する際はマルチプレックス micro tissue direct RT-PCR を使用している (ASANO et al., 2015 ; 浅野ら, 2015 b)。本法での検出感度は、抽出 RNA をテンプレートとした場合の 100~1,000 分の 1 になるが、いずれのウイルス・ウイロイド種も植物体中での濃度が高いため本手法でも十分に検出できる。ただし、*in vitro* で栽培しているダリアでのウイルス・ウイロイドの濃度については十分な知見がないため、検出感度が高い抽出 RNA をテンプレートとして検定を実施し

ている。プライマーや推奨試薬等の詳細な検定方法については HP 上のダリアのウイルス・ウイロイド病診断マニュアル (浅野ら, 2019) に記載されている (図-5)。

2 検定部位

RT-PCR でウイルス・ウイロイド検定に使用する植物体の部位は小さく、感染植物であってもウイルスが存在しない部位をサンプリングすることで検定の結果が誤って陰性となる可能性がある。ダリアで問題となるウイルス・ウイロイド種の中でも特に TSWV は分布の不均一性が高いことから、本種の分布の傾向に基づいてサンプリングを実施している。ASANO et al. (2017), 浅野ら (2018) では、複葉について潜在感染株の中位葉を対象に micro tissue direct RT-PCR を行った。TSWV の検出率は、葉身と比較して葉柄、葉脈、葉軸で高い傾向にあった (図-6)。小葉について Tissue blot immunoassay による TSWV の分布調査でも葉脈近辺では安定して分布していたが、葉身では不均一であった (図-7)。さらに上位葉では中位葉と比較して検出率が低い傾向にあったことから、中位の複葉のうち葉柄、葉軸、葉脈部を検定部位としている。球根については高濃度感染株でも分布の不均一性が高いことから検定部位としては使用していない。

III ウイルス・ウイロイドの防除対策

ウイルス・ウイロイドによる病害は、一度感染すると治療が不可能であり、伝染源の除去と感染予防を徹底するしか対策がない。伝染源の除去については、健全親株の選抜、感染株の抜き取りが挙げられる。感染予防については、ハサミなど刃物の消毒、アザミウマ類などのウイルスを媒介する害虫の防除が重要である。

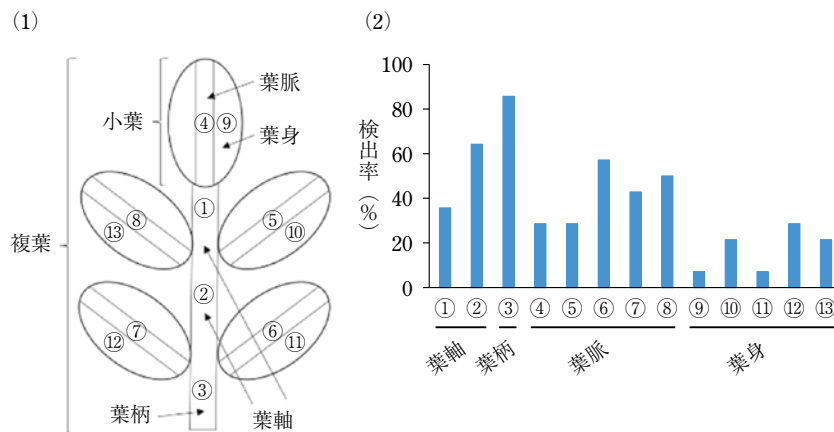


図-6 ダリア複葉の部位別での TSWV の検出
1: 検定部位, 2: TSWV 検出率 (n = 14).

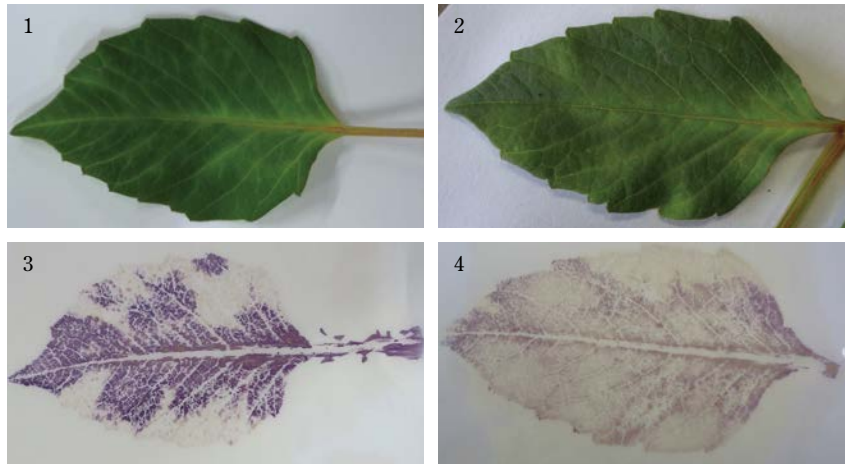


図-7 ダリア小葉での TSWV の感染分布
1, 2 : TSWV に感染した小葉, 3, 4 : サンプル 1, 2 の TSWV 検出結果
Tissue blot immunoassay により TSWV を検出。

1 伝染源の除去

ウイルス・ウイロイドに感染した株を親株として使用すると後代に伝染し、その被害が拡大する。そのため、健全な株を選抜し親株として使用することが重要である。目視により病徴がなく生育良好である株を親株とすることが基本となる。ただし、潜在感染のリスクを避けるためには RT-PCR によるウイルス・ウイロイド検定や種苗会社で販売されているメリクロン苗の利用が必要となる。このように選抜された親株は栽培圃場とは別のネットハウスなどの感染リスクが低い場所で管理することが望ましい。

ただし上記のような親株の選抜をしていてもウイルス・ウイロイド感染株が見つかる場合がある。その際は、すぐに感染株を抜き取り、圃場外で処分する。このことは管理作業や虫媒伝染による伝染源を除去することに加え、翌年に誤って親株として使用しないようにするためである。

感染株の抜き取りは、作業自体は単純であるが、その防除効果は高い。露地球根生産圃場での事例では、2013年にウイルス病発病株率が12.6%であったが、同年の発病株の抜き取りにより翌年には5.1%まで低下した(Asano et al., 2019; 浅野ら, 2020)。単年の抜き取りでも効果が確認されており、毎年継続して行うことでより高い効果が期待できる。

2 感染予防

感染株から健全株へのウイルス・ウイロイドの感染拡大は、ハサミなどを用いた管理作業時の汁液伝染と虫媒伝染により生じる。特に選抜した親株に感染させないための対策が必要である。ハサミなどの刃物については、

ホームセンターなどで販売されている小型のガスバーナーで刃先を火炎消毒することで、植物の破片があっても短時間で作業を繰り返すことができる。害虫類については、TSWV, DMV についてはそれぞれアザミウマ類、アブラムシ類による媒介が報告されている。そのため0.4 mm 目以下の防虫ネットで被覆した網室(ネットハウス)で栽培することが感染拡大防止に有効である。特にアザミウマ類による TSWV の感染拡大は甚大であり、圃場の発病株率が80%になる事例も確認されている(Asano et al., 2019; 浅野ら, 2020)。ただし、ネットハウスであっても、開口部などからウイルス保毒虫が侵入することが想定されるため、ネットハウスにおいても害虫類の定期的防除は必須である。特にこれらの害虫の飛翔や移動が多い春から初夏にかけては、薬剤散布の回数を増やすようにする。奈良県の産地ではヒラズハナアザミウマが優占種であり4月下旬から発生が確認され始め、6~7月に発生のピークを迎え、12月に発生が確認されなくなった。この場合では野外での発生が多く、ウイルス保毒虫のネットハウス内への侵入リスクが高い5~8月が重点防除時期となる。

おわりに

ダリアの生産性を低下させるウイルス・ウイロイド病の対策として、伝染源の除去、感染予防が挙げられる。これらを実行するにあたり、ウイルス・ウイロイド病の目視での診断および潜在感染株の検定手法が必要となる。目視での診断の際は、主要なウイルス・ウイロイド病には様々な病徴があることに注意する。また、親株の選抜には RT-PCR を用いたウイルス・ウイロイド検定

をすることで、潜在感染株を排除することが可能となる。マルチプレックス RT-PCR は TSWV, DMV, CSVd の 3 種を検定する際に、RT-qPCR は 1 種のウイルス・ウイロイドを検定する際に使用すると効率的である。検定の際、ウイルス・ウイロイドが分布しやすい部位をサンプリングすることで検出漏れを減らすことができる。労力をかけて選抜した健全親株については、再感染を防ぐように虫媒伝染対策のネット被覆および殺虫剤散布、汁液伝染対策のハサミの消毒を推奨する。これらの対策を実施することで、ウイルス・ウイロイド病被害が低減されることを期待している。

引用文献

- 1) 浅野峻介ら (2015 a): 関西病虫研報 **57**: 143.
- 2) ———ら (2015 b): 植物防疫 **69**(12): 12~16.
- 3) ———ら (2018): 同上 **72**(2): 28~32.
- 4) ———ら (2020): 同上 **74**(4): 28~31.
- 5) ASANO, S. et al. (2015): Lett Appl Microbiol **61**: 113~120.
- 6) ——— et al. (2017): ibid. **64**: 297~303.
- 7) ——— et al. (2019): Ann. Rept. Kansai Pl. Prot. **61**: 69~74.
- 8) ——— et al. (2020): Eur J Plant Pathol. **156**: 245~256.
- 9) 浅野峻介ら (2019): http://www.pref.miyazaki.lg.jp/sogonogyo-shikenjo/shigoto/nogyo/topix/documents/44689_20190624121204-1.pdf#search=%27ダリアウイルス+マニュアル%27
- 10) IWAKI, M. et al. (1984): Plant Dis. **68**: 1006~1008.

発生予察情報・特殊報 (2020.6.1~6.30)

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

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

- 飼料用トウモロコシ, ソルガム, スイートコーンなど：
ツマジロクサヨトウ（滋賀県：初）6/11
- スイートコーン：ツマジロクサヨトウ（新潟県：初）
6/15
- 未成熟トウモロコシ（スイートコーン）：ツマジロク
サヨトウ（鳥根県）6/18
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ
（岐阜県）6/19
- トルコギキョウ（施設栽培）：トルコギキョウ斑点病
（山口県）6/23
- ミニトマト：トマト黒点根腐病（熊本県：初）6/25
- トルコギキョウ：トルコギキョウ茎腐病（熊本県）
6/25
- 飼料用トウモロコシ, スイートコーン, ソルガムな
ど：ツマジロクサヨトウ（鳥取県：初）6/25
- コチヨウラン：*Dichromothrips corbettii* (Priesner)
（神奈川県：初）6/30



ランキュラス安定生産のための ウイルス診断方法の開発

宮崎県総合農業試験場
 はやひ 早貴・照屋 亜希子*・
 くしま よしゆき なかむら かおる 薫**

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 花き生産流通研究領域

まつ した よう すけ
 松 下 陽 介

南九州大学 かん の よし あき
 菅 野 善 明

はじめに

ランキュラス (*Ranunculus asiaticus* L.) は、キンポウゲ科の多年草で、花卉が幾重にも重なり、存在感のある切り花として人気がある。品種も豊富で、多様な場面に合わせやすいことから、式典やイベント等の装飾で重宝される花材となっている。宮崎県は全国3位(2019年)の生産量を誇るランキュラスの切り花産地であり、県内産地では100を超える品種が栽培され、冬から春にかけて市場に供給されている。

一方、宮崎県産を含む国産ランキュラスは、品質が高いことから、近年では海外市場での人気が高まっており、輸出される花き品目として取扱量が第2位(2019年)になるなど、日本の花き産業において重要な品目となってきている。そのため、本県の生産部会では海外への輸出を考慮し、海外バイヤーの視察受入れや、英語版の品種紹介パンフレットの作成、海外のニーズが高い品種の栽培面積拡大など様々な取組みを行っている。このような輸出対策の一環として産地が重視していることのひとつが、品質の改善と生産量の向上を目的としたウイルス対策である。

栽培圃場では、葉および花卉のモザイク症状やえそ症状、株の生育遅延等、ウイルスによる障害が多発して切り花本数の減少や品質の低下等の問題が生じており(河野・菅野, 2014)、ウイルス症状を呈した株の除去や、畝ごとの収穫バサミの使い分けによる汁液伝染の防止等

様々な対策が行われている。しかし、これらの対策が実施されているにもかかわらず、圃場では依然としてウイルス症状が多く確認され、農業者を悩ませているのが現状である。これは、ランキュラスは球根により栄養繁殖できるため、球根(塊根)の自家増殖が一般的に行われる(中村ら, 2014)ことが原因であると考えられる。なぜなら、ウイルスに感染した株を、農業者が気付かないうちに球根増殖に使用することにより、次作でウイルスがまん延してしまっているため(図-1)、現在の対策の効果が得にくくなってしまっているためである。ランキュラスのウイルス対策は、この球根増殖を介したウイルスのまん延対策を最優先で行うべきであるが、ウイルスに感染した株や球根を判別する方法が確立されていなかった。

そこで、宮崎県では農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業を活用し、「無病球根の効率的増殖を核とした有望切り花の生産流通技術開発(課題番号 25075C, 2013~15年度)」の中で、(独)農研機構野菜花き研究部門、南九州大学と共同で、ランキュラス栽培で問題となるウイルス種の解明と発生状況調査を行うとともにウイルス診断方法の開発に取り組んだ。その結果はマニュアルに取り纏め(以下、「マニュアル」とする)、公開している(https://www.pref.miyazaki.lg.jp/sogonogyoshikenjo/shigoto/nogyo/topix/documents/44627_20190624112746-1.pdf; 図-2)。本稿では、このマニュアルに記載した、ウイルス発生実態調査の結果と、新たに開発した二つのウイルス診断技術について紹介する。

I ウイルス発生調査の結果と感染拡大の要因

宮崎県内のランキュラス生産圃場で発生し、問題となるウイルスは、ランキュラス微斑モザイクウイルス(*Ranunculus mild mosaic virus*; RanMMV)、トマト黄化

Publication of Diagnostic Manual about Viruses of Ranunculus.
 By Saki HAYAH, Akiko TERUYA, Yoshiyuki KUSHIMA, Kaoru NAKAMURA,
 Yosuke MATSUSHITA and Yoshiaki KANNO

(キーワード: ウイルス病, ランキュラス, DIBA 法, マルチプレックス RT-PCR, RanMMV)

*現所属: 宮崎県立農業大学校

**現所属: 東臼杵農林振興局

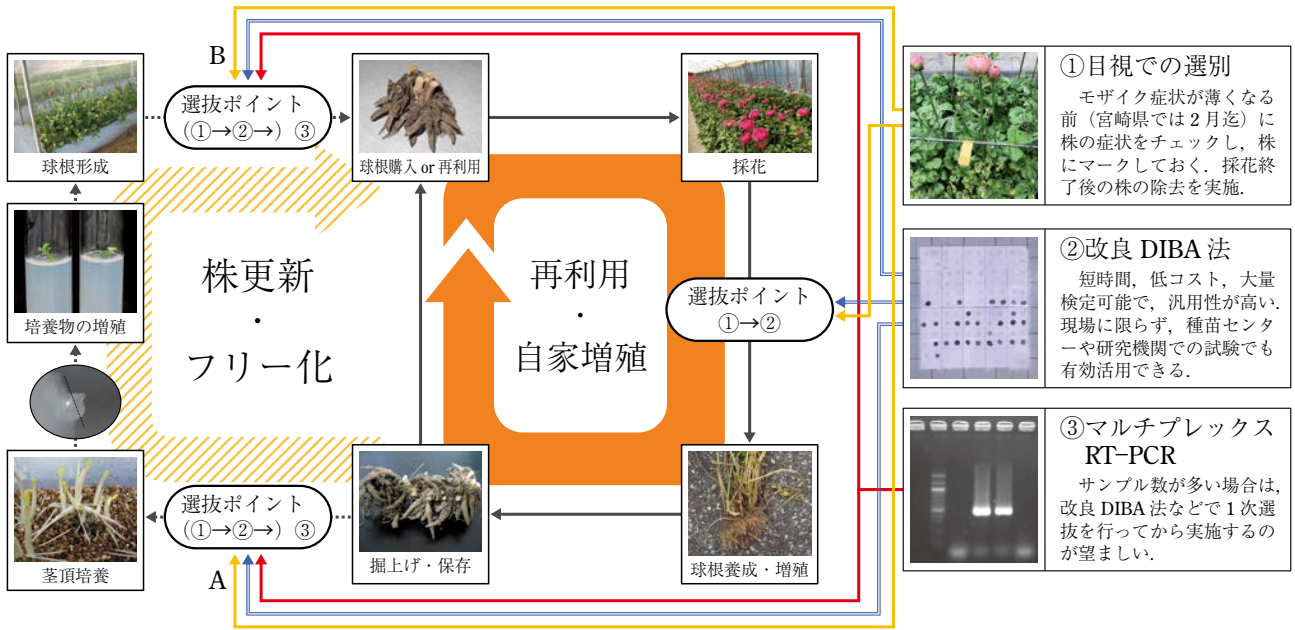


図-1 ランキュラスの切り花栽培の流れと各ウイルス診断実施ポイント

表-1 国内ランキュラス産地におけるウイルス発生状況調査結果

調査年	調査圃場数	調査株数	感染株数			
			RanMMV	CMV	BBWV	TSWV
2012年度	県内 3	24	24	1	—	—
2013年度	県内 5	500	336	—	—	—
2014年度	全国 15	592	303	1	未実施	10
合計 (感染率)	23	1,116	663 (59.4%)	2 (0.18%)		10 (0.8%)

* : RanLDV は全国 15 圃場のうち、宮崎県内 5 圃場計 350 株で検定した結果を示す。

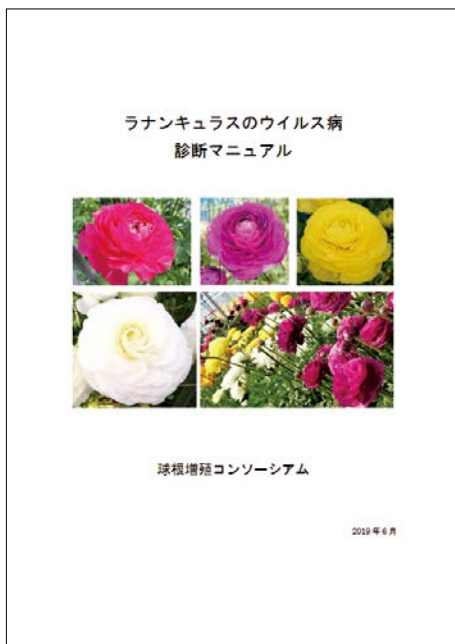


図-2 ランキュラスのウイルス病診断マニュアル

えそウイルス (*Tomato spotted wilt virus ; TSWV*)、キュウリモザイクウイルス (*Cucumber mosaic virus ; CMV*) である (表-1)。

RanMMV は 2006 年にイタリアで初報告された Potyvirus 属のウイルスで、モモアカアブラムシ (*Myzus persicae* Sulzer) により虫媒伝染することが報告されている (TURINA et al., 2006)。また、他品目でもアブラムシ類による感染拡大が問題となる CMV と、ミカンキイロアザミウマ (*Frankliniella occidentalis*) が媒介する TSWV が低率で検出された。このことから、これらのウイルス媒介虫対策は必ず実施する必要がある。

最も発生が多い RanMMV は主に葉にモザイク (図-3) を生じ (TURINA et al., 2006)、国内では 2013 年に宮崎県で初めて確認された (中村・菅野, 2013)。2013 年度作に宮崎県内産地を対象とした発生状況調査では、すべての圃場で RanMMV の感染が確認されただけでなく、感染株率が最も低い圃場でも 40.0%、高いところでは 89.0%



図-3 ランキュラス葉のモザイク症状

と、初確認年であるにもかかわらず、感染株率が高い圃場が確認された(河野・菅野, 2014)。このことから、RanMMVは2013年以前から県内で発生していたものと考えられる。また、2014年度作の調査では、メリクロン苗から親株を育成途中の株と、圃場に定植したばかりの経済栽培1年目株についても1割程度の株にRanMMVの感染が確認された(HAYASHI et al., 2018)。

圃場に定植し経済栽培を開始する球根の育成には、種子またはメリクロン苗から1~2年の球根育成期間が必要であるため、養成期間中の虫媒伝染や管理作業等による接触伝染によりまん延するリスクがある。また、前述した通り感染株を用いて球根を増殖することにより感染率が高まるため、対策を行わなければ、経済栽培1年目にはすでにウイルス感染が拡大している可能性がある。また、メリクロン苗から育成した球根を圃場に定植し、栽培した経過年数(以下、栽培経過年数)が1年目の株では、感染株の半数以上が、症状が見られない未発症感染株であった(河野・菅野, 2014)。つまり、栽培経過年数1年目でもウイルス感染株の多くが目視で症状を確認できないため、2作目以降で感染が拡大するリスクが高率で存在している。圃場での感染拡大を防ぐためには、媒介虫対策はもちろんであるが、可能な限りウイルス診断を実施し、ウイルスに感染していない株を確認して無病の球根を増殖に使用すべきである。

II 新たに開発したウイルス診断技術

圃場でのウイルス感染拡大を防ぐためには、①ウイルス媒介虫対策、②ウイルス感染株を増殖に使用しないことの2点が重要なポイントとなる。この中で、未発症感染株から得た球根を次作に定植しないためには、ウイルス診断技術が必要である。

そこで、ウイルス検出精度が高いRT-PCR法と、現地の技術指導員が行う簡易診断技術であるDIBA法を開発を行った。

1 マルチプレックスRT-PCRによる診断法

(1) 2つの診断時期

農業者に供給する球根のウイルス診断を実施するタイミングは二つある。一つ目は「茎頂培養前」、二つ目は「経済栽培用球根の育成期間中」の診断である。

一般的に、ランキュラスの品種維持は茎頂培養と、それによるメリクロン苗で行われる。茎頂培養は、圃場から採種した球根の萌芽を利用して行うため、ウイルスに感染している株を使用すれば、育成されるメリクロン苗もウイルスに感染するリスクは高くなる。茎頂培養によりウイルスフリー化をすることは可能であるが(Sacco et al., 2018)、実施するための機材や設備が必要となり、さらに、生長点を0.5mm以下に切り取る高い技術が実施者に求められる。また、茎頂培養によるウイルスフリー化は完全ではない。したがって、ウイルスに感染していない株を確認し、茎頂培養に用いることでウイルス感染リスクを一層低くし、かつ効率的にウイルスフリー株を増殖することが重要である(図-1内A部分)。

ランキュラスは、先述の通り茎頂培養によって得たメリクロン苗から親株球根の養成・増殖を図るが、その期間中に各ウイルスが虫媒伝染する危険性がある。養成期間中の媒介虫防除の徹底を図るとしても、完全に感染を抑止できている保証はないことから、「経済栽培用球根の育成期間中」にもウイルス診断により感染株を排除することが必要である(図-1内B部分)。ランキュラスの葉は、品種によって葉の色や形状・厚み等が異なり、ウイルスの感染を目視で判定することが難しいことがある(図-4)ことから、ウイルス感染の判定は確実に行わなければならない。

(2) マルチプレックスRT-PCR

ウイルス診断を実施する場合、高精度で、かつ、検体数が多くても経費や労力的な負担が大きすぎない診断方法を開発する必要がある。

そこで、遺伝子学的診断法の一つであるRT-PCR(Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction)による診断技術の開発を行った。RT-PCRは高精度である一方、診断コストおよび診断時間がかかるという課題がある。このため、資材、試薬および時間を節約するためには、同時に複数のプライマー対を混合して1本のチューブ内で同時に反応させ、複数のウイルスを同時に検出することができるマルチプレックスRT-PCR法を行うことが望ましい。そこで、RanMMV、TSWVおよびCMV

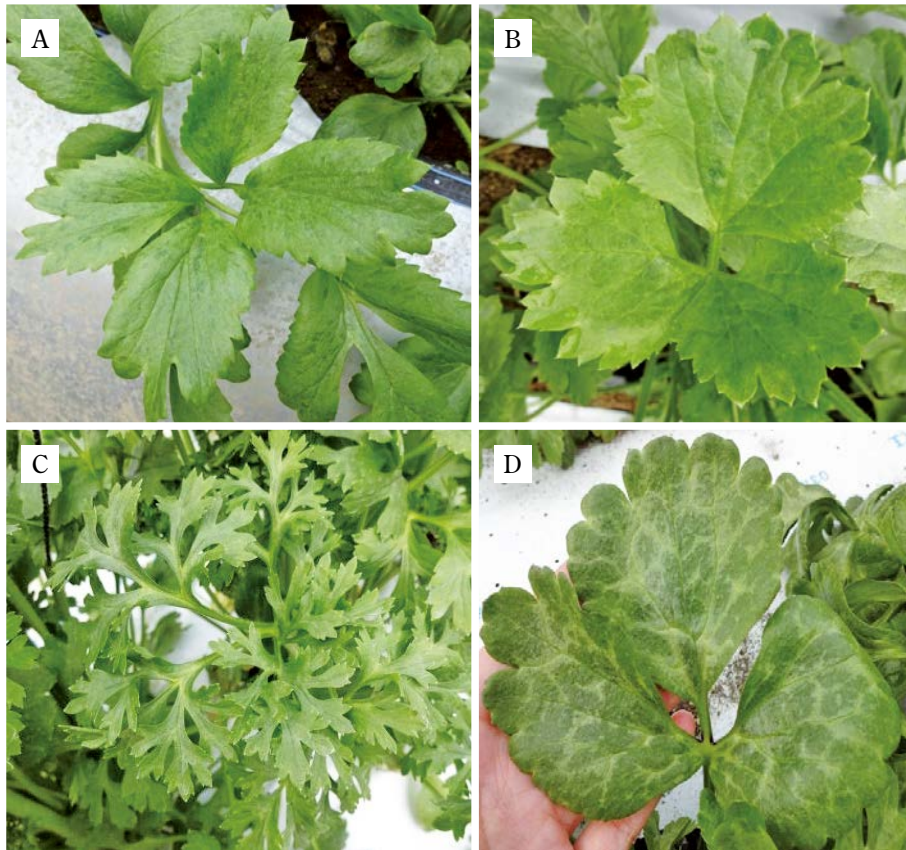


図-4 ランキュラスの葉と RanMMV 感染の有無
 A：平均的な葉の品種（RanMMV 感染株，薄いモザイクあり）.
 B：葉色の薄い品種（RanMMV 感染株）.
 C：細葉の品種（RanMMV 感染株）.
 D：肉厚・斑入り葉の品種（健全株）.

表-2 マルチプレックス RT-PCR で使用するプライマー

プライマー名	塩基配列	増幅産物サイズ (bp)	対象ウイルス
CMV sub I CPF CMV sub I CPR	CGACTTAA(C/T)AAGACGTTAGCA TCAGACTGGGAGCACTCCAGA	536	CMV (subgroup I)
CMV sub II CPF CMV sub II CPR	(A/G)CT(C/T)AATA(A/G)AAC(C/T)CTGCCA CTAAGTCGGGAGCATCCGTGAGA	536	CMV (subgroup II)
ranmmv-F ranmmv-R	GATGTTTCGTACACCAAGC GCGATGGCCTCAAACTATC	657	RanMMV
TsCP3' TsCP5'	AGAGCAATTGTGTCAAATTTT CTGCTTTAAGCAAGTTCTGC	950	TSWV

の3種のウイルスを同時検出することのできるマルチプレックス RT-PCR 法を開発した。

設計したプライマーは表-2の通りである。RT-PCRにより増幅される DNA 断片の長さは、検出されるウイルス種により異なるようにデザインした。なお、TSWVを検出するプライマーは奥田ら（2001）が設計したものを使用した。各ウイルスの感染葉から ISOGEN（ニッポンジーン）を用いて得た検体を RT-PCR（逆転写反

応；50℃ 30分，94℃ 2分，PCR；94℃ 30秒，58℃ 30秒，72℃ 1分を40サイクル）を行い，常法により電気泳動を行った結果，各ウイルスを同時に検出することができた（図-5）。なお，今回設計したプライマーは，混合しなくても各ウイルスのシングルプライマー対としても使用できるため，1種類のウイルスのみを診断したいときにも有効である。

また，表-1に示す2014年度の調査結果は，本手法を

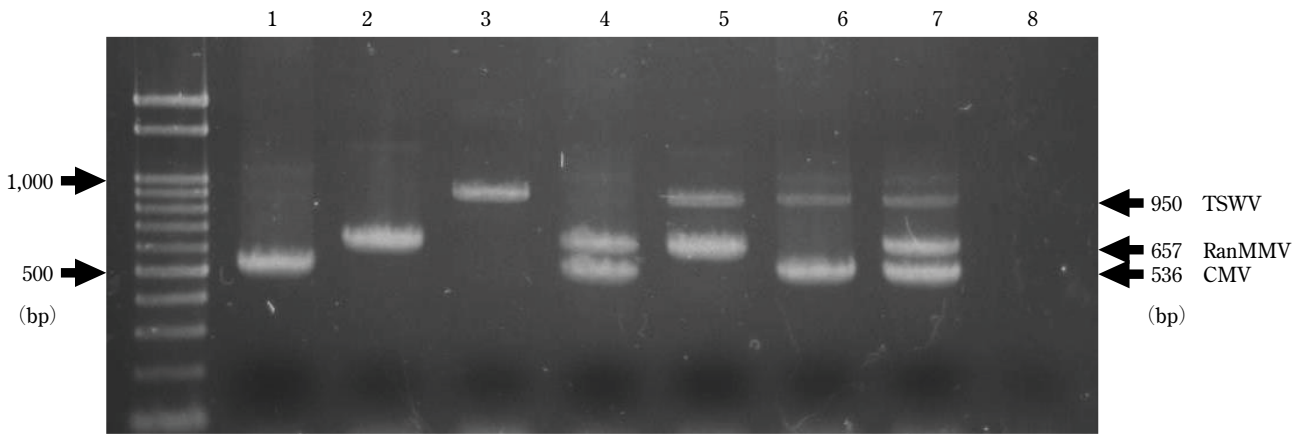


図-5 マルチプレックス RT-PCR によるウイルス検定結果 (HAYASHI et al., 2018)
 1 : CMV, 2 : RanMMV, 3 : TSWV, 4 : CMV + RanMMV, 5 : RanMMV + TSWV,
 6 : CMV + TSWV, 7 : CMV + RanMMV + TSWV, 8 : 健全株.

用いて診断したものであり、未発症感染株を含む栽培経過年数0~1年目の株からもウイルスを検出している。本法は、病徴を示していない株からも、ウイルスを検出することが可能である。

2 改良 DIBA 法による診断法

DIBA (Dot Immuno-Binding Assay) 法は血清学的診断法の一つで、植物の汁液をニトロセルロースメンブレンシート (以下、NCMシート) に滴下して吸着させ (以下、スポットとする)、抗原抗体反応と酵素反応を利用してスポット部の比色によりウイルス診断を行う。血清学的診断法の中には、例えば ELISA 法などのようにマイクロプレートやプレートリーダー等の資材や機器が必要なものがあるが、DIBA 法で使用するものは NCM シートのみで、診断時に機器を一切必要としない。また、抗体以外の試薬は、4℃で保存すれば2か月程度は使用可能であることから、栽培圃場から採集したサンプルを、農業改良普及センターや JA 等の技術職員が時間を置かず事務所などでの診断の実施に適している。宮崎県では、キュウリの簡易ウイルス診断法として、1次抗体と2次抗体を混合して同時に処理することで、診断時間の短縮を実現した改良 DIBA 法を開発し、安価で簡単に実施できるウイルス診断法として普及している (榎間, 2017 a ; 2017 b)。改良 DIBA 法で使用する各種試薬や NCM シートのセットは県内の農業改良普及センターや JA に配布されているため、今回は既に配布されている改良 DIBA 法の試薬などをそのまま活用し、RanMMV を検出する改良 DIBA 法の確立を行った。

基本的な手法は榎間 (2017 a ; 2017 b) の手法に準じた。RanMMV の1次抗体は、市販されていないため、南九州大学で作製した。1次抗体となる抗血清の作製方法

表-3 改良 DIBA 法による RanMMV のウイルス調査結果 (2013年)

球根 使用年数	調査 株数	病徴の有無 (株数)		改良 DIBA 法で 陽性となった株数
1年目	20	有	11	11
		無	9	9
4年目	20	有	11	11
		無	9	9

については、河野・菅野 (2014) の手法を参照していただきたい。抗体液は、RanMMV の1次抗体 (抗組換え RanMMV-CP) を500倍希釈 (v/v) になるように希釈し、同液に2次抗体 (アルカリホスファターゼ標識抗ウサギヤギ抗体、ナカライテスク) が4,000倍 (v/v) に希釈されるように抗体希釈液を混合した。なお、前述した通り比色判定であるので、必ずポジティブコントロールとして感染株、ネガティブコントロールとして非感染株のサンプルをスポットし、同時に診断する必要がある。

本手法によって県内のラナンキュラス葉を調査した結果を表-3に示す。栽培経過年数1年目および4年目では、ウイルス症状を発症している株だけでなく、未発症感染株からもウイルスが検出できた。球根を採取する株を診断して、未発症感染株を排除することができる。

また、この改良 DIBA 法による診断にかかった時間は40検体分のスポットに約20分、その後の処理は1時間以内で完了した。改良 DIBA 法によるウイルス診断に要する時間は、検体数によってスポットにかかる時間が変わるものの、それを除けば1時間以内で判定することが可能である。また、NCM シートは1 cm × 1 cm 四方のサイズで1~5検体のスポットが可能であり、サイズを

調整することにより、1度に100検体以上を処理することも可能であることから、数多くの検体をウイルス診断するときに有効である。マニュアルでは既存の手法に併せ、チューブに入れた抗体液で少数の検体を診断する方法を紹介しているが、検体数が多く、チューブに入らない大きさのNCMシートで実施する場合は、ファスナー付きのビニール袋でも実施可能である。

おわりに

マニュアルには、効果的なウイルス診断法を記載したが、ウイルス診断を行う場合は、闇雲に診断するのではなく、目視により病徴が認められない株で診断実施することにより、不必要な作業や経費支出は抑えられる。ランキュラスの葉のモザイク症状は時期によって判別しにくくなる傾向があるため、ウイルス診断前の症状の目視確認は、宮崎県では症状が顕著に現れる11月から翌年の2月までに実施するのが望ましい。他の産地でも、同様にウイルス症状が判定しにくい時期があると思われる

ため、産地によってウイルス診断に適した時期は決定していく必要がある。今回、マニュアルに記載した二つのウイルス診断手法は、いずれも健全株の供給体制の構築に活用できる技術である。これらの手法の普及により、切り花の出荷量と品質が向上することで、国内外の需要の拡大に対応することができるようになることを期待したい。また、今回作成したマニュアルが、栄養繁殖性の品目が多い花き類全体におけるウイルス病対策の参考になれば幸甚である。

引用文献

- 1) HAYASHI, S. et al. (2018): Eur. J. Plant Pathol. **150**: 205~212.
- 2) 河野亜希子・菅野善明 (2014): 植物防疫 **68**: 668~672.
- 3) 榎間義幸 (2017 a): 九病虫研究会報 **63**: 1~7.
- 4) ——— (2017 b): 植物防疫 **71**: 735~739.
- 5) 中村 薫ら (2014): 園学研 **13**: 113~117.
- 6) 中村琢也・菅野善明 (2013): 日植病報 **79**: 73~74 (講演要旨).
- 7) 奥田 充ら (2001): 九病虫研究会報 **47**: 21~24.
- 8) SACCO, E. et al. (2018): Plant Pathology **67**: 1967~1976.
- 9) TURINA, M. et al. (2006): Phytopathology **96**: 560~566.

農林水産省プレスリリース (2020.6.6~2020.7.2)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。
<https://www.maff.go.jp/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3号」の発表について (20/6/10) /syouan/syokubo/200610.html
- ◆ 「最新農業技術・品種2020」の公表について (20/6/26) /kanbo/kihyo03/200626.html
- ◆ 「アグリビジネス創出フェア2020」で最新の研究成

- 果を紹介しませんか~出展者等の募集について~ (20/7/1) maff.go.jp/以下docs/press/200701.html
- ◆ 「令和2年度病害虫発生予報第4号」の発表について (20/7/1) /syouan/syokubo/200701.html

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-32

Corynespora 属菌による病害の発生生態と防除

茨城県農業総合センター園芸研究所 みやもと 宮 本 拓 也

はじめに

Corynespora 属菌には 100 を超える種が記録されており、基準種となる *Corynespora cassiicola* では 380 属 530 種以上の植物に寄生することが報告されている (SMITH et al., 2007)。*C. cassiicola* による病害が発生する作物のうち、世界的に被害が深刻なのは、パラゴムノキヤワタ、キュウリ、トマト、ダイズ等である。症状は主に葉や茎、果実、根に発生するが、最も一般的なのが葉での斑点性の病徴である。

本菌の形態的特徴 (ELLIS, 1957) として、分生胞子は単生ポロ型に形成され、孤生または連鎖する。無色または淡褐色の円筒形または倒棍棒形 (図-1) で、連鎖した分生胞子間には介在細胞 (isthmus) が認められる (図-2)。大きさは $40\sim 220 \times 9\sim 22 \mu\text{m}$ であり、4-20 の偽隔壁を有する。分生子柄は単一で直立し、淡褐色から褐色で、大きさは $110\sim 850 \times 4\sim 11 \mu\text{m}$ である。

本菌は比較的高温を好む傾向であり、 $25\sim 30^\circ\text{C}$ 付近を生育適温とする菌株が多い。ただし、同じ分離源であった場合でも適温がやや異なっている事例が見られる。DIXON et al. (2009) は rDNA-ITS など四つの遺伝子領域を結合して系統解析を行い、キュウリやトマト等からの分離菌株は分離された地域に関係なく複数の系統に分類されたが、その系統によって 23°C と 33°C 条件での生育が異なることを報告している。

様々な植物に寄生する本菌であるが、病原性の分化についていくつかの研究がなされている。例えば、SHIMOMOTO et al. (2010) は、様々な植物から分離した菌株をピーマン、ナス、トマト、キュウリ、シソで病原性を検討し、シソからの分離菌株はシソのみに、キュウリとニガウリからの分離菌株はキュウリのみに、ナスとピーマンからの分離株はナスとピーマン、そしてトマトに



図-1 *Corynespora cassiicola* (キュウリ褐斑病菌) の分生胞子
バーは $10 \mu\text{m}$ 。

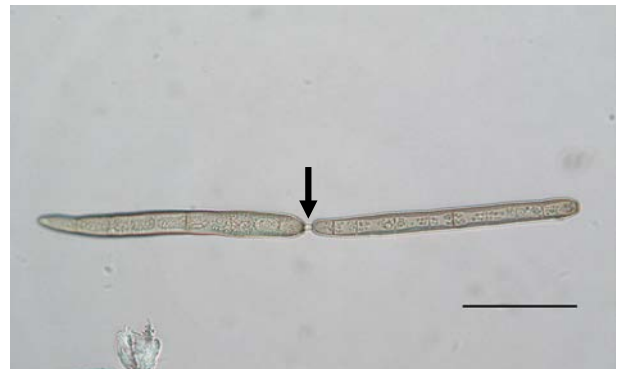


図-2 分生胞子間の介在細胞 (矢印)
バーは $10 \mu\text{m}$ 。

のみ病原性を示した。最近では、分子系統解析も盛んに行われており、これら寄生性との関連も述べられている (DIXON et al., 2009; SHIMOMOTO et al., 2010; SUMABAT et al., 2018)。

日本では *C. cassiicola* は 20 種の植物で病原菌として記録されている (日本植物病名データベース)。その中にはキュウリやトマト、ナス、レタスといった指定野菜のほか、シソやダイズ、ニガウリ、ハス、メロン等重要な作物も含まれている。本稿では *C. cassiicola* によって引き起こされる病害として茨城県でも大きな被害を引き起こすキュウリ褐斑病、トマト褐色輪紋病、ハス褐斑病

Ecology and Control of Plant Disease Caused by *Corynespora*.
By Takuya MIYAMOTO

(キーワード: *Corynespora* 属菌, *Corynespora cassiicola*, キュウリ褐斑病, トマト褐色輪紋病, ハス褐斑病)

について病徴や発生生態、防除法を述べる。

I キュウリ褐斑病

1 病徴と発生生態

本病は1913年に南部(1913)によって初めて報告された病害であり、その後もいくつかの報告はなされているが、1980年代に入って九州地方を中心に被害が顕在化した(挾間ら, 1987)。挾間ら(1987)は本病原菌の発生生態などを詳細に報告している。茨城県では1990年代後半ごろから本病の多発生が問題となった。自根やブルーム台木よりも発病が増加するブルームレス台木の利用(挾間ら, 1993a; 千葉・富田, 1996)に加え、この当時、主要となっていた穂木品種は概して本病に弱かったこと(宮本ら, 2006)がその要因と考えている。その後は、褐斑病に耐病性を有する品種の開発とその普及によって本病の発生は減少し、比較的落ち着いた状況である。最近の品種比較試験としては、山崎(2017)が報告しており、極光607など茨城県でも普及している品種の耐病性を明らかにしている。しかし、耐病性品種を導



図-3 キュウリ葉に発生した多数の褐斑病の小斑点



図-4 不整形病斑

入した場合でも化学農薬による予防的な防除は必須であり、それを怠った圃場では本病が多発生し、作を早めに切り上げるケースもある。また、全国的には褐斑病が引き続き問題となっている産地も多く、キュウリでの重要病害であることに変わりはない。

病徴は主に葉に発生し、はじめは薄く黄色いハローを伴った淡褐色で円形の小斑点(図-3)を生ずることが多い。病斑は次第に大型で不整形(図-4)となり、古くなると病斑の中央は破れやすくなる。やがて、複数の病斑が融合し、発生がひどい場合には葉が枯死する。多発生すると、図-5のように上位葉を残して葉が枯れあがり、収量に大きな影響を及ぼす。褐斑病菌の生育適温は28~30℃と比較的高温を好むが、本病の発病適温はこれよりもやや低い25℃程度である(挾間ら, 1987)。茨城県では促成栽培の2~3月以降、抑制栽培の9月以降に発生が増加する傾向である。

2 防除法

高温多湿条件は発生を助長するので、排水対策や換気を十分に行う。また、密植は避けるとともに、不要となった古葉は早めに取り除き、通風をよくする。さらに、適切な肥培管理に努めることも重要である。

発病葉については見つけ次第、可能な限り除去することが望ましい。また、作の終了時、キュウリ株は乾燥させてからハウス外に持ち出されることが多く、その際に乾燥した葉は細かく砕けて多くの破片がハウスに残され、次作での第一次伝染源となる。また発病葉に加えて、農業資材に付着した分生子も重要な伝染源になることが示されている(挾間ら, 1987; 宮本ら, 2007)。これらについては、手間はかかるが、罹病残渣のていねいな拾い取りや資材の洗浄が有効と考えられる。最近、カーバムナトリウム塩液剤(キルパー)が「前作のキュウリの褐斑病のまん延防止」を使用目的に、「前作の栽培終了



図-5 褐斑病の甚発生により葉が枯れ上がった様子

後から残渣撤去まで、ただし、は種または定植 15 日前まで」の使用時期で登録されている。本剤の効果について、本県では渡辺ら (2015) が報告している。さらにその翌年の試験により、農業資材や罹病葉での分生子への殺菌効果 (表-1) と、本剤処理の次作キュウリでの本病の発病抑制効果が再度確認された (図-6) (未発表)。今後、第一次伝染源の除去に活用されることが期待される。

また、上述した通り、化学農薬の予防的な散布処理は重要な防除対策となる。本病は初発後、急速にまん延することが多く、特に栽培の中後期以降の病勢進展は著しい。さらに治療効果を有する剤が少ないため、農薬は予防と発生初期に重点をおいて散布することが望ましい (宮本, 2011)。筆者らの試験では、マンゼブ水和剤 (ジマンダイセン水和剤) やフルジオキシニル水和剤 (セイビアーフロアブル 20) 等の効果が高かった (富田ら,

2008)。同様の結果は近藤 (2012) や舟久保・山口 (2014) によっても報告されている。ただし、抑制栽培のような発病進展が早い時期では、高い効果を有する剤でも効果持続期間は 7~10 日程度であるため (表-2)、これら薬剤の定期的な散布が重要である (富田ら, 2008)。なお、本病原菌は薬剤耐性菌の発生リスクが高く、ベンズイミダゾール系剤 (挾間, 1991) や QoI 剤 (伊達ら, 2004 a ; Ishii et al., 2007), SDHI 剤 (Miyamoto et al., 2009) 等に対する耐性菌が茨城県も含め各地で報告されている。農薬の作用機構分類 (RAC コード) に基づき、同一系統薬剤の連用を避けたローテーション散布を行うとともに、地域の耐性菌情報に応じて使用する薬剤にも注意を払う必要がある。

II トマト褐色輪紋病

1 病徴と発生生態

本病は 1985 年ごろから国内で発生が認められており、粕山ら (1992) が岡山県での事例を初めて報告した。その後、全国各地で発生を認め、最近では和歌山県で本病が多発生し、これによりトマトが大幅に減収したことが報告されている (菱池, 2017)。粕山・谷名 (2007) や尾松・牟田 (2005) によれば、症状は主に葉に発生し、茎や果実にも生ずる。葉では最初黄色の小斑点を生じ、次第に黄色のハローに取り囲まれた直径 5~10 mm の不規則な褐色輪紋状の病斑となる (図-7)。病勢の進展は早く、多発生すると下位葉から急激に枯れ上がる。また、葉柄に発生すると葉が折れやすくなる。茎では褐色楕円形、果実では黒色円形の病斑を形成する。がくには、はじめ小さな褐色斑点が生じ、次第に黒色や中心部が白色

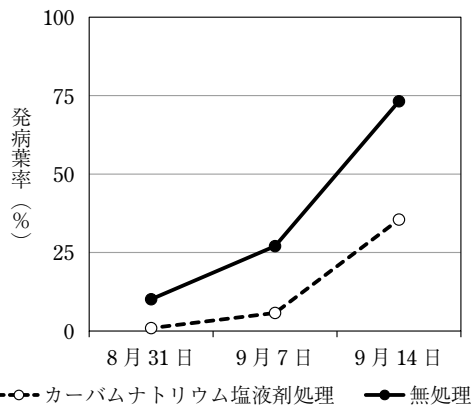


図-6 カーバムナトリウム塩液剤の処理の有無による次作キュウリ栽培における褐色輪紋病の発病率の推移
薬剤処理については表-1 参照。キュウリは 2015 年 8 月 21 日に定植し、褐色輪紋病の初発は 8 月 28 日であった。

表-1 カーバムナトリウム液剤の処理前後の直管パイプおよびキュウリ葉の褐色輪紋病病斑における分生子の発芽数の差異

供試薬剤	処理量 希釈倍数	直管パイプからの分生子数 (個)				病斑からの分生子数 (個)			
		処理前		処理後		処理前		処理後	
		調査数	発芽数	調査数	発芽数	調査数	発芽数	調査数	発芽数
カーバムナトリウム塩液剤	原液として 60 l/10 a	100.0	50.8	79.0	2.0	50.0	47.0	50.0	0.6
無処理	-	100.0	49.2	100.0	49.8	50.0	49.2	47.0	46.4

※処理には前作キュウリで褐色輪紋病を発生させたハウス 2 棟を用いた。ただし、1 棟は前作の栽培途中で線虫害による枯死が目立ったため、もう一棟から罹病株とその頭上に直管パイプを移設した。そのうちの一棟において、2015 年 7 月 27 日に、カーバムナトリウム塩液剤を 10 a 当たり原液 60 l 相当を 50 倍に希釈し、灌水ポンプを用いて株元の灌水チューブにより土壤中に灌注処理した。処理前にマルチを除去し、ハウス出入口等の隙間を目張りして密閉し、処理 7 日後に開放した。

※※薬剤処理 3 日前、処理後 (ハウス開放直後) に、キュウリ株頭上の誘引用直管パイプ (5 地点×各 2 箇所/区) および罹病葉上の病斑 (5 地点×各 1 病斑/区) よりセロハンテープにより褐色輪紋病菌の分生子を回収し、水滴を垂らしたスライドガラスに貼りつけた。その後、25℃ 2 日間暗黒下で発芽を促し、テープに付着した分生子 (直管パイプは 1 地点で最大 100 個、病斑は最大で 50 個) を観察し、発芽の有無を調査した。表中の結果は 5 地点の平均値。

表-2 各種薬剤の散布間隔の違いによるキュウリ褐斑病に対する防除効果の差異

試験年	供試薬剤	希釈倍数 (倍)	散布間隔	発病率 (%)	発病度	防除価
2005年	マンゼブ水和剤	600	10日	16.2	4.2	93
			14日	86.2	47.3	24
			無処理	-	94.7	62.5
2006年 ハウス1	フルジオキソニル水和剤	1,000	7日	48.9	16.1	84
			10日	72.4	23.2	76
			14日	95.3	54.6	44
	メパニピリム水和剤	2,000	7日	100.0	85.3	13
			10日	96.9	72.9	26
			14日	95.0	71.8	27
無処理	-	-	100.0	98.0	-	
2006年 ハウス2	TPN 水和剤	1,000	7日	86.7	31.4	64
			10日	90.7	38.4	56
			14日	98.2	43.6	50
	キャプタン水和剤	600	7日	95.6	43.6	50
			10日	87.8	59.1	32
			14日	100.0	61.8	29
無処理	-	-	99.6	86.9	-	

※試験概要

2005年…定植：8月9日，褐斑病の初発：8月20日，薬剤散布：10日間隔区では8月24日，9月2日，12日，14日間隔区では8月24日，9月7日，調査日：9月20日。

2006年（ハウス1および2）…定植：7月27日，褐斑病の初発：8月11日，薬剤散布：7日間隔区では8月16日，23日，30日，10日間隔区では8月16日，26日，14日間隔区では8月16日，30日，調査日：9月13日。

※※調査方法…各区5株3連制について，発病率および次式で発病度と防除価を算出した。

発病度 = $\{\sum(\text{発病指数} \times \text{発病指数別葉数}) / (4 \times \text{調査葉数})\} \times 100$ 。

(発病指数 0：発病なし，1：病斑がわずかに認められる，2：葉面積の1/4未満，3：1/4～1/2未満，4：葉面積の1/2以上)。

防除価 = $\{100 - (\text{薬剤処理区の平均発病度} / \text{無処理区の平均発病度})\} \times 100$ 。



図-7 トマト褐色輪紋病の褐色輪紋状の病斑

の病斑となり，商品性が損なわれる（図-8）。開花前などでがくに発生する場合には，花卉ごと枯死する（図-9）。粕山・谷名（2007）は，本菌は培地上では5～35℃で生育し，30℃が最適と報告している。発病については，伊達ら（2004b）は気温が20～30℃で雨天日が連続すると多発生しやすいことを報告している。

病原性の分化について，粕山ら（1992）はトマトからの分離菌株はトマトのほか，キュウリとナスにも病原性を示したと述べている。挟間ら（1993b）もトマト分離菌について，トマト，ナスのほか，キュウリへもわずかな病斑形成を認めている。また，SHIMOMOTO et al.（2010）はジーンバンクに保存されているトマト分離菌株には，ピーマンやナスへの病原性が異なるものがあることを示している。したがって，トマト褐色輪紋病菌には，様々な病原性分化を示すいくつかの系統が存在していることが推察される。



図-8 がくに発生した病斑



図-9 がくでの発生により花卉ごと枯死した病徴

2 防除法

排水対策や十分な換気、古葉や罹病葉の除去、適切な肥培管理についてはキュウリ褐斑病と同様である。また、菱池（2017）はトマト栽培時における農業用資材について、褐色輪紋病菌の分生子の付着とその発芽能の維持を確認しており、伝染源となりうることを報告している。そのため、資材再利用時の消毒の徹底が重要としている。

薬剤防除としては、各種薬剤の防除効果や薬剤耐性菌の発生事例はいくつか報告されている（佐々木ら，2004）が、現在の登録薬剤はTPN水和剤（ダコニール1000）のみである。佐々木ら（2004）や菱池（2017）によるとTPN水和剤の予防効果は高いとされている。現地では、他の病害対象に様々な農薬が散布されており、それらによる同時防除とTPNの効果で褐色輪紋病は適度に抑制できていると思われる。しかし、散発的に多発生する事例も見られることから、前作などの発生状況次第ではTPN水和剤の予防的な散布の徹底が必要である。

III ハス褐斑病

1 病徴と発生生態

茨城県では霞ヶ浦周辺を中心にレンコン（植物名はハス、食用部分はレンコンとして以下呼称する）の産地が広がり、その出荷量は全国の53%を占めるなど、全国一位の作付面積と出荷量を誇る。レンコン栽培ではレンコンネモグリセンチュウやイネネクイハムシ等、被害が問題となる虫害はいくつもあるが、病害は種類が少ない。徳島県など手堀りを行う産地では一度圃場を乾かすために腐敗病（*Fusarium oxysporum* f. sp. *nelumbicola*）の被害が深刻となっているが、本県の産地では水堀りを

行うために基本的に一年中湛水状態となっており、本病はあまり大きな問題とはならない。そのため、本県において防除上で最も重要な病害が褐斑病である。

ハス褐斑病は徳島県で柏木・田村（1973）によって報告されたのが最初である。柏木（1977）によれば、葉の表面に始め暗褐色の小斑点ができ、次第に拡大し直径5～20mmのやや角ばった、褐色から暗褐色の病斑となる。病斑の周辺は黄緑色で、病斑が古くなると内部に輪紋を生じ、中央に淡褐色の中心部ができる（図-10）。発病が激しい場合には葉が黄化して枯死する。同様の症状を引き起こす病害として褐紋病（*Alternaria nelumbii*）があり、両病害を症状で区別することは困難である。被害としては、褐紋病は散発的に薄く広く発生し、多発生したとしても局所的であることが多いが、褐斑病は広範囲に甚大な被害を及ぼすことが多く、このような点が両病害の違いとして挙げられる。

茨城県では一部でレンコン産地の中にキュウリの産地が混在している場合がある。上述したように一時期キュウリ褐斑病の多発生が問題となったため、両作物間での菌の往来が心配された。筆者はキュウリから分離した菌株について、ハス葉に対する無傷接種を行った結果、病原性を認めなかった（未発表）。また、柏木（1977）はハスからの分離菌株について他の多様な植物に対する病原性を調べており、菌叢の無傷接種においてソラマメ、キク、ギシギシに病斑を発生したが、キュウリなどの他の植物に対しては病原性を示さなかった。以上のことから、ハスとキュウリの各褐斑病について、病原菌の往来はないと考えられる。

褐斑病の被害はハウス栽培や谷津田での露地栽培での発生が多く、露地では二年堀り栽培（または床立ち栽培、



図-10 ハス褐斑病の病徴

春に植えたレンコンを当該年には収穫せず、翌年夏に通常よりも早く出荷する栽培方法)で目立って発生する。本病は前年の被害茎葉から春に分生胞子の飛散が始まり、高温多湿条件で多発生する。金磯・水口(1994)の結果は、ハウスからの分生胞子の飛散も隣接する露地栽培での発生に関係することを示唆している。そのハウス栽培では4~5月ごろ、露地では6月ごろから発生する。図-11は本病が多発生した2011年9月上旬に撮影された谷津田の二年堀り栽培の様子であり、茎葉の激しい枯死が見られる。この年は2011年3月に発生した東日本大震災とその後の原子力発電所の事故による影響で、レンコン出荷が制限され、掘り取りができなかった圃場が例年よりも多く残ってしまい、結果的に二年堀り栽培が増加した。二年堀り栽培は茎葉の繁茂が一年堀り栽培よりも早く高密度となるため、地域全体として茎葉が過繁茂となったことがこの年の多発生を招いた一因になったと考えている。

2 防除法

適切な肥培管理に努めるとともに、ハウス栽培では十分な換気を行うことが重要である。また、被害茎葉は重要な伝染源となるので、畦畔などに残さずにできるだけ圃場外に持ち出すか、水中に埋没する。ただ、このときに地下部も一緒に水中に戻すとレンコンネモグリセンチュウの被害を拡大させる恐れがある(高木ら, 2017)。しかし、地上部と地下部を分けて処理することは現実的ではない。ハウス栽培や二年堀り栽培のようなレンコンが肥大後期~直後に収穫する作型では線虫害の発生はそれほど深刻ではない(高木ら, 2017)ため、被害残渣の処理については、褐斑病と線虫対策について一年堀り栽培とは分けて考える必要がある。

農薬としてはチオファネートメチルがトップジン M



図-11 褐斑病の甚発生によりほとんどの葉が枯れ上がった圃場

水和剤、ゾル、粉剤 DLとして登録されている。ハウス栽培では3~4月ごろ、露地では6月の梅雨入り前後に予防的に処理することが重要であり、畦畔から処理する場合はレンコン田の中央部もできるだけ届くように行う。

おわりに

*C. cassiicola*については、本稿で挙げた病害のほかに、日本ではシソ斑点病やトウガラシ・ピーマン黒枯病、ナス黒枯病等も経済的な被害も大きい。上述したように*C. cassiicola*は比較的高温を好む病原菌である。近年は春~秋にかけて比較的温度が高く推移する年も多く、夏季の極端な高温は本病の発生を抑制するものの、その前後では本病の好適時期が長くなっている印象がある。そのため今後は本菌による被害が各作物でさらに増加することも懸念される。引き続き、本菌による病害の発生生態や防除対策について、知見を蓄積していくことが重要である。

引用文献

- 1) 千葉恒夫・富田恭範(1996):茨城農総七園研研報 4:29~34.
- 2) 伊達寛敬ら(2004 a):日植病報 70:10~13.
- 3) ———ら(2004 b):岡山農試研報 22:49~52.
- 4) Dixon, L. J. et al. (2009):Phytopathology 99:1015~1027.
- 5) Ellis, M. B. (1957):Mycological Papers 65:1~5.
- 6) 舟久保太一・山口優子(2014):山梨総農七研報 7:17~23.
- 7) 挟間 渉ら(1987):大分農試七研報 17:43~76.
- 8) ———(1991):日植病報 57:319~325.
- 9) ———ら(1993 a):同上 59:243~248.
- 10) ———ら(1993 b):九農研 55:83.
- 11) 菱池政志(2017):植物防疫 71:672~674.
- 12) Ishii, H. et al. (2007):Phytopathology 97:1458~1466.
- 13) 金磯泰雄・水口晶子(1994):徳島農試研報 30:25~31.
- 14) 柏木弥太郎・田村礼二(1973):日植病報 39:202(講要).
- 15) ———(1977):徳島農試研報 15:21~32.
- 16) 柏山新二ら(1992):日植病報 58:544(講要).
- 17) ———・谷名光治(2007):岡山農試研報 25:85~88.
- 18) 近藤 誠(2012):北日本病虫研報 63:57~59.
- 19) 宮本拓也ら(2006):日植病報 72:236~237(講要).
- 20) ———ら(2007):関東東山病虫研報 54:9~12.

- 21) MIYAMOTO, T. et al. (2009): Plant Pathol. **58**: 1144~1151.
 22) 宮本拓也 (2011): 植物防疫 **65**: 23~27.
 23) 南部信方 (1913): 園芸之友 **9**: 827.
 24) 尾松直志・牟田辰朗 (2005): 九農研 **67**: 69.
 25) 佐々木静江ら (2004): 岡山農試研報 **22**: 53~58.
 26) SHIMOMOTO, Y. et al. (2010): Plant Pathol. **60**: 253~260.
 27) SMITH, L. J. et al. (2007): Acta Hort. **808**: 51~56.
 28) SUMABAT, L. G. et al. (2018): Phytopathology **108**: 892~901.
 29) 高木素紀ら (2017): 植物防疫 **71**: 760~766.
 30) 富田恭範ら (2008): EBC 研究会誌 **4**: 18~25.
 31) 渡辺賢太ら (2015): 日植病報 **81**: 253~254 (講要).
 32) 山崎睦子 (2017): 高知農技七研報 **26**: 15~24.

新しく登録された農薬 (2020.6.1~6.30)

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

〔殺菌剤〕

●メチルテトラプロール水和剤

24397：ムケツフロアブル（住友化学）20/6/18

メチルテトラプロール：35.0%

りんご：黒星病，黒点病，斑点落葉病，すす点病，炭疽病：収穫前日まで

てんさい：褐斑病：収穫前日まで

茶：輪斑病，炭疽病，新梢枯死症：摘採 14 日前まで

●ペンチオピラド水和剤

24400：メレサイド顆粒水和剤（三井化学アグロ）20/6/30

ペンチオピラド：50.0%

小麦：赤さび病：収穫 14 日前まで

〔除草剤〕

●ベントザン粒剤

24395：バサグラン・エア-1キログラム粒剤（BASF ジャパン）
20/6/10

ベントザン：33.0%

移植水稻：一年生雑草（イネ科を除く），マツバイ，ホ

タルイ，ヘラオモダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，クログワイ，オモダカ

●フルボキサム・フルルプリミドール粒剤

24396：フィールドセイバー粒剤（日本農薬）20/6/10

フルボキサム：0.50%

フルルプリミドール：1.2%

樹木等：一年生雑草，多年生雑草，クズ

●ピロキサスルホン水和剤

24398：プロシード顆粒水和剤（クミアイ化学）20/6/30

ピロキサスルホン：50.0%

だいず：一年生雑草

えだまめ：一年生雑草

とうもろこし：一年生雑草

飼料用とうもろこし：一年生雑草

たまねぎ：一年生雑草

●ピロキサスルホン水和剤

24399：アルガット顆粒水和剤（理研グリーン）20/6/30

ピロキサスルホン：50.0%

小麦：スズメノカタビラ，一年生広葉雑草

植 物
防 疫
講 座

農薬編-31

脱皮阻害剤 ハエ目昆虫

—シロマジン—

シンジェンタジャパン株式会社 おがさわら 小 笠 原 ひろ 宏 み 実

はじめに

クロープライフインターナショナル (CropLife International, 世界農薬工業連盟) の元に設立された IRAC (Insecticide Action Committee, 殺虫剤抵抗性対策委員会) による作用機構に基づく分類が、世界的に用いられるようになってきている。この作用機構分類の生育や発達を標的にするグループの中には、幼若ホルモン (JH) 類似剤 (グループ7), ダニ類成長阻害剤 (グループ10), キチン生合成阻害剤-タイプ0 (グループ15), キチン生合成阻害剤-タイプ-1 (グループ16), 脱皮阻害剤 ハエ目害虫 (グループ17), 脱皮ホルモン (エクジソン) 受容体アゴニスト (グループ18), アセチル CoA カルボキシラーゼ阻害剤 (グループ23) がある。これらの生育や発達を標的にするグループは、昆虫やダニの幼虫の脱皮や変態を阻害することから、昆虫成長制御剤 (IGR, Insect Growth Regulator) と呼ばれている。

本稿では、グループ17の脱皮阻害剤 ハエ目昆虫

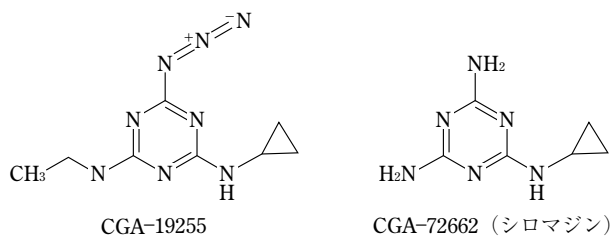


図-1 トリアジン系化合物, CGA-19255 とシロマジンの化学構造

(表-1, 農薬工業会, 2019) に属するシロマジンについて解説する。

I 開発の経緯

チバガイギー社 (現シンジェンタ社) は、トリアジン系化合物の長年に渡る研究成果から、ハエ目昆虫に対して特異的に高い活性を示す 2-アジド-4-シクロプロピルアミノ-6-エチルアミノ-s-トリアジン (CGA-19255) を見いだした。その後、この化合物を混ぜた飼料を餌としてニワトリに与え、鶏糞に発生するハエ幼虫 (ウジ) を駆除する研究が行われた。この過程でニワトリ糞中により殺虫活性の高い主要代謝物, CGA-72662 (シロマジン) を発見した (MILLER and CORLY, 1981)。CGA-72662 は1976年にスイス国での特許権成立を経て、一般名をシロマジンとして農業分野では食葉性ハエ目昆虫の、畜産分野では食糞性ハエ目昆虫の防除薬として開発が進められた。

当時、米国においてマメハモグリバエ (*Liriomyza trifolii*) による農作物および花き類への被害が深刻化しており、1960年代後半からカリフォルニア州において花き類を中心に果菜、葉菜類等も含めた農作物被害が拡大し、特に深刻であったキク栽培では約9,000万ドルの経済的損失があったと報告されている (NEWMAN and PARRELLA, 1986)。その後マメハモグリバエの被害は切り花を始め、農作物の移動に伴って米国各州に広がった。既存殺虫剤の連用により抵抗性を獲得したマメハモグリ

表-1 日本における農業用殺虫剤の作用機構 (一部抜粋, 改変)

主要グループと一次作用部位	サブグループ あるいは代表的有効成分	有効成分	農薬名の例 (剤型省略)	標的 生理機能
17. 脱皮阻害剤 ハエ目昆虫成長制御	17 シロマジン	シロマジン	トリガード	生育および 発達

Review of Moulting Disruptor, Dipteran : Cyromazine Acting as a Moulter Disrupter with an Inhibitory Effect on the Development of Immature Diptera. By Hiromi OGASAWARA

(キーワード: 昆虫成長制御剤, シロマジン, ハエ目, 殺虫剤, 脱皮阻害剤)

バエに対し有効な防除手段が少なく、さらなるまん延を憂慮した米国政府は、緊急措置として1983年にシロマジンの農作物への使用を部分的に認めた。その後、安全性評価を経て、正式に1985年に米国で農薬登録された。

花き類を始めとした作物の輸出によってマメハモグリバエは世界中に分布域を広げた。1970年初頭からわずか10年余りで北米大陸ではカナダのオンタリオ州、南米大陸のベネズエラ、ガイアナまで生息分布を広げ、ヨーロッパ大陸では英国、オランダ、フランス、さらに地中海を越えてアフリカ大陸のケニア、そしてイスラエルを始めとするアジア地域にも分布を広げた。マメハモグリバエに卓効を示すシロマジンの農薬登録は各国で進み、TRIGARD[®]、PATRON[®]、CITATION[®]、ARMOR[®]等の商品名で、今日では世界50か国以上で使用されている。一方、日本においてマメハモグリバエは1949年に同定・飼育された報告があるが(SASAKAWA, 1961)、当時はまだ農業害虫と認識されておらず、1970年代には畜産分野での開発が先行し、シロマジンを有効成分とするネボレックス[®]が衛生害虫(ハエ幼虫)の防除薬剤として1989年に登録、商品化された。

農薬として開発が進められたのは1990年代に入ってからであった。当時、静岡県西部でマメハモグリバエがきく、ガーベラなどの花き類に大発生し深刻な被害を与えているとの報告があり、これを契機に農業分野での開発が進められることとなった。CG-177水和剤として日本植物防疫協会を通じて、きくおよびガーベラのマメハモグリバエに対する防除試験が実施され、1996年にトリガード[®]水和剤(シロマジン14%)がきく、ガーベラなど非食用作物に農薬登録された。その後、トマト、メロン等の食用作物についても登録が進められた。このとき、問題となっていたトリガード水和剤の散布による葉の汚れを解消するため剤型を液剤に変更し、1999年にトリガード[®]液剤(シロマジン8.7%)としてトマト、なす、かぼちゃ、メロン、花き類等において農薬登録された。

II 作用機構

シロマジンのハエ目昆虫に対する作用は、主に幼虫の脱皮阻害と前蛹および蛹の変態阻害として現れる。卵、成虫に対する直接的な作用は認められていないが、シロマジンを経口摂取した雌成虫による産卵数の減少、産下された卵のふ化率の低下、およびふ化後幼虫の蛹化率の低下が報告されている(MORENO et al., 1994; BUIDA and VINUELA, 1996)(図-2)。

シロマジンを処理されたハエ目昆虫の蛹の体長は正常な個体に比べやや長く、蛹化が不完全となり外皮に幼虫

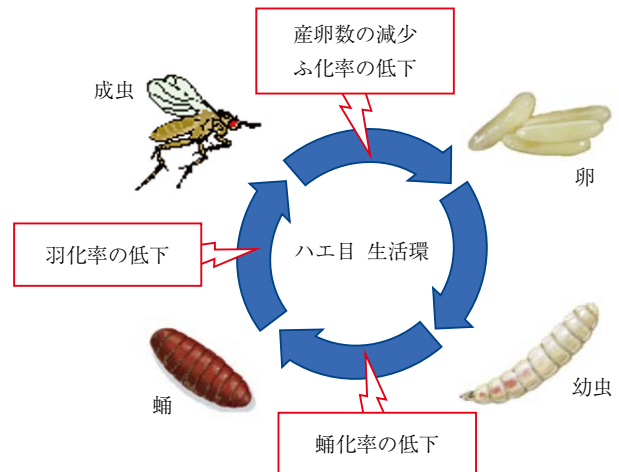


図-2 ハエ目昆虫の生活環におけるシロマジンの作用点

の組織を残した状態で死亡する。このような現象はチョウ目であるタバコスズメガ *Manduca sexta* においても確認されている(HUGHES et al., 1989; ROOT and DAUTERMAN, 1996)。このようなシロマジン処理をした幼虫のクチクラ(表皮)は正常な個体に比べ弾力性を失い、伸縮性に乏しいことが報告されている(REYNOLDS and BLAKEY, 1989; KOTZE and REYNOLDS, 1990)。加えてメラニン集積によるクチクラの黒色化や黒色斑点を呈する現象が観察されている(BINNINGTON, 1985; FRIEDEL et al., 1988)。

本剤の効果発現は現象面においてベンゾイル尿素系のキチン合成阻害剤に類似しているが、s-トリアジン構造を有する本剤はキチン合成酵素や表皮タンパク質合成酵素と相互作用しないことが報告されている(BINNINGTON and RATNAKARAN, 1991)。本剤の作用機構について、このほかにシロマジンのアミノ酸生合成代謝関連酵素への関与や、メラニン生合成とクチクラ形成において重要な基質であるチロシン代謝経路との相互作用など、多くの生化学的または遺伝学的アプローチが試みられたが、作用機構の解明には至っていない(EL-OSSHAR et al., 1985; GEHRET et al., 1986; BINNINGTON et al., 1987; HOPKINS and KRAMER, 1991; KRISTINSON, 1994; ANDERSEN et al., 1996; WILLSON, 1997; FITZPATRICK, 1999; BELL et al., 2000)。

III 作用特性

シロマジンハモグリバエ類、キノコバエ類、タネバエ・タマネギバエ類等のハエ目昆虫に対して特異的に高い活性を示す。そのほかにも *Dacus* 属や、*Ceratitis* 属等の各種ミバエ類に対する高い防除効果が確認されている。また、上述したハエ目近縁種だけでなく、ばれいしょの重要害虫であるコウチュウ目のコロラドハムシ(*Leptinotarsa decemlineata*)や、チョウ目のトマトキバ

ガ (*Tuta absoluta*) に対して防除効果を示すことが確認され、海外で実用化されている。また、副次効果としてナミハダニに対して密度抑制効果を示すことが報告されている (CHILDERS et al., 1999)。

シロマジンは IGR であることからやや遅効的に作用するが、幼虫期間の短いハエ目昆虫では比較的短期間で防除効果が認められる。シロマジンはハエ目昆虫に対して経皮毒性も示すが、殺虫効果には経口毒性が主に寄与すると考えられている。

シロマジンは高い浸透移行性を有し、散布後、茎葉部から植物体内に取り込まれ、葉裏に寄生する害虫や葉の内部に食入した害虫にも高い殺虫効果を示す。速やかに植物体内に取り込まれることから耐雨性にも優れる。物理化学的性状 (表-2) に示すようにシロマジンは比較的水溶解性が高く、植物の根部からも吸収される。根部より吸収されたシロマジンは木部組織内を求頂的に移行し、処理後に展開した新葉においても対象害虫に対して

防除効果を示す。これらの特性を利用して土壌灌注による処理方法も実用化されている。土壌中では比較的速やかに分解され (DT₅₀: 32 日未満)、土壌残留リスクは低い。本剤の蒸気圧は低く、ガス化による防除効果は認められない。

シロマジンは人畜、生活環境動植物、鳥類、ミツバチに対する毒性は低い。前述の通り土壌半減期も短いことから、環境に対して安全性の高い化合物といえる。また、天敵などに対するシロマジンの影響は少なく (表-3)、総合的病害虫防除管理 (IPM, Integrated Pest Management) に適合した化合物といえる。

IV 抵抗性の現状

1 国内の抵抗性事例

本剤は、主に果菜類・花き類等でハモグリバエ類およびキノコバエ類を対象として使用されている。国内において、農業害虫として問題となるハモグリバエは、*Liriomyza* 属のマメハモグリバエ *L. trifoli*、ナスハモグリバエ *L. bryoniae*、トマトハモグリバエ *L. sativae* および、ネギハモグリバエ *L. chinensis*、ならびに *Chromatomyia* 属のナモグリバエ *C. horticola* の 5 種である。いずれの種においても複数の系統の薬剤に対して感受性の低下が報告されているが (西東ら, 1988; 徳丸・岡留, 2004; SAITO, 2004; 徳丸・山下, 2004; 太田ら, 2005; 徳丸ら, 2005)、シロマジンについては、初回農薬登録以後 20 年以上経過する今日においても感受性の低下は報告されて

表-2 シロマジンの物理化学的性状

分子量	166.19
外観	無色結晶
比重	1.35 g/m ³ (20℃)
蒸気圧	4.48 × 10 ⁻⁷ Pa (25℃)
水溶解度	1,300 mg/l (pH 7.1, 25℃)
分配計数	Log Pow = -0.061 (pH 7.0, 25℃)

表-3 シロマジンの天敵昆虫などに対する影響

マルハナバチ			シヨクガタマバエ			コレマン アブラバチ			ミヤコカブリダニ			チリカブリダニ			ククメリス カブリダニ			スワルスキー カブリダニ		
<i>Bombus spp.</i>			<i>Aphidoletes aphidimyza</i>			<i>Aphidius colemani</i>			<i>Nooseiulus californicus</i>			<i>Phytoseiulus persimilis</i>			<i>Amblyseius cucumeris</i>			<i>Amblyseius swirskii</i>		
巢	-	残効	幼虫	成虫	残効	マミー	成虫	残効	卵	成虫	残効	卵	成虫	残効	卵	成虫	残効	卵	成虫	残効
○	-	1	-	◎	0	◎	◎	-	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	-	-	-
タイリク ヒメハナカメムシ			アリガタ シマアザミウマ			オンシツ ツヤコバチ			サバク ツヤコバチ			イサエア ヒメコバチ			ハモグリ マユコバチ			クサカゲロウ類		
<i>Orius strigicollis</i>			<i>Franklinothrips vespiformis</i>			<i>Encarsia formosa</i>			<i>Eretmocerus eremicus</i>			<i>Diglyphus isaea</i>			<i>Dacnusa sibirica</i>			<i>Chrysopa spp.</i>		
幼虫	成虫	残効	幼虫	成虫	残効	蛹	成虫	残効	蛹	成虫	残効	蛹	成虫	残効	蛹	成虫	残効	幼虫	成虫	残効
-	◎	-	-	-	-	○	○	0	◎	◎	0	◎	◎	0	◎	◎	0	×	×	-
ヨトウ タマゴバチ類			ミドリヒメ			ネマトーダ類			ボーベリア バシアーナ			バーティシリウム レカニ			バチルス ズブチリス			エルビニア カルトポーラ		
<i>Trichogramma spp.</i>			<i>Neochrysocharis formosa</i>			<i>Nematode</i>			<i>Beauveria bassiana</i>			<i>Verticillium lecanii</i>			<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Erwinia carotovora</i>		
蛹	成虫	残効	成虫	幼虫	-	残効	分生子	孢子	芽胞	菌										
-	◎	-	◎	◎	-	0	-	◎	◎	◎										

いない。

2 海外の抵抗性事例

海外においては、米国カリフォルニア州で花き類のきく、ガーベラ、食用作物ではセルリーで採取された個体群においてシロマジン抵抗性が報告されている (FERGUSON, 2004)。しかし、興味深いことにこれらの報告された個体群のR/S比は8.2~88と小~中程度にとどまっている。さらに、シロマジン非選択圧下の室内飼育により5~16世代を経ることで感受性が回復することが報告されており、感受性の低下は比較的不安定な性質と考えられている (FERGUSON, 2004)。また、これらの抵抗性個体群はアバメクチン (IRACコード6)、スピノサド (IRACコード5)、ブプロフェジン (IRACコード15) に対する抵抗性を獲得していたが、シロマジンの抵抗性とこれらの化合物に対する抵抗性は交差しないことが報告されている (FERGUSON, 2004)。

なお、衛生害虫においては米国、ブラジル、英国等のイエバエ *Musca domestica* や、オーストラリアのヒツジキンバエ *Lucilia cuprina* でシロマジンに対する感受性低下の事例が報告されている。

おわりに

シロマジンは、その作用機構は未だ明らかになっていないが、IRAC作用機構分類においてグループ17に分類されている唯一の有効成分である。ハエ目昆虫に特異的に高い活性を示し、ハモグリバエ類の主要天敵である在来の寄生蜂をはじめ、その他天敵にも影響が少ない。環境負荷低減やIPMの考え方が重要視される昨今、本剤が将来の日本農業発展の一助となれば幸いである。

引用文献

- 1) ANDERSEN, S. O. et al. (1996): *Comp. Biochem. Physiol.* **11B**: 689~705.
- 2) BELL, Y. (2000): *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **45**: 69~78.
- 3) BINNINGTON, K. C. (1985): *Tissue & Cell* **17**(1): 131~140.
- 4) ——— (1987): *Pesticide and Biochemical. Physiology* **27**: 201~210.
- 5) ——— and A. RETNAKARAN (1991): *Physiology of the insect epidermis*, CSIRO Pub., Melbourne, p.307~334.
- 6) BUDIA, F. and E. VINUELA (1996): *Experimental and Applied Acarology* **84**(5): 1540~1543.
- 7) CHILDERS, C. C. et al. (1999): *ibid.* **23**: 771~783.
- 8) EL-OSHER, M. A. et al. (1985): *ibid.* **78**: 1203~1207.
- 9) FERGUSON, J. S. (2004): *Journal of Economic Entomology* **97**(1): 112~119.
- 10) FITZPATRICK, P. F. (1999): *Annu. Rev. Biochem.* **68**: 355~381.
- 11) FRIEDEL, T. et al. (1988): *Pesticide Bio. and Physiology* **31**(1): 99~107.
- 12) GEHRET, J. C. et al. (1986): *Abstract of Sixth International Congress of Parasitology, Brisbane*, p.93.
- 13) HOPKINS, T. L. and K. J. KRAMER (1991): *Physiology of the insect epidermis*, CSIRO, Melbourne, p.213~239.
- 14) HUGHES, P. B. et al. (1989): *Journal of Economic Entomology* **82**(1): 45~51.
- 15) KRISTINSON, H. (1994): *Eight International Congress of Pesticide Chemistry, Washington*.
- 16) KOTZE, A. C. and S. E. REYNOLDS (1990): *Pesticide Bio. and Physiology* **38**(3): 267~272.
- 17) MILLER, R. W. and C. CORLEY (1981): *Southwestern Entomologist* **5**(3): 144~148.
- 18) MORENO, S. D. et al. (1994): *Journal of Economic Entomology* **87**(1): 202~211.
- 19) NEWMAN, J. P. and P. PARRELLA (1986): *Greenhouse Manage* **5**(3): 86~92.
- 20) 農業工業会 (2019): 日本における農業用殺虫剤の作用機構, https://www.jcpa.or.jp/lab0/pdf/2019/mechanism_irac03.pdf
- 21) 太田 泉ら (2005): *関西病害虫研報* **47**: 21~24.
- 22) REYNOLDS, S. E. and J. K. BLAKEY (1989): *Pesticide Bio. and Physiology* **35**(3): 251~258.
- 23) ROOT, D. S. and W. C. DAUTERMAN (1996): *Experimental and Applied Acarology* **89**(5): 1074~1079.
- 24) 西東 力ら (1988): *関東病虫研報* **35**: 168~170.
- 25) SAITO, T. (2004): *Appl. Entomol. Zool.* **39**: 203~208.
- 26) SASAKAWA, M. (1961): *A Study of the Japanese Agromyzidae* **2**(3): 307~472.
- 27) 徳丸 晋・岡留和伸 (2004): *関西病害虫研報* **46**: 23~27.
- 28) 徳丸 晋・山下幸司 (2004): 同上 **46**: 91~94.
- 29) 徳丸 晋ら (2005): 同上 **47**: 9~13.
- 30) WILSON, Th. (1997): *Journal of Economic Entomology* **90**: 1163~1169.

新農薬の紹介

殺菌剤インピルフルキサム（カナメ[®]フロアブル）の特長

住友化学株式会社 くら はし まこと
倉 橋 真

はじめに

インピルフルキサムは、住友化学によって開発されたピラゾール-4-カルボキサミドと呼ばれる化学グループ（FRACによる分類）に属する化合物である。本化合物は、農業上重要な植物病原糸状菌の多くに抗菌活性を示し、なかでも担子菌門（リゾクトニア菌・白絹病菌等）、および子のう菌門のクロイボタケ綱（リング黒星病菌等）とズキンタケ綱（菌核病菌等）に属する菌種に対し高い抗菌活性を示す（表-1）（渡邊ら，2020）。

インピルフルキサムを有効成分（37%）とするカナメ[®]フロアブルは、試験番号 S-2399 40SC として 2014 年より一般社団法人日本植物防疫協会への委託による実用化試験を開始し、2019 年 9 月にりんご、なし、もも等の果樹、およびねぎ、たまねぎ、きく等各種作物に対し農薬登録を取得した（農薬登録番号 第 24265 号，表-2）。

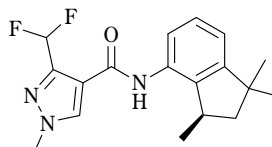
I 有効成分と物理化学的性状

一般名：インピルフルキサム（inpyrfluxam）

CAS 登録番号：1352994-67-2

化学名（IUPAC）：3-(ジフルオロメチル)-N-[(R)-2,3-ジヒドロ 1,1,3-トリメチル-1H-インデン-4-イル]-1-メチルピラゾール-4-カルボキサミド

構造式：



分子式：C₁₈H₂₁F₂N₃O

分子量：333.4

水溶解度：16.4 mg/l (20℃)

オクタノール/水分配係数（log Pow）：3.65 (25℃)

蒸気圧：3.8 × 10⁻⁸ Pa (20℃) 1.2 × 10⁻⁷ Pa (25℃)

商品名：カナメ[®]フロアブル

農薬登録番号：第 24265 号

農薬の種類：インピルフルキサム水和剤

有効成分の含有量：インピルフルキサム 37.0%

人畜毒性：医薬用外劇物

表-1 インピルフルキサムの菌糸生育阻害活性

界	綱	種	EC ₅₀ (mg/l)		
子のう菌門 (Ascomycota)	クロイボタケ綱 (Dothideomycetes)	<i>Venturia inaequaris</i>	0.0011		
	ズキンタケ綱 (Leotiomycetes)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	0.015		
担子菌門 (Basidiomycota)	ハラタケ綱 (Agaricomycetes)	<i>Rhizoctonia solani</i> (AG1)	0.00077		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG2-1)	0.0061		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG2-2IIIB)	0.0018		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG2-2IV)	0.0029		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG3)	0.0093		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG4)	0.00089		
		<i>Rhizoctonia solani</i> (AG5)	0.0014		
		<i>Sclerotium rolfsii</i>	0.0046		
		クロボキン綱 (Ustilaginomycetes)		<i>Ustilago maydis</i>	0.00027

Properties of Inpyrfluxam, a Novel Fungicide. By Makoto KURAHASHI

(キーワード：殺菌剤，SDHI，担子菌病害，黒星病，カナメ[®]フロアブル，インピルフルキサム)

表-2 カナメ®フロアブルの登録内容（2020年4月8日現在、抜粋）

作物名	適用病害名	希釈倍数 (倍)	使用液量 (l/10 a)	使用時期	本剤の 使用回数	使用方法	インピルフルキサムを 含む農薬の総使用回数		
豆類 (種実, ただし, らっかせいを除く)	菌核病 灰色かび病	4,000	100~300	収穫前日まで	4回以内	散布	4回以内		
たまねぎ	灰色かび病 小菌核病								
ねぎ	灰色腐敗病	4,000~8,000							
	さび病 白絹病								
豆類 (未成熟)	菌核病 灰色かび病	4,000				株元散布			
かんきつ	灰色かび病	4,000~8,000	200~700		3回以内	散布	3回以内		
	そうか病	4,000							
りんご	黒星病 うどんこ病 モニリア病 褐斑病 黒点病 すす点病 すす斑病 斑点落葉病								
	なし							黒星病 赤星病	4,000~8,000
								黒斑病	4,000
	もも	灰星病		4,000~8,000					
黒星病		4,000							
ネクタリン	灰星病	4,000~8,000							
ぶどう	黒とう病 さび病 うどんこ病 褐斑病	4,000							
	灰色かび病	4,000~8,000							
かき	うどんこ病	4,000							
さく	白さび病	4,000~8,000	100~300	発病初期					
麦類	雪腐小粒菌核病	2,000~4,000	60~150	根雪前	2回以内		4回以内 (根雪前は2回以内, 根雪後は2回以内)		
	赤さび病	4,000~8,000		収穫7日前まで					
	うどんこ病	4,000							
ばれいしょ	黒あざ病	400	-	植付前	1回	種いも瞬間浸漬	1回		

II インピルフルキサムの作用機作

インピルフルキサムは、植物病原糸状菌のミトコンドリアにおける電子伝達系複合体IIのコハク酸脱水素酵素の働きを阻害する。FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) による作用機構分類でC:呼吸, SDHI

(Succinate Dehydrogenase Inhibitors, FRACコード:7) に含まれる。

Ⅲ インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）の作用特性

1 殺菌スペクトル

インピルフルキサムは幅広い殺菌スペクトルを有するが、その中でも担子菌門および子のう菌門のクロイボタケ綱とズキンタケ綱に属する菌に対し特に高い活性を有する。例えば担子菌門に属する *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Ustilago maydis* に対し培地上で強い菌糸生育阻害活性が認められた（表-1）ほか、ポットや圃場での試験で、赤星病 *Gymnosporangium asiaticum* やネギさび病 *Puccinia allii* に対し高い防除効果を示した。子のう菌門クロイボタケ綱では、リンゴ黒星病 *Venturia inaequaris*, リンゴ斑点落葉病 *Alternaria alternata* に対し、ズキンタケ綱では菌核病 *Sclerotinia sclerotiorum*, モモ灰星病 *Monilinia fructicola*, リンゴうどんこ病 *Podosphaera leucotricha* 等の病害や病原菌に対して高い防除効果や強い殺菌活性が確認されている。

2 作用特性

(1) 予防効果

リンゴ黒星病のポット苗を用いた接種試験において、カナメ®フロアブル 4,000 倍（インピルフルキサム 100 ppm）を感染前に散布した場合、発病が認められず高い防除効果を示した（図-1）。

(2) 感染初期の発病抑制効果

リンゴ黒星病菌を接種して感染させたリンゴポット苗

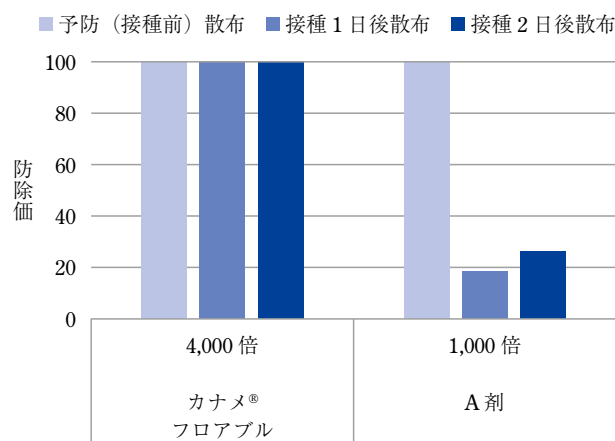


図-1 リンゴ黒星病に対する予防効果および潜伏期の発病抑制効果（ポット試験）

散布：スプレーガンにて十分量散布。各区 4 ポット反復。
接種：接種 2 日前（予防），接種 1 日後，または 2 日後にリンゴ黒星病菌胞子懸濁液を噴霧し 15℃ 下で保湿。
評価：接種 14～16 日後，遠観にて対象葉の発病面積率を調査し無散布区との比較により各処理区での防除価を算出。

（発病前）にカナメ®フロアブル 4,000 倍を散布した場合、発病が認められず高い防除効果を示した。このことから、インピルフルキサムは病原菌の潜伏期間初期（感染数日後）に病気の進展を抑制できると考えられた（図-1）。

(3) 葉表から葉裏への浸達性

リンゴ葉を用いた浸達性試験において、リンゴ黒星病菌を葉表に接種し、葉裏へカナメ®フロアブル 4,000 倍を散布した結果、接種部位に発病は認められず高い防除効果を示した。インピルフルキサムは処理後速やかに葉内に取り込まれ、薬剤が散布されていない面にも移行すると考えられた（図-2）。

(4) 浸透移行性

¹⁴C 標識インピルフルキサムをリンゴの葉基部に塗り付け処理し、オートラジオグラフにて標識体の動態を調べた結果、処理 4 日後に葉の先端で標識体が検出され、インピルフルキサムは浸透移行性を有することが確認された（図-3）（渡邊ら，2020）。また、カナメ®フロアブル 4,000 倍をリンゴ葉柄へ塗り付けた場合、葉面全体にリンゴ黒星病の発病は認められなかった（図-4）。

(5) 耐雨性

リンゴポット苗にカナメ®フロアブル 4,000 倍を散布し、2 時間後に、合計 30～60 mm（30 mm/時間×1 時間～2 時間）の人工降雨処理した後にリンゴ黒星病菌を接種した結果、高い防除効果が認められた（図-5）。

(6) 残効性

ナシ黒星病・赤星病圃場試験において、カナメ®フロ

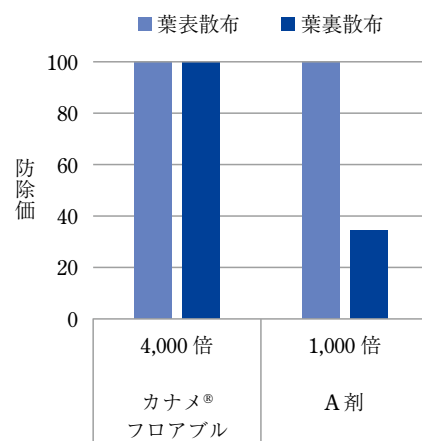


図-2 リンゴ黒星病に対する葉表から葉裏への浸達効果（ポット試験）

散布：スプレーガンにて十分量散布。各区 4 ポット反復。
接種：接種 2 日前（予防），接種 1 日後，または 2 日後にリンゴ黒星病菌胞子懸濁液を噴霧し 15℃ 下で保湿。
評価：接種 14～16 日後，遠観にて対象葉の発病面積率を調査し無散布区との比較により各処理区での防除価を算出。

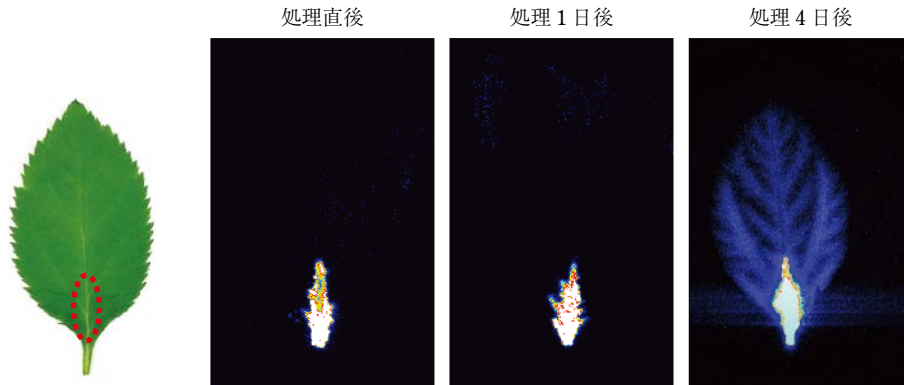


図-3 インピルフルキサムのリンゴ葉における葉基部からの移行の様子
 RI 標識インピルフルキサムを葉基部（図に赤点線にて表示）に処理し、処理直後、1日後
 または4日後に葉全体の放射線分布をイメージングアナライザーにて可視化。

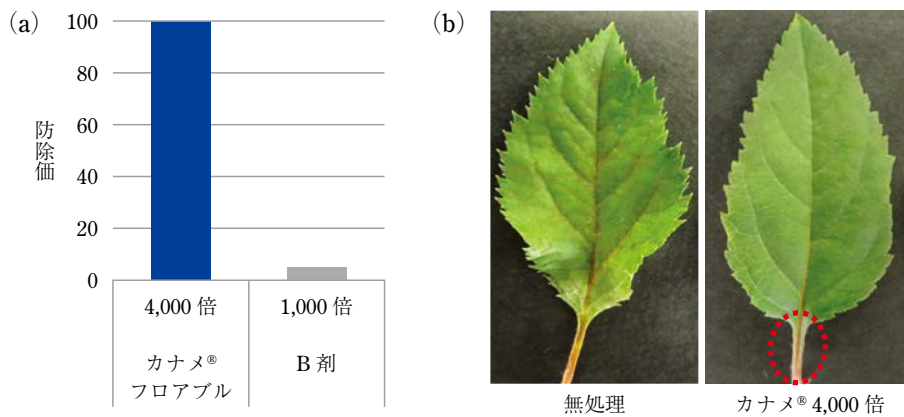


図-4 リンゴ黒星病に対する浸透移行による効果（ポット試験）
 同試験での防除値(a)および発病の様子(b).
 薬剤処理：葉柄に薬剤を塗布（図に赤点線にて表示）.
 接種：処理5日後にリンゴ黒星病菌孢子懸濁液を接種し15℃下で保湿.
 評価：達観にて対象葉全体の発病面積率を調査し無処理区との比較により各処理区での防除値を算出。

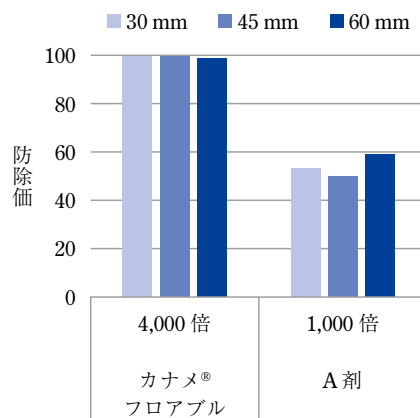


図-5 カナメ®フロアブルの耐雨性（ポット試験）
 散布：スプレーガンにて十分量散布。各区4ポット反復。
 降雨：散布2時間後、合計30 mm（1時間）、45 mm（1.5時間）、または60 mm（2時間）となるよう装置を用いて降雨処理。
 接種：降雨処理後にリンゴ黒星病菌孢子懸濁液を接種し15℃下で保湿。
 評価：接種14日後、達観にて対象葉の発病面積率（%）を調査し無散布区との比較により各処理区での防除値を算出。

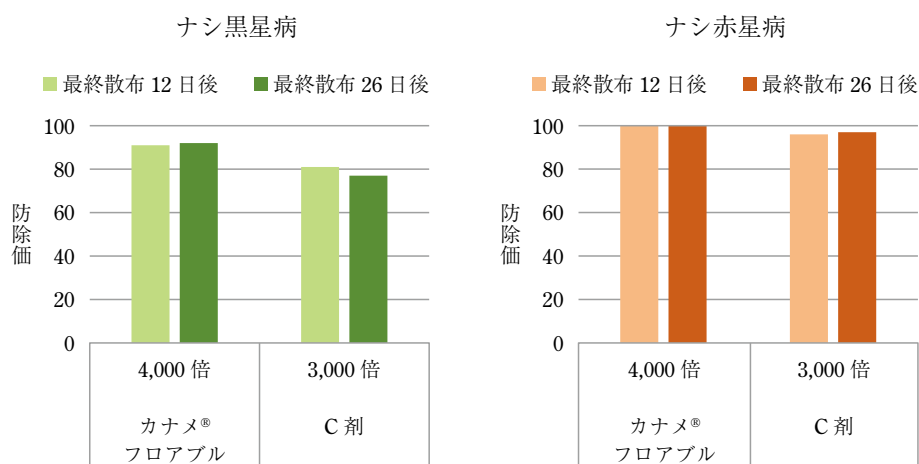


図-6 カナメ®フロアブルの残効性（ナシ黒星病および赤星病に対する防除効果，圃場試験）
 品種：‘幸水’，散布日：4/26，5/12，5/25，調査日：6/6，6/20，初発日：4/22（黒星病），
 4/25（赤星病）。
 無処理区の黒星病発病果そう率：57.3%（6/6 調査），58.0%（6/20 調査）。
 無処理区の赤星病発病果率：52.2%（6/6 調査），64.1%（6/20 調査）。

アブル 4,000 倍を病害発生確認後，13～16 日間隔で合計 3 回散布した結果，最終散布 26 日後でも両病害に対し高い効果を示し，対照剤と同等以上の優れた残効を示した（図-6）。

おわりに

インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）は，果樹，野菜の幅広い病害に対し防除効果を示し，なかでも担子菌病害（リゾクトニア病害，白絹病，さび病，赤星病等）やリング黒星病等に高い効果を示す SDHI 剤である。本剤は，優れた予防効果に加え菌の潜伏期間初期の進展抑制効果，浸達性，および葉での浸透移行性を有し，これ

らの特性によって圃場での安定した効果が期待できる。

FRAC は耐性菌発生リスクを推定する複合要因（殺菌剤・病原菌・栽培）のうち，殺菌剤のリスクにおいて SDHI 剤を中～高と分類している。SDHI 剤耐性菌の発達を避けるため，インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）の予防的散布や，ローテーション散布等他の作用点を有する殺菌剤との併用を推奨し，本剤を用いた防除体系の事例集積を行うなどして長く活用いただけるよう普及推進していきたい。

引用文献

- 1) 渡邊智史ら（2020）：住友化学技術誌 2020：4～16.

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 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

当研究グループは、2016年に新たに設立され、野菜類の害虫とウイルス病、特に昆虫媒介性ウイルス病の総合防除技術の開発を研究目標としています。常勤職員は4名で、ウイルス病を専門とする研究員2名と害虫を専門とする研究員2名から成ります。以下に、主要な研究テーマを紹介します。

昆虫媒介性ウイルス病の総合防除技術の開発

野菜類では、アブラムシ類やアザミウマ類、コナジラミ類、ダニ類等の微小害虫による被害が施設栽培を中心に問題となっています。これらの中には、野菜類のウイルス病を媒介するものがあり、ウイルス病の防除には媒介昆虫の防除が重要です。

当グループは、新しい視点での化学的防除技術として媒介昆虫の行動を制御する「忌避剤」に着目し、そのメカニズムの解明と活用方法の確立を進めています。

忌避剤の一つである「アセチル化グリセリド（以下、AG）」は、トマト黄化葉巻ウイルス（TYLCV）やトマト退緑ウイルス（ToCV）の媒介昆虫であるコナジラミ類のトマトへの定着や、交尾行動・摂食行動の阻害によって次世代の発生量やTYLCVおよびToCVの媒介・二次感染を抑制することが明らかとなりました。AGは、昨年度、農業登録され、「ベミデタッチ®」として市販されています。これらの成果は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）で石原産業株式会社等との共同研究によって得られたものです。現在はSIPで公表された「総合防除技術マニュアル」の普及のため、「天敵タバコカスミカメ」と「アセチル化グリセリド」を組み合わせた総合防除技術の現地実証試験を進めています。

昆虫媒介性ウイルス病の診断・防除技術の開発

現在、ウイルス病に直接的な効果を持つ農薬はほとん

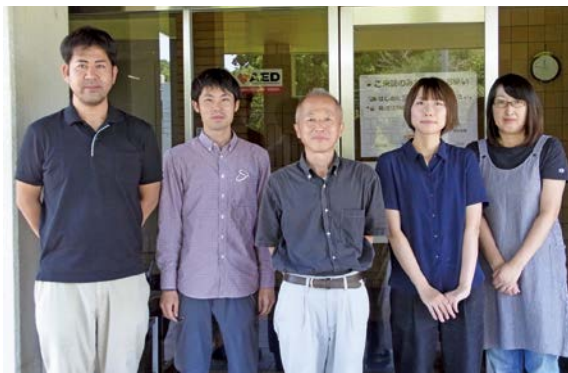


図-1 野菜病害虫管理グループのメンバー

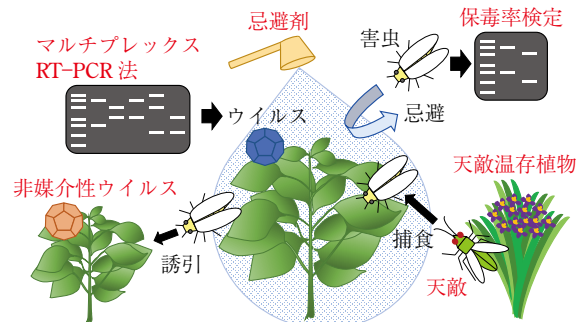


図-2 昆虫媒介性ウイルス病の総合管理技術の開発

どないため、その被害を回避する手段の一つとして、迅速かつ正確なウイルス病の診断が不可欠です。農業生産現場では、一つの植物サンプルから同時に発生した複数のウイルス種の感染の有無を判定できれば、効率的な調査が可能となります。そこで、ウリ科野菜を対象に、複数のウイルス病を同時に診断できるマルチプレックスRT-PCR法の開発に取り組んでいます。

さらに、媒介昆虫の保毒率（ウイルスを保持している個体の割合）を調べることで、被害の発生程度の子測やより早い防除対策を取ることができます。そこで、TYLCVとToCVを対象に、その媒介昆虫であるタバココナジラミ *Bemisia tabaci* から、両ウイルスを診断する方法の開発にも取り組んでいます。

ウイルス感染植物に対するアザミウマ類の誘引メカニズムの解明

トマト黄化えそウイルス（TSWV）は、ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* によって媒介されます。このミカンキイロアザミウマがTSWV感染トマトに誘引される現象が報告されています。そのメカニズムを調べたところ、TSWV感染植物体内でサリチル酸（SA）の発現量が増加する一方、ジャスモン酸（JA）の発現が抑制され、それが重要な役割を果たしていることがわかりました。この現象を利用し、ミカンキイロアザミウマに対する誘引剤の開発を、理化学研究所、農研機構中央農業研究センター等とともに目指しています。

おわりに

九州沖縄地域は、その立地条件から毎年のように新たな病害虫の問題が発生しています。これらの問題の解決のためには、都道府県の公設研究機関との連携が不可欠です。開発した技術を速やかに現場で実践していただけるよう、これからも都道府県との連携を大切にしていきたいと考えています。

（グループ長 水谷信夫）

研究室紹介

長野県果樹試験場 環境部

長野県果樹試験場はりんご、ぶどう、ももといった主要果樹のほか、あんず、プルーン等の地域特産果樹も含め、新品種や新技術の開発、生産現場の課題を解決するための試験研究に取り組んでいる。栽培部、育種部、環境部の3部からなり、環境部では病害、虫害、土壤肥料に関する課題を担当している。現在実施している主なテーマを以下に紹介する。

病害に関する研究として、りんごでは平成30年にDMI剤とQoI剤に耐性を有する黒星病菌が苗木で伝搬されたことを受け(図-1)、県全域の分布調査や耐性菌密度を増加させないための防除体系の立案・指導を普及機関の農業農村支援センターなど関係機関と連携して進めている。また、DMI剤に頼らない防除体系を確立するため、黒星病に対する殺菌剤の治療効果などの特性を評価するだけでなく、病害全般に効果の高い防除体系の構築に取り組んでいる。ぶどうでは‘シャインマスカット’や長野県オリジナル新品種‘クイーンルージュ®’といった欧州系品種の生産面積拡大を受け、黒とう病など、欧州系品種で発生の多い病害にも対応した防除体系の構築に取り組んでいる。ももでは長年原因不明とされてきた“毛じ障害”の原因がりんご由来のうどんこ病菌であることを突き止め、防除対策がとられるようになった。一方で、せん孔細菌病の発生が増加傾向にあり、生産現場では大きな問題となっているが、新たな防除技術がないため、耕種的防除を含めた総合防除の実証を行っている。

虫害分野では、ハダニ類の被害がりんごをはじめとする各品目で大きな問題となっている。既存の殺ダニ剤は



図-3 りんごの高密植栽培

効力の低下がみられているものが多く、農薬散布のみでは被害を免れない事例がみられることから、土着天敵を活用した防除体系の構築に取り組んでいる(図-2)。この中で、一部の合成ピレスロイド剤が土着天敵のケナガカブリダニに影響が少ないこともわかってきた。今後もカブリダニ類の発生時期や環境条件、殺虫剤の影響等について、より詳細な調査を進めていく。このほかに、防除が難しいスモモヒメシクイの発生生態調査や各種殺虫剤の特性評価、防除試験を行っている。また、輸出拡大に向け、検疫上問題となる果実に食入したモモシクイガの低温保存による殺虫試験にも取り組んでいる。

土壤肥料分野では主にりんごに関する試験を行っている。長野県では早期成園化が可能で、作業のマニュアル化や省力化が可能な高密植栽培(図-3)を推進している。高密植栽培では従来の普通樹栽培に比べて単位面積当たりの苗木の必要本数が多いため、台木を含めた苗木の効率的生産に向けた技術開発を土壤肥料の面から検討している。また、高密植栽培に適した施肥法の開発にも取り組んでいる。

以上、現在取り組んでいる主な研究テーマを列挙したが、当試験場の一番の強みは「生産現場との連携」である。併設されている県農業大学校には果樹農家の子弟や、県内での就農を希望する県外出身者が多く就学している。また、県の普及組織や生産振興部局と一丸となり、県内生産者や生産団体との交流が非常に活発で、生産現場の要望、課題が直接届くだけでなく、試験場が開発した新品種、新技術の導入も速やかである。現場志向が非常に強い試験場と自負しているが、今後も現場に軸足を置いた研究を進めていきたい。

(部長 江口直樹)

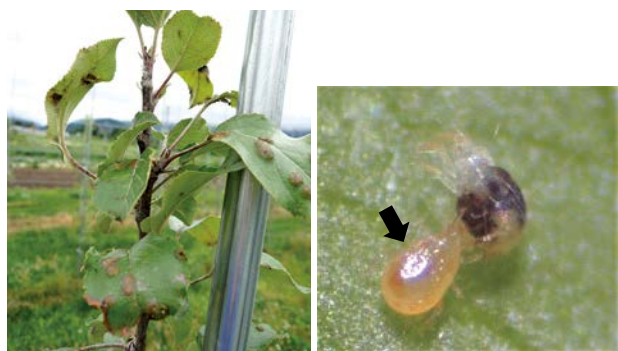


図-1 苗木で発生した
りんご黒星病

図-2 ハダニを捕食する
カブリダニ(矢印)

〒382-0072 長野県須坂市大字小河原 492
TEL 026-246-2415

協会からのお知らせ

○一般社団法人 日本植物防疫協会主催のシンポジウム中止のお知らせ

新型コロナウイルス感染症の感染拡大が懸念されていることから、皆様の健康を第一に考え、本年9月に予定しておりましたシンポジウムの開催を中止致します。参加をご予定されておられた方には、大変ご迷惑をお掛けしますが、ご理解くださるようお願いいたします。

学会だより

○第35回報農会シンポジウム中止のお知らせ

2020年9月24日に開催を予定しておりました第35回報農会シンポジウムは、新型コロナウイルス感染症対策等により中止となりました。

○日本線虫学会第28回大会中止のお知らせ

2020年9月9日(水)～11日(金)に龍谷大学瀬田キャンパス(大津市)で開催予定でした日本線虫学会大会は、新型コロナウイルスの影響により、1年延期致します。現在代替案として、オンライン学会大会の開催を検討中です。詳細について確定次第、学会ホームページ等を通じてお知らせします。

広告掲載会社一覧 (掲載順)

日産化学(株)	グレーシア
住友化学(株)	カナメ
バイエルクロップサイエンス(株)	モベント
住友化学(株)	主要品目
日本農薬(株)	パレード
日本曹達(株)	ピシロック
サンケイ化学(株)	主要品目
石原バイオサイエンス(株)	テッパン
アグロカネショウ(株)	主要品目

次号予告

次号2020年9月号の主な予定記事は次のとおりです。

ミニ特集：新害虫ピワキジラミの防除対策の確立	ペンチオピラドのリンゴうどんこ病に対する感受性検定法 堤 京子ら
ピワキジラミ対策研究プロジェクトの概要 井上広光	新規殺虫剤テトラリプロールの特長 安宅 雅
ピワキジラミの薬剤感受性評価 兼田武典ら	植物防疫講座 病害編：Burkholderia 属細菌による植物病害と病原細菌の識別方法 達 瑞枝
ピワキジラミの防除体系技術の開発 生咲 巖ら	植物防疫講座 虫害編：野菜のコナジラミ類の発生生態と防除 北村登史雄
油脂を有効成分とする気門封鎖剤によるタバココナジラミの定位および交尾阻害効果 杖田浩二	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 線虫グループ 吉田陸浩
ピーマンおよびトマトに退緑斑紋病を引き起こすトウガラシ退緑ウイルス(CaCV)の媒介アザミウマ種の特定 千秋祐也ら	石川県農林総合研究センター農業試験場 資源加工研究部 生物資源グループ 安達直人
鹿児島県のマンゴー加温栽培におけるチャノキイロアザミウマの系統別発生消長 宮路克彦ら	

植物防疫

2020年
8月号

(毎月1回1日発行)

第74巻 2020年7月25日印刷
第8号 2020年8月1日発行
(通算884号)

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

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)
FAX (03) 5980-6753 (支援事業部)
振替 00110-7-177867番

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

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!

果樹用に
パレード15
もあります!

●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ところには置かないでください。



日本農薬株式会社

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はこちらから

🔒 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/nougyo/>



®は日本曹達(株)の登録商標

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



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
クムラス



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハツパ乳剤



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



[シクラニリプロール(通称:サイクラプリン®)]

害虫防除のテツパン技



- 幅広い殺虫スペクトラムで重要害虫の同時防除が可能
- 害虫の幅広いステージで安定した効果を発揮
- 速やかな食害抑制効果
- 優れた耐雨・残効性
- 作物に対する高い安全性



チョウ目



アザミウマ目



ハエ目

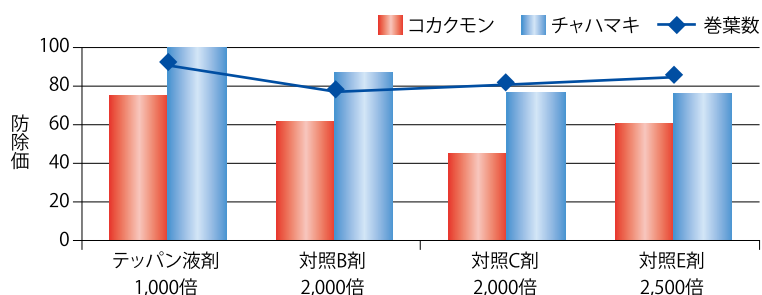


カメムシ目

複数の害虫に対する同時防除効果<茶樹>

石原産業株式会社 中央研究所 (2017年)

● チャノコカクモンハマキ、チャハマキに対する効果

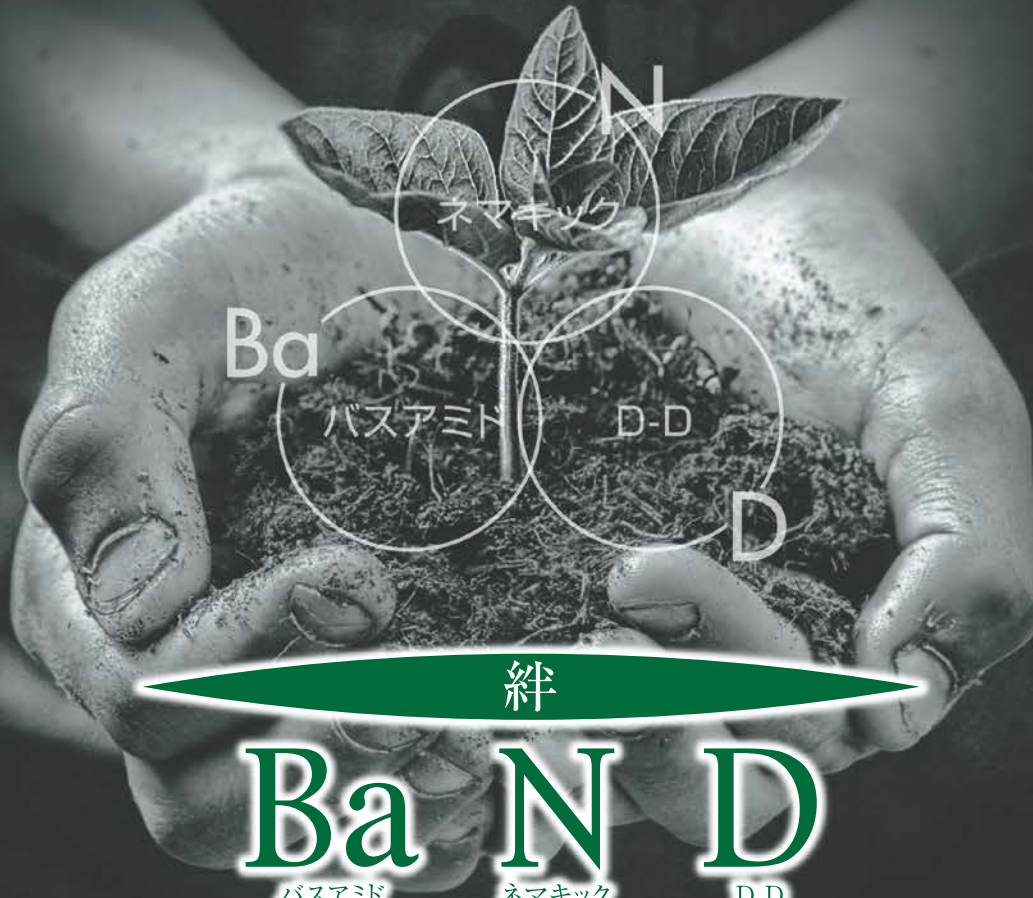


試験場所: 静岡県菊川市
試験時期: 秋期防除期
品 種: やぶきた
発生状況: 少発生(コカクモン)
極少発生(チャハマキ)
散 布: 8月8日
調 査: 9月7日
試験面積: 5m×1.8m(9m²)
3区制



●使用前に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。●空容器は圃場などに放置せず、3回以上水洗し、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。

ここから、ここ作物。



絆

Ba N D
バスアミド ネマキック D-D

で土壌を守る。

アグロカネショウの土壌消毒剤

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチチュウ防除に!



ネマキック®
粒剤



バスアミド®
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウ
の
土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼
アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ
アグロ カネショウ(株)お客様相談係
04-2944-1117

